

CENTRE D'ÉTUDE
& DE VALORISATION
DES ALGUES

ALGAE TECHNOLOGY
& INNOVATION
CENTRE

PROGRAMME P1

Actions d'expertise scientifique, d'information
et de conseil technologique en faveur des
programmes de maîtrise des marées vertes de
Bretagne

PERIODE 2023-2024

Octobre 2024

Sylvain BALLU : Chef de Projet (CEVA)

Anthony LE BRIS : Ingénieur de Projet (CEVA)

Marine LASBLEIZ : Chef de Projet (CEVA)

Sophie RICHIER : Responsable de Pôle « Ecologie & Environnement »

CEVA



SOMMAIRE

INTRODUCTION	6
1. Contexte et objectifs	6
2. Contenu de la mission et réalisations	7
2.1. Information générale sur les marées vertes, leurs causes et les moyens de lutte	7
2.2. Appui aux collectivités : marées vertes et moyens de lutte.....	8
2.3. Participation aux différents cycles de réunions régionales sur l'eau et autres réunions	9
2.4. Analyse des données de suivis de la marée verte et des paramètres environnementaux en lien avec les proliférations.....	9
2.5. Veille thématique internationale	23
2.5.1. Contexte et objectif.....	23
2.5.2. Matériel et méthodes.....	23
2.5.3. Résultats	24
3. Conclusion – perspectives	49
ANNEXES.....	51



TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figures

- Figure 1 (a) et (b) : flux moyens mensuels à l'exutoire des bassins versants PLAV concernés par les proliférations (moyenne des flux mensuels des 7 cours d'eau alimentant les sites du programme « Prolittoral 2002-2006 » + flux des trois cours d'eau du fond de baie de Saint Briec : Gouessant, Urne et Gouet + flux de l'Horn + Guillec). Seules certaines années ont été sélectionnées sur ces graphiques, ainsi que les moyennes pluriannuelles 2002-2022 et 2010-2022 (flux des années les plus récentes dont le niveau moyen est moins élevé). La figure du haut (a) présente les flux sur l'ensemble de l'année hydrologique tandis que la figure du bas (b) présente les flux sur la période la plus sensible. 10
- Figure 2 : Ecart des flux mensuels, annuels et saisonniers aux exutoires des BV AV en 2023 par rapport aux années antérieures (moyenne des sommes mensuelles pour tous les BV). Sur l'ensemble de la période annuelle, le flux est de 14 % inférieur à la moyenne 2010-2022 (valeur d'octobre à décembre puis février et mars déficitaires ; janvier excédentaire de 31 %) ; sur la période sensible « mai-août » le flux est inférieur à la moyenne 2010-2022 de 16 % ; le mois d'avril étant 27 % au-dessus et le mois de juin 29 % sous la moyenne 2010-2022. Ces « valeurs régionales » sont cependant très variables selon les territoires : défaut de flux élevé sur la Fresnaye et l'Ic, un peu inférieur sur le Yar, Douron et Horn+Guillec ; flux plus proches des moyennes sur la baie de Saint Briec, de Guissény ; conforme à la moyenne sur le Lesnevard alors que les flux sur la baie de Douarnenez sont supérieurs à la moyenne 2010-2022. 11
- Figure 3 : Evaluation des flux d'azote inorganique de chaque BV estimés sur l'année en moyenne 2002-2023 (Figure 3a) pour la partie du BV suivie (point exutoire du cours d'eau ; ce qui peut être assez différent du flux total du BV dans le cas où plusieurs cours d'eau drainent les BV mais qui permet de visualiser la part de chaque cours d'eau au flux total régional moyen sur 2002-2023 de 3 840 T décrit en Figures 1 et 2). La Figure 3b présente le flux total d'azote inorganique de chaque BV sur la période mai-août uniquement (somme des apports journaliers sur mai-août). Cela permet de mettre en évidence la contribution forte de l'Horn+Guillec (étiages soutenus et flux spécifiques annuels forts) surtout si on analyse la période estivale. Le flux total en moyenne 2002-2023 sur « mai-août » est estimé à 690 T. 11
- Figure 4 : Flux annuel spécifique moyen (2002-2023) d'azote inorganique de chaque BV (pour la partie du BV suivie ; point exutoire du cours d'eau, idem aux Figures 3 a et b). On perçoit des flux spécifiques (par ha de BV ou par ha de SAU) particulièrement importants sur l'Horn+Guillec et sur les cours d'eau de l'ouest Bretagne de manière plus générale. On estime en particulier un flux par ha total de BV de 68 kg pour l'Horn/Guillec contre 17.5 sur le BV de la Fresnaye (19 sur la baie de Saint Briec et sur le Yar). L'importance de ces flux est, en partie, conditionnée par l'importance des lames drainantes des BV. 12
- Figure 5 : Pluviosité sur les stations Météo France suivies sur l'année hydrologique 2023 (30 septembre 2022-1^{er} octobre 2023) : à gauche, écarts mensuels aux normales de chaque station ; à droite, cumul annuel et écart sur l'année à la normale 1981-2010. 13
- Figure 6 : Ecart, par BV, entre flux d'azote inorganique dissous sur mai-août 2023, sur octobre 2022-septembre 2023 et (figure du bas) détail sur chacun des mois de mars à septembre. Les différences observées s'expliquent principalement par les différences locales de pluviosité et les contextes géologiques locaux. 15
- Figure 7 : Données MétéoFrance sur les différentes stations : en haut, pluviosité mesurée par MétéoFrance sur la station de Saint Briec, en bas écart aux normales d'ensoleillement (pas de donnée disponible sur Ploumanac'h). 16
- Figure 8 : Evolutions des concentrations en nitrates sur les cours d'eau suivis (moyennes mensuelles puis annuelles afin d'avoir le même poids pour chaque mois de l'année), sur tous les cours d'eau intégrés au suivi dans le cadre de ce rapport. 17
- Figure 9 : Flux d'azote sur la période sensible (moyenne des flux de mai à août sur 8 baies du PLAV) et niveau de surfaces couvertes par les algues vertes en fin de saison (surface en août + septembre sur les plages bretonnes). Les surfaces couvertes par des algues brunes (ou rouges) filamenteuses notamment en 2011,



2012, 2013, 2015 et 2017 en baie de Saint Brieuc, en 2016 à 2021 sur la baie de Douarnenez et depuis 2006 sur l'est du département des Côtes d'Armor) ne sont pas comptabilisées ici.....	17
Figure 10 : Surfaces couvertes par les ulves en début de saison (avril+mai) et lien avec le niveau de couverture de la fin de l'année n-1. Les niveaux plus faibles qu'attendus en 2006, 2007, 2010, 2013, 2014, 2015, 2016, 2018 et 2020 s'expliquent par : des températures de l'eau plus froides en hiver/printemps que la moyenne (environ 1 mois de retard sur les températures de l'eau sur avril-mai-juin pour 2006, 2010 et 2013) ; le caractère particulièrement dispersif de l'hiver (pour 2007, 2013, 2015, 2016, 2018, 2020 et surtout 2014 : 3 fois plus de jours de houle de plus de 3.5 mètres qu'en moyenne). Le caractère plus précoce qu'attendu en 2017 (cercle vert) s'explique par l'hiver le moins dispersif et parmi les plus lumineux. La position de 2019 (cercle vert) comme de 2021 est liée à une forte précocité en baie de Saint Brieuc et faible précocité sur la plupart des autres sites importants en surface.....	18
Figure 11 : Surfaces couvertes par les ulves en début de saison (avril+mai) et lien avec le niveau de couverture d'octobre de l'année n-1. Les niveaux plus faibles qu'attendus en 2006, 2007, 2010, 2013, 2014, 2015, 2016 et 2018 s'expliquent par : des températures de l'eau plus froides en hiver/printemps que la moyenne (environ 1 mois de retard sur les températures de l'eau sur avril-mai-juin pour 2006, 2010 et 2013) ; le caractère particulièrement dispersif de l'hiver (pour 2007, 2013, 2015, 2016, 2018 et surtout 2014 : 3 fois plus de jours de houle de plus de 3.5 mètres qu'en moyenne). Le caractère plus précoce qu'attendu en 2017 s'explique par l'hiver le moins dispersif et parmi les plus lumineux.....	19
Figure 12 (a), (b), (c) et (d) : caractéristiques des hivers. (a) houle du modèle GFS /Windguru pour le site de Lannion par catégorie de hauteur de vague sur novembre à mars ; (b) mêmes valeurs seuillées au-dessus de 3.5 m de houle ; (c) données de température de l'eau en baie de Morlaix entre 2000 et mars 2023 sur le point Astan au fond -60m (données SOMLIT fournies par la Station Biologique de Roscoff) ; (d) pourcentage d'écart en nombre d'heures d'ensoleillement sur les stations MétéoFrance littorales suivies pour ce rapport.....	20
Figure 13 : ensoleillement sur l'hiver 2023-2024 au 1 ^{er} avril sur les stations Météo-France	21
Figure 14 : données de température de l'eau entre 2000 et mars 2024 sur le point Astan au fond -60m (données SOMLIT fournies par la Station Biologique de Roscoff)	21
Figure 15 (a) et (b) : (a) houle du modèle NWW3 à 100 km /Windguru pour le site de Lannion par catégorie de hauteur de vague sur novembre à mars ; (b) mêmes données mais seuillées au dessus de 3.5 m.	21
Figure 16 : estimation des biomasses en ulves sur la baie de Saint Michel en Grève utilisée comme « baie de référence » régionale pour la précocité.....	22
Figure 17. Analyse de séries temporelles d'images satellitaires pour évaluer les mouvements des algues et des nuages et améliorer l'estimation des surfaces des blooms d'algues vertes (Hu et al. 2023a).....	24
Figure 18. Comparaison des valeurs NRCS (Normalized Radar Cross Section) selon 6 polarisations pour les macroalgues, l'eau de mer et les marées noires.....	26
Figure 19. Priorités de la surveillance des Sargasses selon différentes catégories de populations (La Barreda-Bautista et al. 2023).	26
Figure 20. Traitement automatique d'une photo d'un échouage de Sargasses issue de la science participative afin de déterminer le taux de couverture des algues sur la plage.	27
Figure 21. Distribution spatiale des biomasses d'algues vertes pour 4 estuaires en Irlande à partir d'images Sentinel-2	28
Figure 22. Caractéristiques morphologiques des différentes espèces observées : U. prolifera flottante (A); 5S-II U. prolifera fixée (B); Ulva linza (C); Ulva simplex (D); Ulva aragoensis (E); Ulva flexuosa (F); Ulva australis (G); Ulva torta (H); and Ulva meridionalis (I).	29
Figure 23. Signatures spectrales des algues brunes (Ectocarpales) selon différentes conditions.	31
Figure 24. Variations saisonnières de la couverture des Ectocarpales entre 2016 et 2022 en fonction des paramètres environnementaux (irradiance quotidienne moyenne en J.cm-2 et température maximum quotidienne moyenne en °C).....	31
Figure 25. Représentation schématique de la séquestration du carbone à long liée à la prolifération des algues vertes.....	33
Figure 26. Les différents mécanismes de concentration en CO ₂ (Sun et al. 2023).	36
Figure 27. Evolution de la morphologie des gamétophytes d'U. prolifera de 0 (A) à 8 jours (R) (Zhao et al. 2023).	37



Figure 28. Evolution de la morphologie des gamétophytes d' <i>U. prolifera</i> de 10 (A) à 30 jours (K) (Zhao et al. 2023).	38
Figure 29. Stratégie innovante pour séquestrer le carbone à partir des blooms d'algues vertes et d'une mixture d'argile (Montmorillonite modifiée , CaCO ₃ et bactéries et substances algicides), d'après (Zhang et al. 2023c).....	39
Figure 30. Représentation synthétique des ingrédients actifs composant les algues vertes (Xu et al. 2023).	40
Figure 31. Perspectives thérapeutiques et bioactivités des polysaccharides issus des algues brunes (Flores-Contreras et al., 2023).	42
Figure 32. Illustration synthétique de la revue de Camer-Pesci et al. (2023)	43
Figure 33. Morphologie d' <i>Ulva kanawagae</i> sp. nov. (Carneiro et al. 2023). Barre d'échelle : 2) 1cm, 3) 200 µm, 4) 100 µm, 5) 50 µm et 6) 50 µm.	46
Figure 34. Morphologie d' <i>Ulva capillata</i> sp. nov. (Steinhagen et al. 2023)	47

Tables

Tableau 1. Synthèse des huit études ayant réalisé l'analyse moléculaire d' <i>Ulva</i> spp. en 2023	44
---	----



INTRODUCTION

Le CEVA conduit depuis 2008, en maîtrise d'ouvrage, pour les partenaires de l'ex GP5 (CRB, AELB, 4 Conseils départementaux), un programme en faveur de la reconquête de la qualité des masses d'eaux littorales dégradées par les phénomènes de marées vertes. La poursuite de ce programme est proposée pour 2023 sur une période de 12 mois (15 mars 2023 au 15 mars 2024).

L'action de reconquête de la qualité de l'Eau est aujourd'hui particulièrement engagée en application de la Directive Cadre sur l'Eau. Elle implique les collectivités bretonnes, l'Agence de l'Eau et l'Etat, structures qui sont sollicitées comme partenaires financiers de ce programme. Afin de limiter les moyens financiers à mobiliser notamment par le CEVA, certaines actions, portées jusque-là par le CEVA ont été retirées en 2017 du programme CIMAV, en particulier le programme de suivi complémentaire des proliférations (portage depuis 2017 par l'Agence de l'Eau Loire Bretagne). Les deux projets de l'année 2023 proposés par la cellule d'intervention sur les marées vertes (Cimav) du CEVA, sont listés ci-dessous.

- **Projet 1** : Actions d'expertise scientifique, d'information et de conseil technologique en faveur des programmes de maîtrise des marées vertes de Bretagne.
- **Projet 2** : *Amélioration de la modélisation écologique des proliférations macroalgales. Ce projet n'est pas développé cette année dans le cadre du Cimav.*
- **Projet 3** : Compléments d'études sur les processus biologiques, hydrologiques et sédimentologiques impliqués dans les proliférations macroalgales.
- **Projet 4** : *Suivi des proliférations d'algues vertes sur le littoral breton en complément du contrôle de surveillance DCE (RCO Bretagne). Ce programme n'est plus en maîtrise d'ouvrage du CEVA mais porté par l'Agence de l'Eau Loire Bretagne ; les données issues de ce suivi sont cependant exploitées, pour la partie bretonne, dans le cadre du présent rapport.*

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS

Depuis 2002, début du programme Prolittoral, le CEVA s'est vu confier par les collectivités bretonnes et l'Agence de l'Eau Loire Bretagne, une mission d'animation / coordination du programme Prolittoral. Cette mission intégrait les grandes lignes suivantes :

- information sur le phénomène des marées vertes et les moyens de lutte préventifs et curatifs,
- coordination du réseau des porteurs de programme de bassin versant Prolittoral,
- animation du « club des financeurs » de Prolittoral et notamment du comité de pilotage de ce programme,
- veille thématique internationale sur les marées vertes,
- enquête auprès des communes bretonnes sur les échouages et ramassages d'algues vertes.

Le nouveau contexte créé par la DCE et la réorganisation des politiques de l'eau au niveau régional (« grand projet 5 » du CPER) a conduit, en 2008, à modifier la forme et réduire le périmètre de cette mission (notamment au niveau de l'animation des programmes BV).

Le phénomène de marée verte demeurant une préoccupation régionale majeure, une action adaptée d'expertise scientifique, d'information et de conseil technologique restait nécessaire pour accompagner et soutenir les projets de reconquête de la qualité des masses d'eau côtières touchées par des phénomènes de marées vertes. Aussi, un nouveau projet « Actions d'expertise scientifique, d'information et de conseil



technologique en faveur des programmes de maîtrise des marées vertes de Bretagne » a été mis en œuvre en 2008.

Suite à l'accident survenu en juillet 2009 à Saint-Michel-en-Grève, une commission d'enquête interministérielle a été mise en place, en vue d'élaborer un « plan d'urgence algues vertes ». Très fortement médiatisé, l'évènement a imposé une réorientation du projet 2009, en cours d'année, pour mieux se mettre à la disposition des différentes commissions mises en place, pour répondre aux sollicitations des médias et des collectivités, notamment concernant le ramassage accru des algues et leur traitement. Ce surcroît de demande, associé à une diminution du nombre de jour dédié à cette mission de soutien en 2009, a mis en évidence un besoin croissant d'intervention du CEVA pour la communication d'informations.

Aussi, les programmes 2010 à 2013, comportaient une prévision globale d'intervention revue à la hausse avec notamment un renforcement de la communication scientifique à destination principalement des acteurs impliqués dans le Plan Gouvernemental Algues Vertes.

La réalisation du programme 2013 en dessous du prévisionnel, en partie du fait du manque de disponibilité du CEVA, a incité à la définition de programmes pour les années 2014 à 2021 revus à la baisse, autour d'actions dans la lignée des années précédente.

Pour l'année 2022, la proposition avait été faite de rester sur les grandes lignes des années antérieures, mais en renforçant les moyens humains sur ce programme notamment pour répondre aux demandes d'amélioration du ramassage, de meilleure connaissance du phénomène sur vasière et d'appui au lancement du « PLAV3 » sur les baies sableuses. Le programme de 2023 est resté sur le même volume et les mêmes actions que le programme 2022. Comme cela avait été le cas les 6 années précédentes, le programme 2023 incluait un survol « d'avant saison » ainsi qu'une estimation des stocks résiduels (actions antérieurement intégrées dans les suivis des biomasses du programme Cimav P4), dont l'objectif est d'affiner les prévisions de la précocité du démarrage de la prolifération.

2. CONTENU DE LA MISSION ET REALISATIONS

La mission du CEVA dans ce programme CIMAV P1 suppose une grande disponibilité pour répondre, par mail ou téléphone aux interrogations, souvent « urgentes », des différents acteurs impliqués dans la lutte contre les proliférations et plus particulièrement des collectivités territoriales (communes, syndicats intercommunaux ou communautés de communes, SAGEs, Conseils départementaux, Conseil régional, services de l'Etat,...). Cette action passe cependant aussi par des moments plus formels, sous forme d'interventions dans des réunions, ou de fournitures d'éléments de « diagnostic local », de bulletins sur l'évolution des marées vertes, de synthèse sur les flux et la mise en relation de ceux-ci avec la prolifération d'algues vertes observée. En 2023, en plus de ces actions, le CEVA a réalisé une évaluation des stocks de reconduction d'ulves pour consolider la perception de la précocité attendue des proliférations et ainsi informer les collectivités. L'Annexe 1 reprend les principales interventions « formelles » du CEVA. Sur la période du 15 mars 2023 au 15 mars 2024, ces interventions répertoriées représentent un volume important, avec 135 occurrences.

2.1. Information générale sur les marées vertes, leurs causes et les moyens de lutte

Les demandes sont restées nombreuses de la part des médias. Ces demandes portent sur la description générale du phénomène et ses causes, mais aussi sur la description des particularités de l'année (précocité, intensité en été, ...) ou sur des cas particuliers reportés localement (secteurs concernés par des échouages



importants ou peu importants, par d'autres algues que les ulves,...). Par ailleurs, les demandes dans le cadre de travaux d'étudiants ont également été nombreuses et concernent les impacts économiques des proliférations (notamment thèse en cours sur l'impact des proliférations sur les locations de meublés, camping, mais aussi travaux sur l'impact sur le prix du foncier en baie de Saint Briec) et aussi les voies de valorisation envisageables. En 2023, cette action d' « information » regroupe près de 50 interventions dont une trentaine (seules les demandes les plus lourdes ont été listées) concerne la presse.

Outre ces interventions formelles, un grand nombre de demandes, plus ponctuelles, font l'objet d'échanges (mel, téléphone,...) qui ne peuvent être reportées exhaustivement dans la liste proposée en annexe. Cette action d'information objective, sur le phénomène, son évolution et ses causes/moyens de lutte, semble encore primordiale, compte tenu de la situation perturbée et très médiatisée depuis 2009, et de l'importance de la connaissance de la situation réelle et des leviers d'actions à disposition (préventif N ou P, niveau à atteindre et actions pertinentes, curatif, ...) par les acteurs mais aussi le public. Les anomalies dans les proliférations, avec certains sites touchés par d'autres algues que les ulves à certaines périodes, ou la prolifération très retardée sur certains secteurs en 2014 ou 2018, très précoce en 2017 et particulièrement massive et précoce sur la Baie de Saint Briec en 2019, 2021 puis 2022 mais tardive ailleurs doivent donc pouvoir être expliquées et partagées en lien avec les mécanismes sous-tendant les proliférations. L'année 2023 a été encore une année très particulière : très tardive partout sauf en baie de Saint Briec puis est devenue très soutenue en fin de saison en particulier sur la baie de Saint Briec (flux importants et « été indien », temps très ensoleillé en début octobre et très calme donc peu dispersif). Cette situation particulière a donc occasionné des demandes d'informations nombreuses. La précocité, encore très forte en 2023, des proliférations sur les vasières du Golfe et de la Ria d'Etel (liée avant tout aux paramètres annuels d'ensoleillement en sortie d'hiver, de température de l'eau et possiblement aux reports pluriannuels) a aussi engendré des demandes de la part de la presse et des acteurs locaux.

Les interventions principales sont reportées en Annexe 1.

2.2. Appui aux collectivités : marées vertes et moyens de lutte

Afin de fournir des informations actualisées aux structures en charge de la problématique « algues vertes », le CEVA, après chacun des 7 inventaires aériens annuels (DCE surveillance et RCO) a rédigé une synthèse des observations effectuées. Cette synthèse s'appuie sur les retours des observations de terrain (proportion d'algues vertes, espèces rencontrées) et une première analyse visuelle des clichés (pré digitalisation « rapide » sur les baies principales) afin d'estimer, avant la phase de digitalisation complète des dépôts, un niveau approximatif des couvertures en ulves. Ce travail est chronophage mais permet une mise à disposition rapide des informations mensuelles ; l'information « stabilisée », plusieurs semaines ou mois plus tard, étant jugée moins utile pour la gestion, en partie « à chaud » par les collectivités. Ces bulletins d'information sont destinés aux « initiés », de par leurs rédactions rapides (rédaction « brute » sans trop de « tournures de précaution »). Ces 7 bulletins mensuels ont été complétés par un bulletin de synthèse annuelle + perspectives de précocité de la saison suivante : « pré-bilan 2023 » le 20/02/2024 consolidé le 11/03/2023 suite au survol partiel des côtes le 08/03/2023. Les suivis de terrain en période hivernale ont été ajoutés afin de mieux documenter la reconduction notamment suite à la tempête « précoce » et exceptionnellement violente, Ciaran (nuit du 1^{er} au 2 novembre) mais aussi en sortie d'hiver principalement dans les baies de Saint Michel en Grève et Saint Briec (12/02/2024 ; 15/02/2024 ; 28/02/2024).

En plus de l'édition de bulletins d'information sur l'évolution de la prolifération et autres échanges réguliers, l'action d'appui aux collectivités a représenté plus de 60 interventions formelles en 2023. Ce volet est d'autant plus lourd en temps, que bon nombre des interventions nécessitent une phase de préparation en amont (diagnostic local de la situation des territoires / problématiques de marées vertes) avec, pour



certaines, même des visites de terrain pour analyser la situation locale, participation à des restitutions sous forme de note de synthèse ou de présentation orale. Les interventions en 2023 ont été soutenues sur les SAGEs concernés par des proliférations sur vasière : Golfe du Morbihan Ria d'Étel, Rance Fémur Baie de Beussais et Ouest Cornouailles (Pouldon). Ce nombre d'interventions (16) nettement en hausse par rapport aux années antérieures est lié à des sollicitations soutenues et des moyens humains nouveaux mis en place par le CEVA pour y répondre (Justine Louis). Les demandes issues de parties concernées par le PLAV (Sage baie de Saint Briec, baie de Lannion, Haut Léon, Bas Léon, Douarnenez, Sud Cornouaille) ont également été importantes. A noter aussi des demandes soutenues de la part de collectivités locales dans le cadre de diagnostics de baignade ou de situations particulières rencontrées (ex. Paimpol avec des épisodes inquiétants d'intoxication reportée avec urticaire et incrimination des algues ; cas aussi de la commune de Sarzeau et problèmes d'émanation H₂S dans le Port Saint Jacques). Enfin les collectivités, départementales, régionale, l'Agence de l'Eau et l'Etat ont également été demandeurs d'informations sur les proliférations et évolution mesurées en lien avec les paramètres du milieu (intervention dans les comités départementaux, comité régional du PLAV,...).

Cette action a représenté en 2023, 61 réunions ou interventions formelles.

L'Annexe 1 présente le détail des interventions répertoriées.

2.3. Participation aux différents cycles de réunions régionales sur l'eau et autres réunions

Cette « rubrique » compte en 2023 relativement peu d'interventions avec 25 occurrences formelles. La plus grosse partie des interventions est en lien avec le dossier « ramassage innovant » (15) et tout particulièrement dans le cadre du suivi du chantier expérimental en baie de Saint Briec (Efinor). Quelques interventions ont également eu lieu dans le cadre de demandes de structures souhaitant valoriser les ulves dans différentes filières industrielles.

Afin de pouvoir mieux répondre sur les aspects « ramassage innovant », mais aussi programmes d'actions sur les SAGE « 10 A2 », le CEVA a recruté en juin 2022 une cheffe de projet, en la personne de Justine Louis, qui a pu plus spécifiquement se mobiliser et répondre sur ces dossiers. Néanmoins, on peut noter que les moyens humains limités pour répondre aux demandes (surtout sur les « autres aspects », appui aux collectivités, informations sur les AV) ont parfois impliqué, comme les années précédentes, des réponses succinctes ou différées dans le temps. Il semble néanmoins que l'absence du CEVA sur certaines rencontres ou les réponses parfois succinctes ou différées n'ont pas freiné la mise en place d'actions de lutte contre les marées vertes et que le niveau d'implication actuel peut donc être considéré comme satisfaisant.

2.4. Analyse des données de suivis de la marée verte et des paramètres environnementaux en lien avec les proliférations

Afin de pouvoir alimenter les parties décrites ci-dessus de soutien aux collectivités dans la lutte contre les marées vertes, le CEVA se doit de collecter puis d'analyser les paramètres qui interviennent dans les proliférations, en particulier les données de flux d'azote, mais aussi les autres caractéristiques environnementales (houle, température de l'eau, notamment pour décrire la dispersion hivernale mais aussi éventuellement printanière et estivale). Les données reprises ci-dessous ont fait l'objet de la rédaction de bulletins communiqués au cours de l'année 2023/2024 aux acteurs du PLAV.



Depuis 2011, les principaux cours d'eau parvenant aux différentes baies du Plan de lutte contre les algues vertes font l'objet d'évaluation de flux (au moins un cours d'eau par baie de sorte à avoir la « tendance nutritionnelle locale » de l'année par rapport aux années antérieures et moyennes).

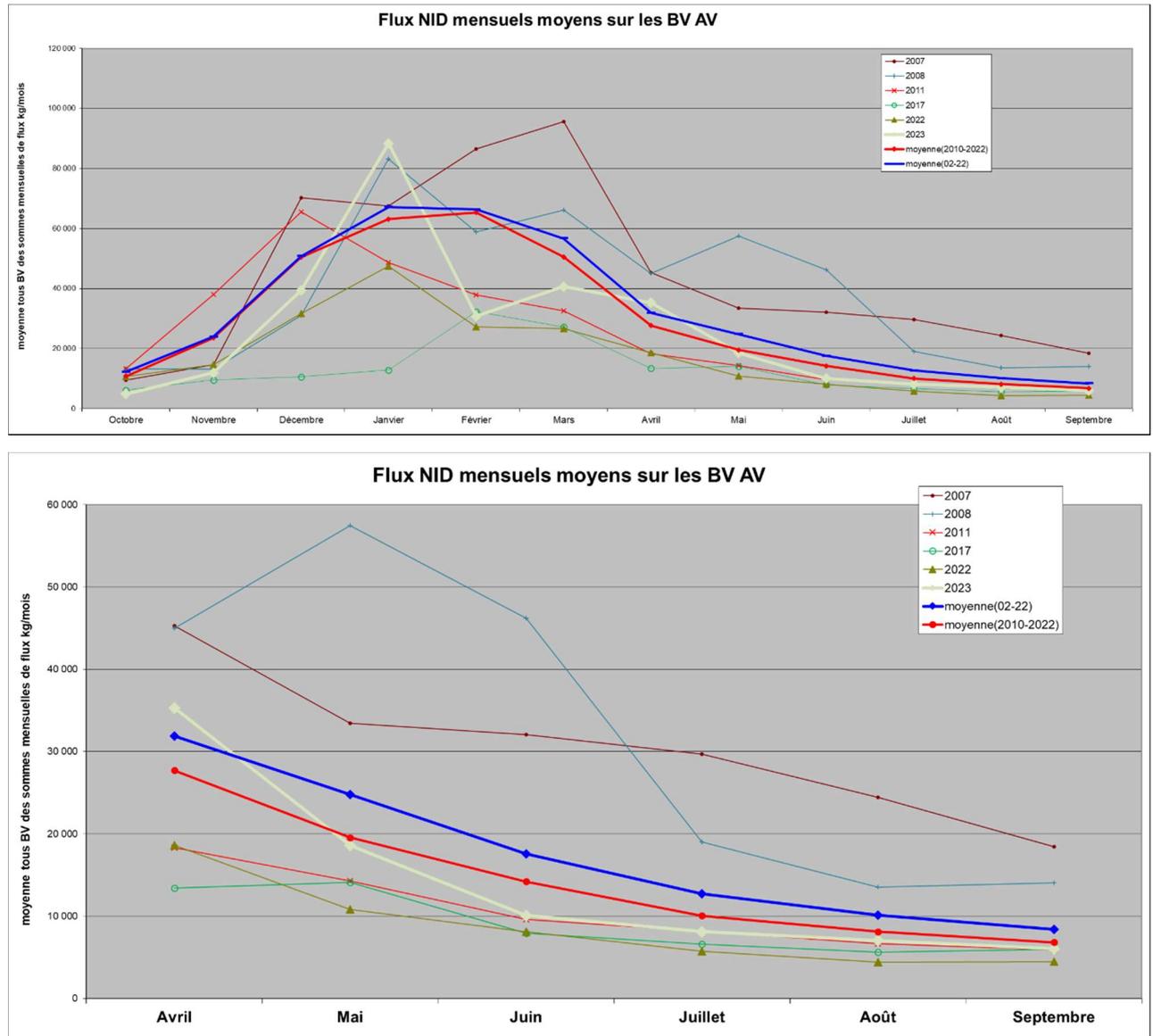


Figure 1 (a) et (b) : flux moyens mensuels à l'exutoire des bassins versants PLAV concernés par les proliférations (moyenne des flux mensuels des 7 cours d'eau alimentant les sites du programme « Prolittoral 2002-2006 » + flux des trois cours d'eau du fond de baie de Saint Brieuc : Guouessant, Urne et Guouet + flux de l'Horn + Guillec). Seules certaines années ont été sélectionnées sur ces graphiques, ainsi que les moyennes pluriannuelles 2002-2022 et 2010-2022 (flux des années les plus récentes dont le niveau moyen est moins élevé). La figure du haut (a) présente les flux sur l'ensemble de l'année hydrologique tandis que la figure du bas (b) présente les flux sur la période la plus sensible.

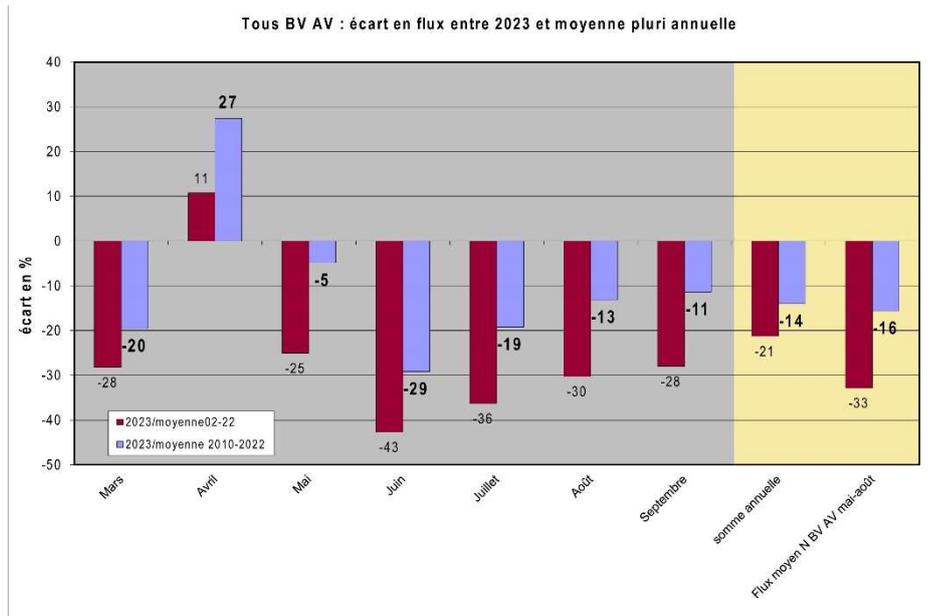


Figure 2 : Ecart des flux mensuels, annuels et saisonniers aux exutoires des BV AV en 2023 par rapport aux années antérieures (moyenne des sommes mensuelles pour tous les BV). Sur l'ensemble de la période annuelle, le flux est de 14 % inférieur à la moyenne 2010-2022 (valeur d'octobre à décembre puis février et mars déficitaires ; janvier excédentaire de 31 %) ; sur la période sensible « mai-août » le flux est inférieur à la moyenne 2010-2022 de 16 % ; le mois d'avril étant 27 % au-dessus et le mois de juin 29 % sous la moyenne 2010-2022. Ces « valeurs régionales » sont cependant très variables selon les territoires : défaut de flux élevé sur la Fresnaye et l'Ic, un peu inférieur sur le Yar, Douron et Horn+Guillec ; flux plus proches des moyennes sur la baie de Saint Brieuc, de Guissény ; conforme à la moyenne sur le Lesnevard alors que les flux sur la baie de Douarnenez sont supérieurs à la moyenne 2010-2022.

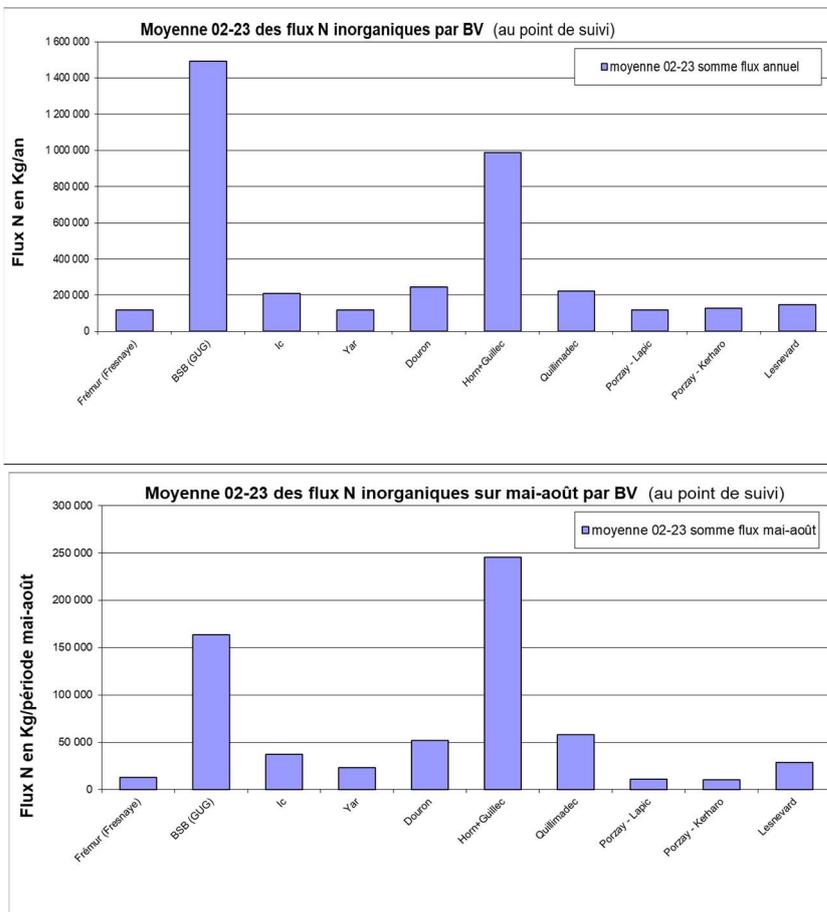


Figure 3 : Evaluation des flux d'azote inorganique de chaque BV estimés sur l'année en moyenne 2002-2023 (Figure 3a) pour la partie du BV suivie (point exutoire du cours d'eau ; ce qui peut être assez différent du flux total du BV dans le cas où plusieurs cours d'eau drainent les BV mais qui permet de visualiser la part de chaque cours d'eau au flux total régional moyen sur 2002-2023 de 3 840 T décrit en Figures 1 et 2). La Figure 3b présente le flux total d'azote inorganique de chaque BV sur la période mai-août uniquement (somme des apports journaliers sur mai-août). Cela permet de mettre en évidence la contribution forte de l'Horn+Guillec (étiages soutenus et flux spécifiques annuels forts) surtout si on analyse la période estivale. Le flux total en moyenne 2002-2023 sur « mai-août » est estimé à 690 T.

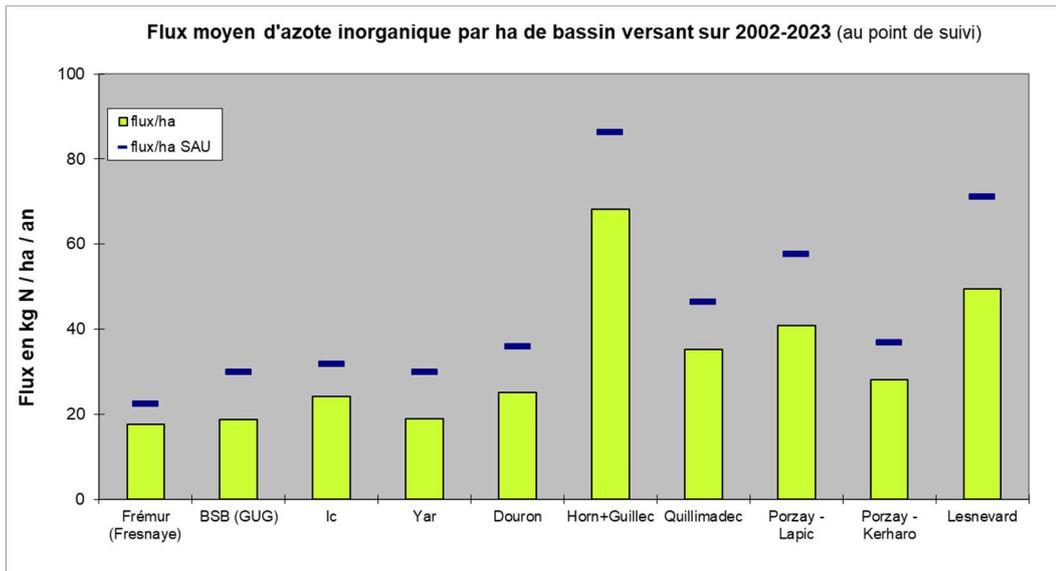


Figure 4 : Flux annuel spécifique moyen (2002-2023) d'azote inorganique de chaque BV (pour la partie du BV suivie ; point exutoire du cours d'eau, idem aux Figures 3 a et b). On perçoit des flux spécifiques (par ha de BV ou par ha de SAU) particulièrement importants sur l'Horn+Guillec et sur les cours d'eau de l'ouest Bretagne de manière plus générale. On estime en particulier un flux par ha total de BV de 68 kg pour l'Horn/Guillec contre 17.5 sur le BV de la Fresnaye (19 sur la baie de Saint Briec et sur le Yar). L'importance de ces flux est, en partie, conditionnée par l'importance des lames drainantes des BV.

Le flux de l'année hydrologique 2023 (Figure 2) est **14 % inférieur au flux moyen interannuel 2010-2022** (et -21 % par rapport à 2002-2022). **Les premiers mois de l'année hydrologique** (octobre à décembre ; février-mars) **sont déficitaires**, excepté janvier dont le flux est supérieur à la moyenne (+40 % par rapport à la chronique 2010-2022). Le mois d'avril présente un léger excédent (+ 27 % par rapport à 2010-2022 mais seulement + 11 % par rapport à 2002-2022) puis **chaque mois de la saison « sensible »** (mai-août prise comme période sensible) **aux proliférations** présente des flux légèrement déficitaires (- 5 % en mai ; entre - 10 et -15 % sur août et septembre par rapport à 2010-2023 mais autour de - 30 % par rapport à 2002-2022). Les défauts de flux les plus importants sont en juin (-29 %) et en juillet (-19 %). Cela conduit à un **déficit de flux sur la période mai-août de -16 % par rapport à 2010-2022** (et -33 % sur 2002-2022). Les flux sont donc **légèrement inférieurs aux moyennes mais avec néanmoins plusieurs mois avec des valeurs très proches de la moyenne** (mai, août et septembre). A noter que si l'on calcule le flux sur la période « sensible » **avril-août, alors la valeur de 2023 est identique à la moyenne 2010-2022** (à moins de 1 % près).

Cette situation de faibles flux est à relier à des **débits sur 2023 inférieurs** aux moyennes et à **des concentrations elles-mêmes en forte baisse** sur les 15 -20 dernières années. Les débits, plus bas que la moyenne, sont à relier à des **précipitations** qui sont **fortement inférieures à la moyenne en février** (- 80 à - 93 %) puis légèrement inférieures à la moyenne sur avril-juin et ceci malgré des **excédents très marqués en mars** (de +50 % à Saint Briec à +115 % à Ploumanac'h) **et novembre** et plus proches des moyennes en décembre. Pour ce qui est de la **période « sensible », les pluies ont été intenses sur juillet et août** (surtout sur l'ouest/sud-ouest : Lorient + 91 % et Quimper + 65% sur juillet). Les différents mois de cette saison hydrologique qui, en **2023 encore est atypique** (Figure 5), engendre un cumul qui est **proche des moyennes** mais variable suivant les stations : en déficit assez marqué sur le nord-est de la Bretagne ((-2% à Saint Briec et -10 / -12 % sur Dinard et Ploumanac'h) et en excédent sur l'ouest de la Bretagne (+ 15 % à Brest et + 5/+8 % sur Quimper et Lorient)).



La Figure 7 montre, pour chaque année depuis 2016, des situations de fort excès pluviométrique en juin (ou mai) sur l'est des Côtes d'Armor (exemple de la station de Saint Briec/Trémuson). Cela avait moins été le cas de l'année 2022 (excès pluviométrique de « seulement » 40 % en juin 2022 et la pluviométrie, ayant été assez régulièrement répartie, semble avoir engendré des remontées limitées des débits encore atténuées par la présence du barrage de Ploufragan). En 2023, **on ne retrouve pas ce fort excédent sur juin** ; en revanche **on enregistre des pluies plus importantes qu'en moyenne, en juillet et en août** (respectivement + 45 et + 20 %). Les années 2016-2021 (et tout particulièrement l'année 2021) auront donc présenté des **profils « très défavorables »** avec des pluies **très soutenues en juin**, période durant laquelle les ulves sont potentiellement **limitées par l'azote et donc sensibles à ces apports excédentaires** (refertilisation importante à une période clé). D'après les spécialistes de Météo France, cette situation relevait du « hasard » et n'était **pas une tendance liée au changement global** (pas décrite par les modèles locaux du changement climatique). Pour 2023, la situation, bien que différente, est également assez défavorable avec des pluies importantes à partir de fin juin, sur juillet puis août entraînant des reprises de débits à la baie.

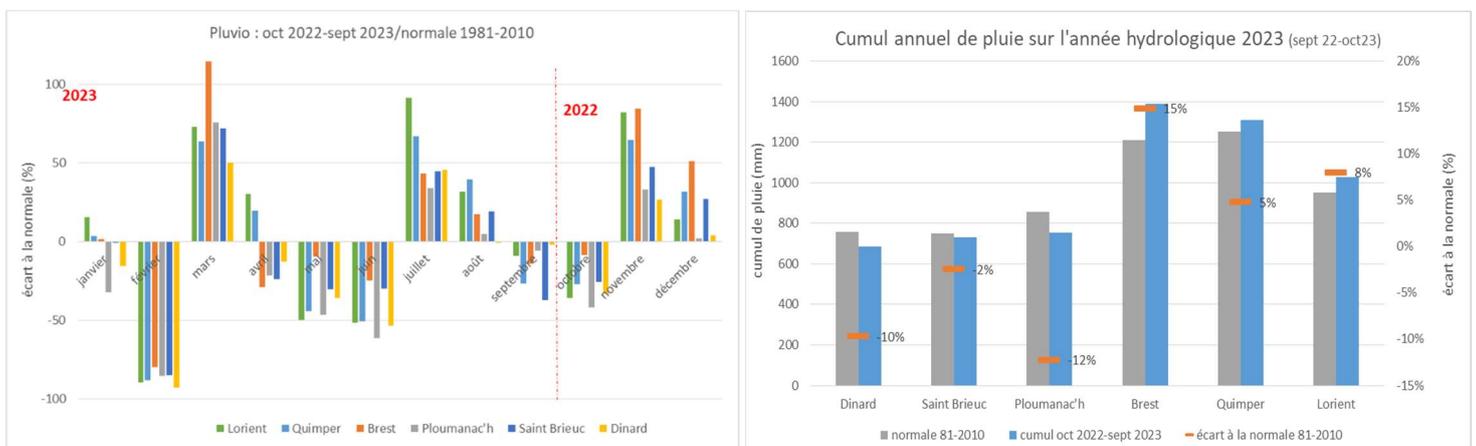


Figure 5 : Pluviométrie sur les stations Météo France suivies sur l'année hydrologique 2023 (30 septembre 2022-1^{er} octobre 2023) : à gauche, écarts mensuels aux normales de chaque station ; à droite, cumul annuel et écart sur l'année à la normale 1981-2010

Les différences de pluviométrie locale et les caractéristiques des bassins versants engendrent cependant des contrastes dans les niveaux des flux de l'année. Avec notamment les bassins versant granitiques sur lesquels les **étiages sont plus soutenus et les défauts de flux moins prononcés en période estivale** que sur les bassins versants schisteux. La Figure 6 montre bien, en fonction des cours d'eau, de grosses différences entre les flux 2023 et les moyennes interannuelles. Sur la période « mai-août », les cours d'eau des Côtes d'Armor présentent **des défauts de flux importants** (autour de - 30 % ; à l'exception de la baie de Saint Briec, plus proche du niveau moyen avec -12 % ; cas qui s'explique par la régulation liée au barrage sur le Gouet, lui-même sur substrat granitique) ce qui est, dans une moindre mesure, aussi le cas des cours d'eau du nord Finistère (avec un gradient de l'est vers l'ouest dont les flux sont plus proches des moyenne de - 23 % à -7 %, du Yar au Quillimadec). Alors que la baie de **Douarnenez présente un excédent de flux marqué** (+16 et + 11 %) par rapport aux moyennes et le Lesnevard une situation très proche de la moyenne pluriannuelle (- 1 %). La Figure 6 (bas) présente le détail par mois et par cours d'eau. On observe que sur la baie de Saint Briec, les flux étaient soutenus en avril (+76 % par rapport à la moyenne 2010-2022, avec une contribution identique du Gouessant et du Gouet), bas en juin (et même très bas sur le Gouessant avec -66 %) puis des flux qui redeviennent importants en août (et même à partir de fin juillet malgré des flux estimés côté Gouessant qui seraient très faibles du fait de concentrations en nitrates inférieures à 5 mg/l, conduisant à de flux moyen de 30 kg/j sur le mois contre plus de 300 kg/j sur le Gouet). La figure illustre également des flux sur les cours d'eau de la baie de Douarnenez qui sont chaque mois au-dessus des



moyennes mensuelles 2010-2022 excepté en juillet (et proches de la moyenne en juin). Elle permet aussi de constater que sur le Frémur, les flux étaient plutôt élevés en avril, légèrement déficitaires en mai et sont devenus très déficitaires en juin (-60 %) pour se maintenir autour de 30 % sous les moyennes pluriannuelles.

Cette évolution des débits est bien concordante **avec les pluies soutenues observées en mars** puis inférieures aux normales sur **avril à juin** et redevenant excédentaires (et même fortement excédentaires sur l'ouest et la façade sud) en juillet puis août, impliquant une hausse (ou moindre diminution) des flux sur l'été.

La distribution des flux au cours de la saison est, aussi, variable selon les bassins versants comme le présente l'Annexe 2 en lien avec des pluviosités et contextes pédo-géologiques différents.

Les situations nutritionnelles sont donc variables selon les secteurs et c'est bien à l'échelle de chaque baie qu'il convient d'analyser le phénomène, même si des tendances générales se dessinent.

Enfin, l'évolution des teneurs moyennes en nutriments, à la baisse ces dernières années, jouent sur le flux: **les concentrations moyennes annuelles ont été divisées par deux sur certains cours d'eau en une quinzaine d'années**. Le cas particulier de la baie de Saint Brieuc **dont les flux domestiques** étaient importants, notamment en période sensible de prolifération, doit être rappelé : la STEP depuis 2006 rejette beaucoup moins d'azote (ammonium), ce qui implique des apports d'azote inorganique dissous très inférieurs, les années sèches, aux années antérieures à 2006 (environ 550 kg N/jour en moins sur la moyenne 2000-2004 sur mai-septembre et 700 kg/jour sur l'année). Le contexte de bassins versants schisteux de l'Est de la baie engendre quant à lui des débits très faibles les étés secs, comme par exemple 2022, et cet effet sur les débits est renforcé par des concentrations en années sèches qui sont très nettement en baisse (probablement accentué par l'eutrophisation des eaux plus ou moins stagnantes : les 3 valeurs mesurées en fin août et en septembre 2022 sont en dessous d'1 mg/l de NO_3^- mais les valeurs en NH_4^+ entre 2 et 6 mg/l attestent d'une situation « anormale »). En 2023 à nouveau, les flux calculés pour le Gouessant sont très faibles en août du fait de concentrations qui seraient très basses : 2.7 mg/l en fin août et même 0.8 mg/l en fin septembre.

Il convient d'ajouter, qu'outre les réactions en débits des différents cours d'eau à ces pluviosités (en fonction notamment des caractéristiques géologiques, les BV granitiques ayant des réactions plus tamponnées que les BV schisteux, plus réactifs aux pluies), l'évolution des teneurs moyennes en nutriments azotés ces dernières années joue également sur les séries de référence de flux (en particulier par rapport à 2002-2022 avec une baisse marquée, sur tous les cours d'eau, des concentrations des dernières années par rapport à cette moyenne).

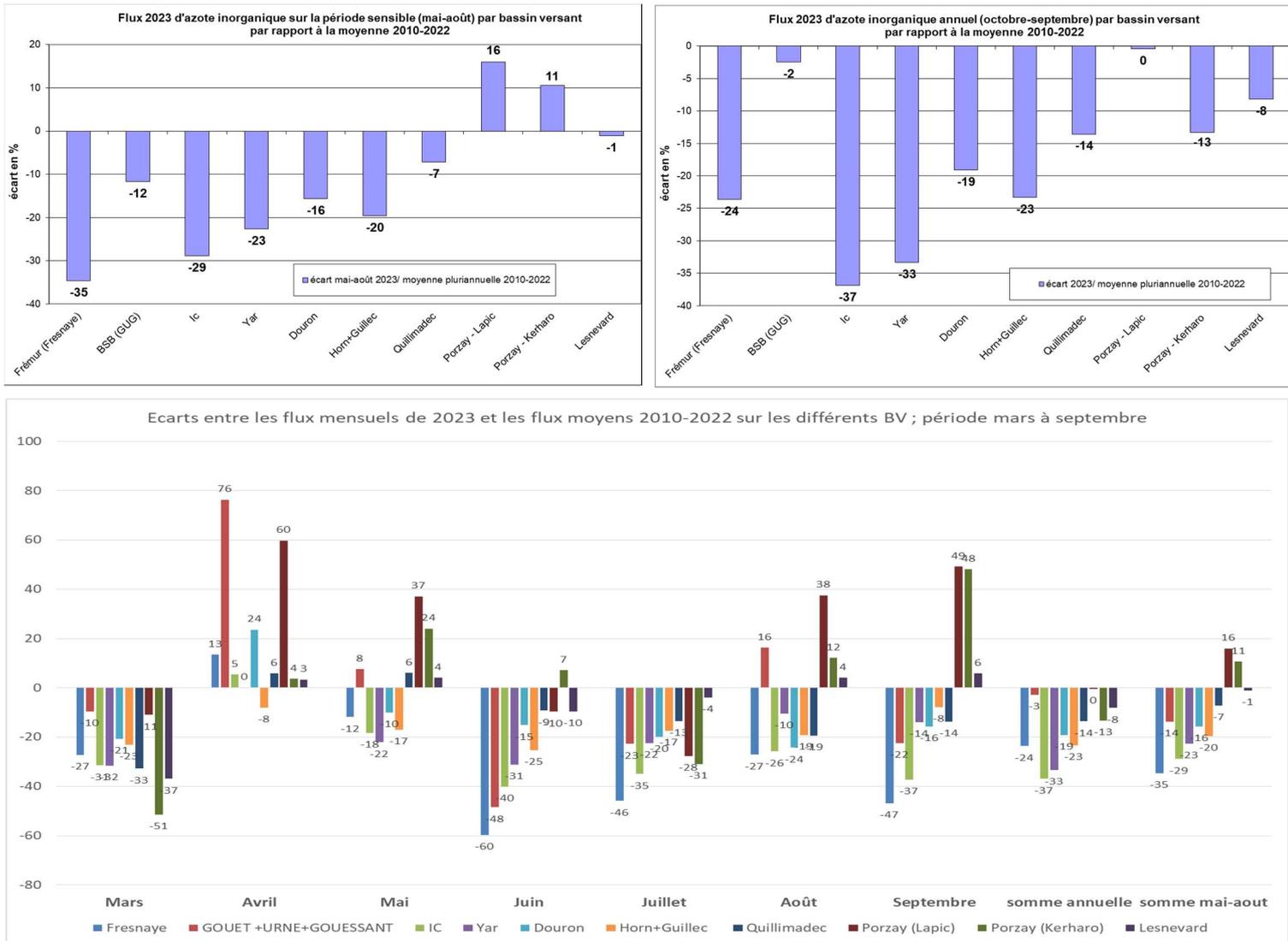


Figure 6 : Ecart, par BV, entre flux d'azote inorganique dissous sur mai-août 2023, sur octobre 2022-septembre 2023 et (figure du bas) détail sur chacun des mois de mars à septembre. Les différences observées s'expliquent principalement par les différences locales de pluviosité et les contextes géologiques locaux.

La Figure 5 présente la pluviosité sur 2022/2023 par rapport aux normales (1981-2010) et les cumuls sur l'année hydrologique. Les niveaux de pluviosité jouent plus ou moins directement sur les écoulements et les flux présentés plus haut. La Figure 7 présente un **ensoleillement excédentaire en novembre et février** (de 30 à 50 % sur la pointe Bretagne et un peu moins excédentaire sur l'est), assez fortement **déficitaire en mars** (surtout sur la pointe ouest avec près de 50 % de déficit contre -20 % à -25 % sur les stations plus à l'est) **puis nettement excédentaire sur mai et juin** et légèrement **déficitaire sur juillet et août**. Ce paramètre « lumière » est donc assez hétérogène sur la période fin d'hiver/début de printemps (paramètre habituellement limitant à cette saison) avec un **excès en février qui va dans le sens d'un redémarrage précoce**, puis un **fort déficit en mars**, un retour de **conditions favorables sur les 3 premières semaines d'avril** puis **les mois de mai et juin fortement lumineux**, pouvant expliquer des **croissances soutenues sur les sites ayant conservé des ulves** à cette période. La lumière « légèrement déficitaire » en juillet et août n'implique a priori pas de fortes perturbations sur les proliférations, ce paramètre étant à cette saison suffisant pour la croissance, ou du moins le maintien des algues dans les baies concernées.

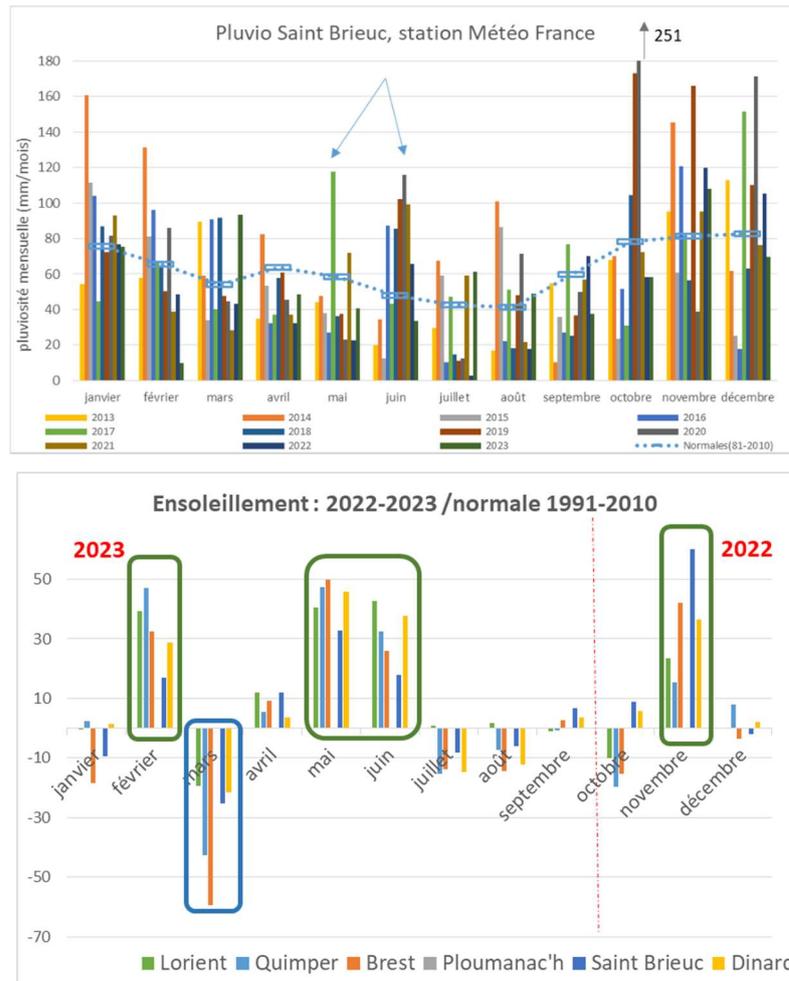


Figure 7 : Données MétéoFrance sur les différentes stations : en haut, pluviosité mesurée par MétéoFrance sur la station de Saint Brieuc, en bas écart aux normales d'ensoleillement (pas de donnée disponible sur Ploumanac'h).

Le flux est également lié **aux concentrations** (nitrates et ammonium), même si ces dernières évoluent, à court terme, dans des intervalles beaucoup plus étroits (en particulier pour les nitrates) que les débits des cours d'eau (exception faite des mesures sur le Gouessant en août et septembre 2023 extrêmement basses, inférieures à 4 mg/l en moyenne en août et à 2 mg/l en septembre impliquant un flux de nitrate très inférieur au niveau moyen avec respectivement - 47 et - 67 % par rapport à 2010-2022). En 2021 (année hydrologique), les concentrations en nitrates étaient en légère **baisse dans la plupart des cours d'eau ; ce qui était encore le cas en 2022 sur une partie des cours d'eau** (est des Côtes d'Armor et surtout baie de Saint Brieuc et tout particulièrement le Gouessant du fait de valeurs presque nulles mesurées en été) quand les autres cours d'eau étaient plus stables voire en légère hausse (jusqu'à 6 % pour l'Horn et le Guillec). **En 2023, la situation est assez contrastée** avec certains cours d'eau dont les **concentrations remontent sensiblement** (cas notamment des cours d'eau de la baie de Saint Brieuc qui avaient très fortement baissé en 2022 mais dont le niveau 2023 est bien en baisse par rapport à 2021), alors que d'autres (Yar, Douron, Horn et Guillec, Porzay, Lesnevard) présentent des baisses sensibles. Le calcul de la « moyenne brute » de tous les cours d'eau (ce qui n'a pas grande signification sans pondération par les débits déversés mais permet de donner une tendance « régionale », en gardant tous les ans le même « panel » de cours d'eau) conduit à une diminution entre 2023 et 2022 de 4.7 % (27.1 mg/l en 2023 contre 28.4 mg/l en 2022 et 29.8 mg/l en 2021) ce qui **positionne l'année 2023 au niveau le plus bas mesuré**. Cette diminution de la « moyenne brute » est en grande partie liée à la **diminution très importante des moyennes annuelles, en particulier des cours d'eau granitiques** (en premier lieu, l'Horn et le Guillec avec -11/-13 %, le Yar de le Douron autour de - 10 % mais aussi le Kerharo avec -15 %),



ce qui s'explique très probablement surtout par les pluies supérieures aux normales en 2023 sur l'ouest Bretagne.

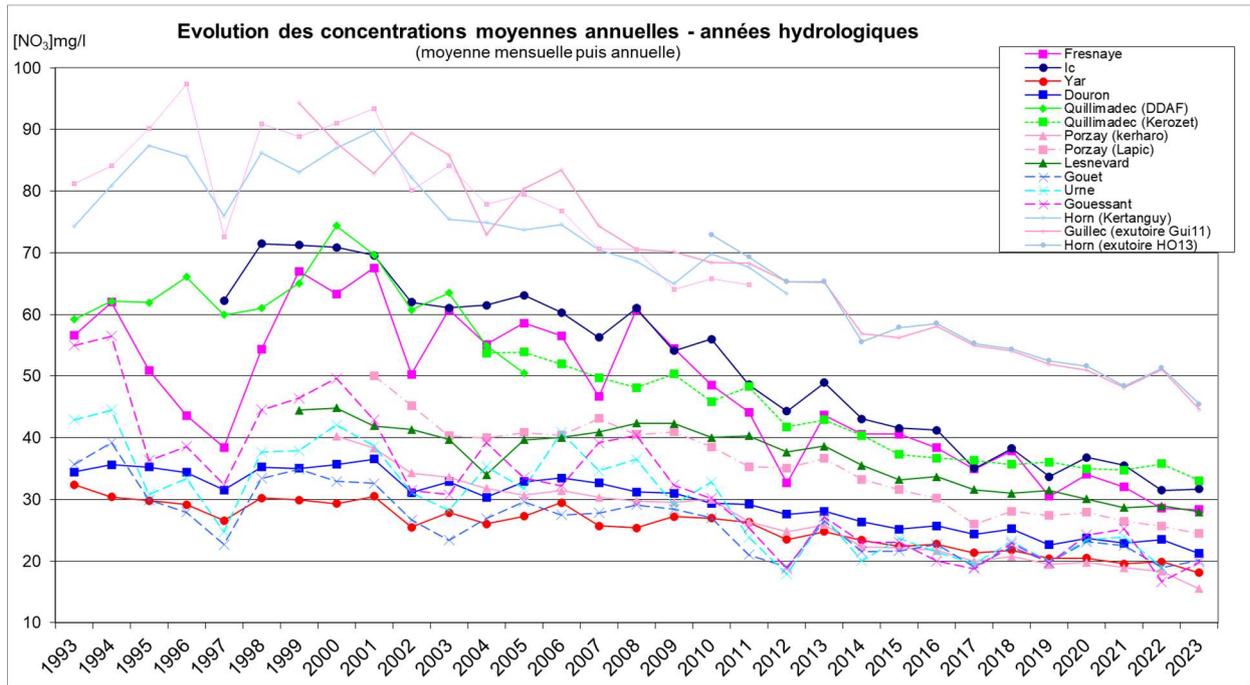


Figure 8 : Evolutions des concentrations en nitrates sur les cours d'eau suivis (moyennes mensuelles puis annuelles afin d'avoir le même poids pour chaque mois de l'année), sur tous les cours d'eau intégrés au suivi dans le cadre de ce rapport

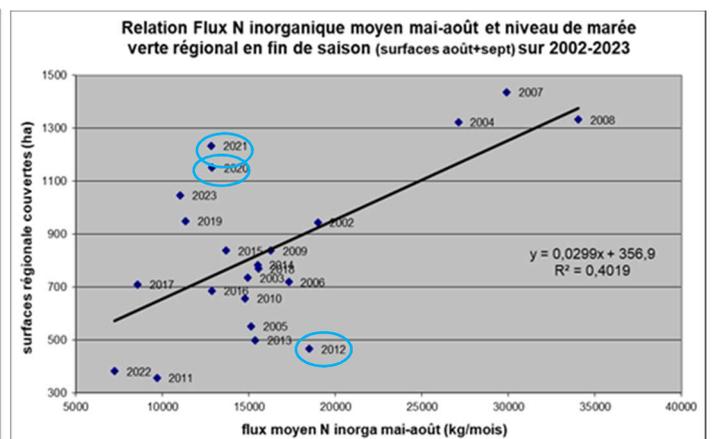
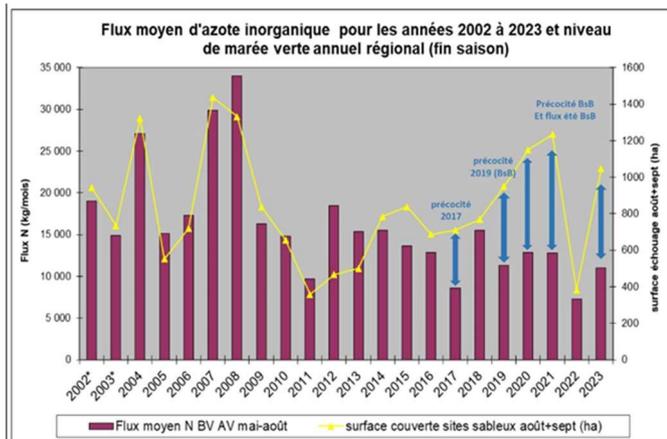
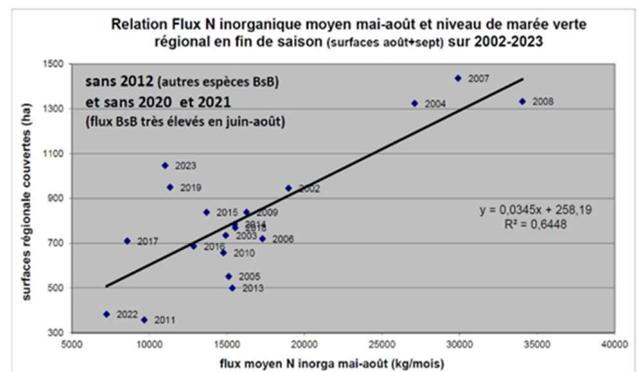


Figure 9 : Flux d'azote sur la période sensible (moyenne des flux de mai à août sur 8 baies du PLAV) et niveau de surfaces couvertes par les algues vertes en fin de saison (surface en août + septembre sur les plages bretonnes). Les surfaces couvertes par des algues brunes (ou rouges) filamenteuses notamment en 2011, 2012, 2013, 2015 et 2017 en baie de Saint Brieuc, en 2016 à 2021 sur la baie de Douarnenez et depuis 2006 sur l'est du département des Côtes d'Armor ne sont pas comptabilisées ici.



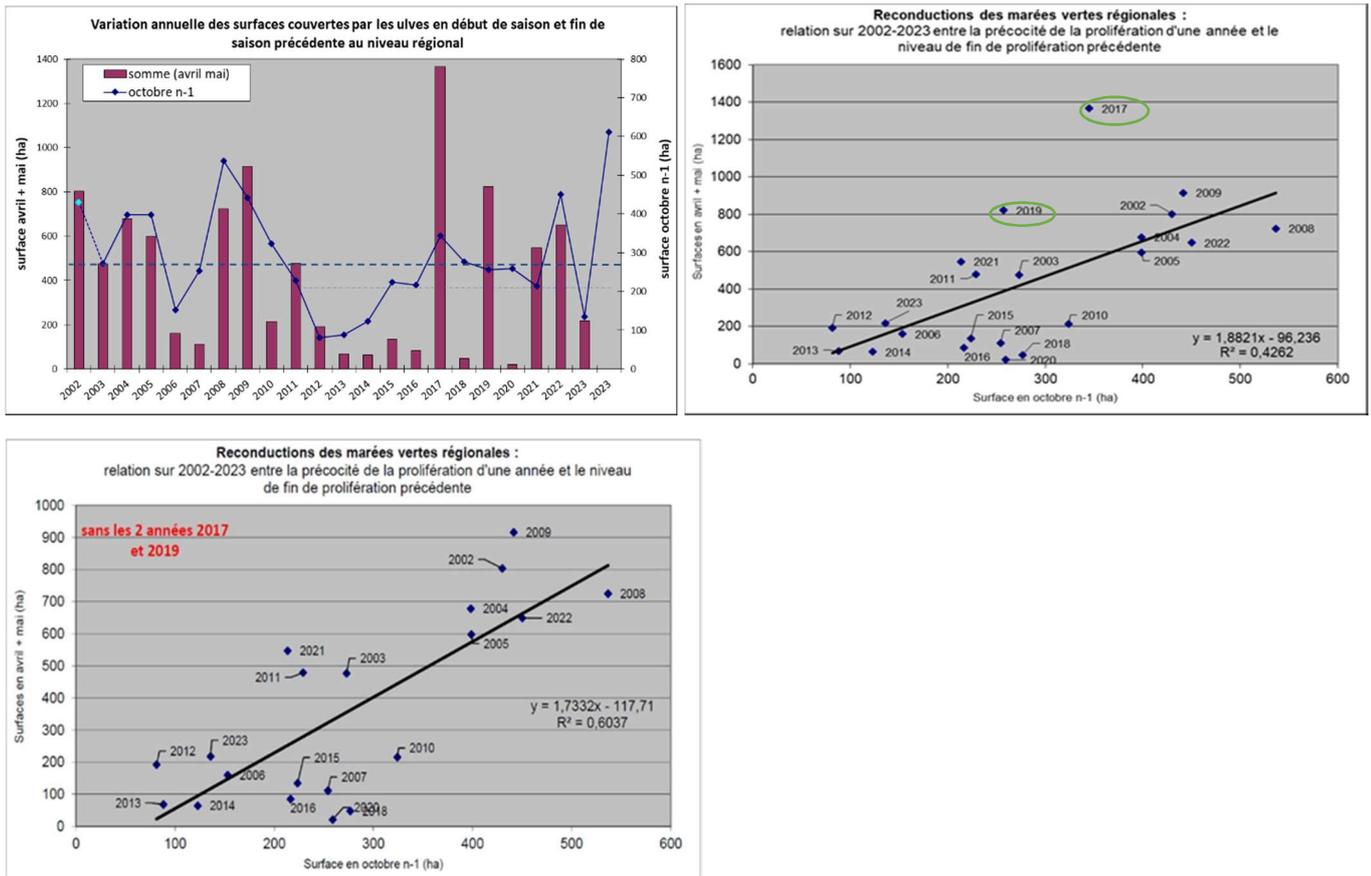


Figure 10 : Surfaces couvertes par les ulves en début de saison (avril+mai) et lien avec le niveau de couverture de la fin de l'année n-1. Les niveaux plus faibles qu'attendus en 2006, 2007, 2010, 2013, 2014, 2015, 2016, 2018 et 2020 s'expliquent par : des températures de l'eau plus froides en hiver/printemps que la moyenne (environ 1 mois de retard sur les températures de l'eau sur avril-mai-juin pour 2006, 2010 et 2013) ; le caractère particulièrement dispersif de l'hiver (pour 2007, 2013, 2015, 2016, 2018, 2020 et surtout 2014 : 3 fois plus de jours de houle de plus de 3.5 mètres qu'en moyenne). Le caractère plus précoce qu'attendu en 2017 (cercle vert) s'explique par l'hiver le moins dispersif et parmi les plus lumineux. La position de 2019 (cercle vert) comme de 2021 est liée à une forte précocité en baie de Saint Brieuc et faible précocité sur la plupart des autres sites importants en surface.

*Le niveau de la fin 2001 a été estimé en se basant sur les suivis qui ne portaient, à cette époque, que sur le littoral des Côtes d'Armor (suivis réalisés par le CEVA sur financement du Conseil Général des Côtes d'Armor). La méthode d'estimation était différente : pour rendre compatibles les méthodes, c'est le ratio de la mesure de mi-octobre 2001 sur le maximum annuel de 2001 qui a été utilisé.

Si l'analyse « régionale » proposée en Figure 9 et Figure 10 permet de voir « les grandes lignes » des paramètres explicatifs de la précocité des proliférations puis du maintien du phénomène en saison estivale à un niveau important, il est clair **que l'analyse plus fine doit être réalisée par baie**. En effet, les comportements des bassins versants comme la pluviosité (surtout pour ce qui est des orages estivaux) conduisent à des niveaux relatifs des apports qui peuvent être très différents selon les secteurs. De plus, le poids en surface ainsi que la plus ou moins forte saturation des sites vis-à-vis des flux d'azote impliquent alors, suivant les baies, des réactions différentes aux flux annuels (par ex. l'Horn + Guillec représentent en moyenne 40 % du « flux analysé » sur mai-août mais la prolifération locale, très peu liée au flux, représente 5 % de la surface régionale août + septembre). Il en est de même pour ce qui est de la reconduction hivernale avec des sites qui sont beaucoup plus sensibles à la dispersion du fait de leur exposition à la houle (la baie de Saint Brieuc, vaste baie concentrant en moyenne 53 % des surfaces d'octobre, est largement moins exposée à la houle et montre, certaines années, de fortes reconductions que l'on ne retrouve pas sur les autres sites plus exposés).



✓ Concernant la **précocité de démarrage 2023**, les éléments ci-dessous étaient rassemblés en avril 2023 :

- Les stocks présents en automne 2022 sont bas. En octobre les surfaces mesurées sur l'ensemble des sites étaient de 50 % inférieures au niveau de 2002-2021 et 3 fois inférieures au niveau mesuré en octobre 2021. Ces stocks sont pour 63 % le fait de la situation en **baie de Saint Briec** (reprise de croissance en début octobre qui s'est poursuivie en novembre entraînant des échouages et ramassages jusqu'en fin décembre). Les autres sites « sujets à reconduction » étaient très peu chargés en octobre 2022. Donc sur ce paramètre la **configuration régionale 2022 est favorable à un démarrage tardif** avec un « risque » **plus élevé sur la baie de Saint Briec** (report fortement dépendant des caractéristiques hivernales sur ce site).

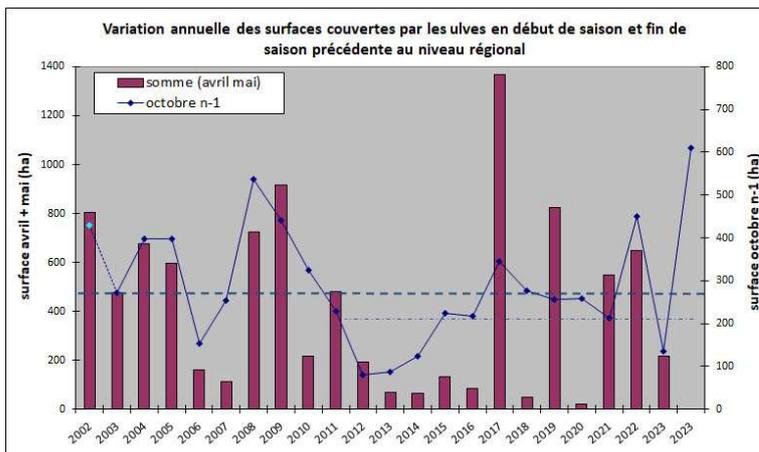


Figure 11 : Surfaces couvertes par les ulves en début de saison (avril+mai) et lien avec le niveau de couverture d'octobre de l'année n-1. Les niveaux plus faibles qu'attendus en 2006, 2007, 2010, 2013, 2014, 2015, 2016 et 2018 s'expliquent par : des températures de l'eau plus froides en hiver/printemps que la moyenne (environ 1 mois de retard sur les températures de l'eau sur avril-mai-juin pour 2006, 2010 et 2013) ; le caractère particulièrement dispersif de l'hiver (pour 2007, 2013, 2015, 2016, 2018 et surtout 2014 : 3 fois plus de jours de houle de plus de 3.5 mètres qu'en moyenne). Le caractère plus précoce qu'attendu en 2017 s'explique par l'hiver le moins dispersif et parmi les plus lumineux.

- **La température hivernale de l'eau** (estimée sur la bouée Astan, réseau Somlit à 60 m de fond) **est restée supérieure aux moyennes pluriannuelles** (+ 0.5 à +0.2 °C de janvier à mars), donc ne peut impliquer de retard de démarrage sur le printemps,
- **La dispersion hivernale sur novembre à mars** (analyse « régionale sur les données Windguru GFSwaves au nord de Lannion) indique un hiver dispersif par rapport au niveau moyen interannuel : **+5 % de jours de + de 2.5 m** que la moyenne 2003-2022, mais **+28.5 % pour les jours de +3.5 m et même +70 % pour les jours au-dessus de 4.5 m**. **L'hiver est donc dispersif** sur l'ensemble de la période (avec notamment de fortes dispersions du 16 décembre au 18 janvier, un mois de février très calme puis des conditions très perturbées à partir du 9 mars). L'hiver **2022-2023 apparait nettement plus dispersif que les hivers antérieurs depuis l'hiver 2016-2017**, exception faite de l'hiver 2019-2020.
- les mois de novembre et février présentent des excédents marqués d'ensoleillement alors que mars est particulièrement sombre. Sur le total de l'hiver (nov-mars) **les niveaux d'ensoleillement sont proches de la moyenne** mais plutôt excédentaires (autour de + 6 % sur Dinard et Saint Briec et – 7 % sur Brest). Ce paramètre semble donc assez « neutre » ou plutôt négatif du fait d'un déficit d'ensoleillement sur la fin de la période (mars).

Au total, l'ensemble des paramètres conduisent à attendre une prolifération retardée, surtout du fait des stocks d'automne qui étaient faibles et d'un hiver particulièrement dispersif.

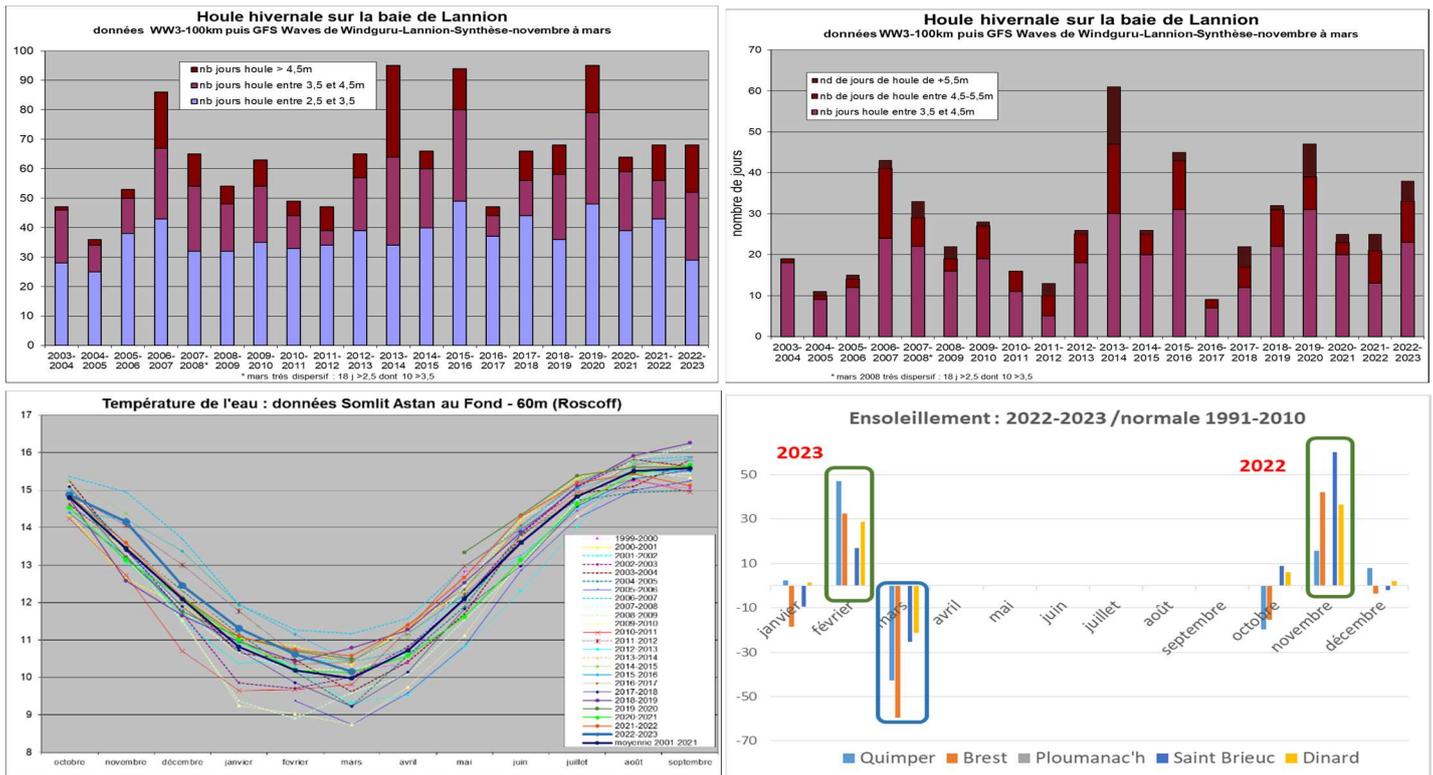


Figure 12 (a), (b), (c) et (d) : caractéristiques des hivers. (a) houle du modèle GFS /Windguru pour le site de Lannion par catégorie de hauteur de vague sur novembre à mars ; (b) mêmes valeurs seuillées au-dessus de 3.5 m de houle ; (c) données de température de l'eau en baie de Morlaix entre 2000 et mars 2023 sur le point Astan au fond -60m (données SOMLIT fournies par la Station Biologique de Roscoff) ; (d) pourcentage d'écart en nombre d'heures d'ensoleillement sur les stations MétéoFrance littorales suivies pour ce rapport.

✓ **Concernant la précocité de démarrage 2024**, les éléments rassemblés étaient (20 avril 2023):

- Au niveau régional, les stocks présents en octobre 2023 étaient les plus élevés jamais mesurés et **125 % supérieurs au niveau moyen 2002-2022**. Ils étaient importants dans la plupart des baies « à reconduction » (mais pas sur la Fresnaye concernée par des Ectocapales) et **très importants sur la baie de Saint-Brieuc** (+ 200 % par rapport à la moyenne 2002-2022 et près du double des plus grosses années de la série 2002-2022). Donc sur ce paramètre la **configuration régionale 2023 était très favorable à un démarrage très précoce avec un « risque » particulièrement élevé sur la baie de Saint-Brieuc**.
- La **température hivernale de l'eau** (estimée sur la bouée Astan, réseau Somlit à 60 m de fond) est restée élevée tout l'hiver (+0.6 à +1.25 °C chaque mois et +1°C en février ; +1.25°C en mars). L'ensoleillement est plutôt bas surtout sur l'ouest (-15 à -30 % d'heures de soleil sur nov-mars et autour de -5 % sur l'est 22) : déficitaire en novembre, décembre et mars ; très fortement en février (-40 % sur Saint Brieuc à -65 % sur Quimper) et légèrement excédentaire en janvier.
- La **dispersion hivernale sur novembre à mars** (analyse « régionale » du proxy Windguru GFSwaves au nord de Lannion) a été intense par rapport au niveau moyen pluriannuel, assez proche de l'hiver précédent (lui-même dispersif) mais encore plus dispersif : **+11 % de jours de + de 2.5 m** que la moyenne 2003-2023 et même **+16 % pour les jours de +3.5 m** et surtout **+75 % pour les jours de + de 4.5 m**. L'hiver est donc **dispersif** sur l'ensemble de la période avec surtout de fortes dispersions en novembre (Ciaran puis autres perturbations jusqu'au 20 novembre) puis mi-décembre, fin décembre, fin janvier, fin février, fin mars, Ce paramètre est donc **clairement en faveur d'un retard** important, surtout pour les sites les plus exposés et les plus petits. L'hiver **2023-2024 apparaît nettement plus dispersif que les hivers antérieurs depuis l'hiver 2016-2017**, exception faite de l'hiver 2019-2020, ainsi que 2015-2016 ou encore l'hiver 2013-2014, le plus dispersif de la série..



Au total, les paramètres sont **contradictoires** : avec surtout des **stocks très importants** et une **dispersion hivernale forte**. La réaction en termes de précocité dépend donc **du poids, par site**, de chacun des paramètres dans la reconduction. Sur les sites **peu exposés et vastes** (baie de Saint Briec ou Fresnaye) on s'attend à un **poids prédominant des stocks** ; sur les sites plus **petits et exposés** à un **poids du destockage** (donc retard au démarrage).

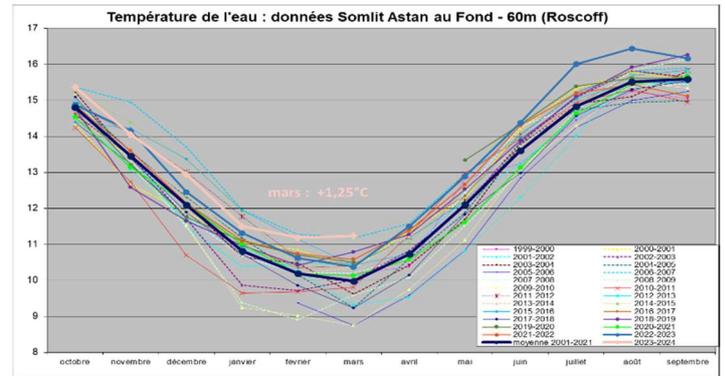
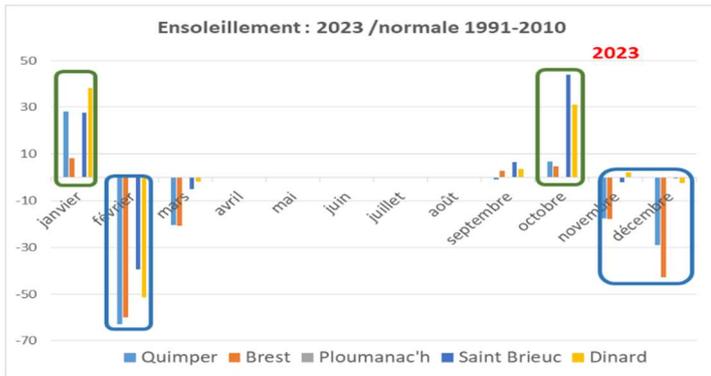


Figure 13 : ensoleillement sur l'hiver 2023-2024 au 1^{er} avril sur les stations Météo-France

Figure 14 : données de température de l'eau entre 2000 et mars 2024 sur le point Astan au fond -60m (données SOMLIT fournies par la Station Biologique de Roscoff)

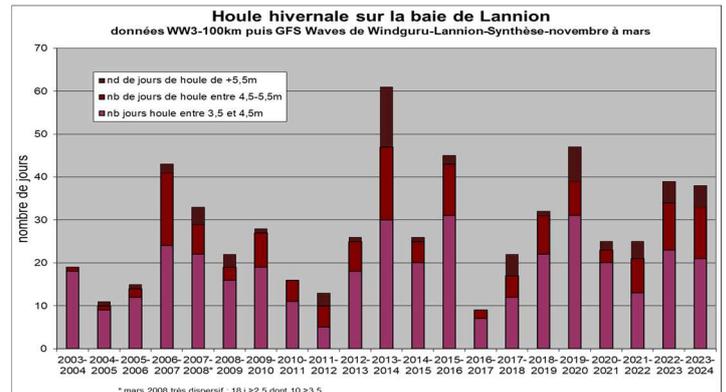
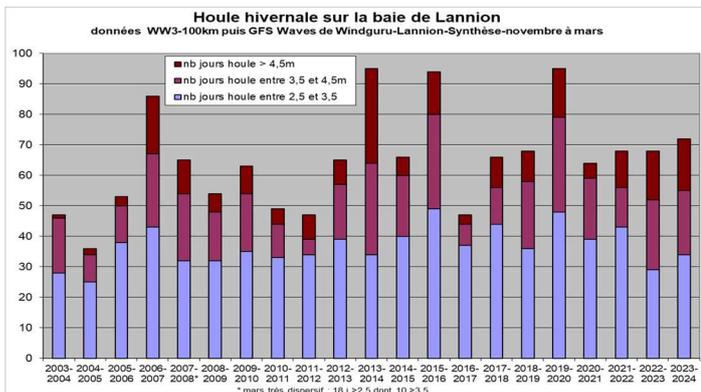


Figure 15 (a) et (b) : (a) houle du modèle NWW3 à 100 km /Windguru pour le site de Lannion par catégorie de hauteur de vague sur novembre à mars ; (b) mêmes données mais seuillées au dessus de 3.5 m.

- ✓ **Premiers éléments de perception de la reconduction 2023 – 2024** (point réalisé le 11 mars 2024, suite au survol du 8 mars, réalisé dans le cadre de ce programme Cimav P1)

Un survol de fin d'hiver était prévu en fin février ou début mars, si les conditions météorologiques le permettaient (temps suffisamment calme durant plusieurs jours pour que les stocks éventuellement présents soient perceptibles).

Avant ce survol, une prospection de terrain, le 12 février (coefficient 110), à basse mer, a permis de montrer des stocks qui sont « encore/déjà » **très importants sur la baie de Saint Briec**. Ces stocks pourraient être de l'ordre de grandeur de ceux perçus en février 2023 et peut-être même de février 2019 (qui a engendré une des années les plus précoces sur ce site). Le même jour, Dinan Agglo observait la présence de petits tapis d'ectocarpales sur la baie de la Fresnaye (ce qui est bien en ligne avec l'absence d'algues vertes en 2023 et la présence de Pylaiella) et une absence d'algues vertes.

En revanche, le 15 février une prospection (coefficient 75 et moins bien centrée sur la BM) sur **Saint Michel en Grève n'a pas permis de mettre en évidence la présence d'ulve** (très rares fragments parmi un peu de goémon d'arrachage).



Le 28 février, des prospections de terrain ont pu se dérouler sur la baie de Saint Briec et de Saint Michel en Grève mais le vol, prévu le même jour n'a pu avoir lieu (plafond interdisant le survol). Ces prospections ont permis de confirmer la **forte présence d'ulves (petits fragments) sur la baie de Saint Briec et l'absence d'ulves sur la baie de Saint Michel en Grève**, utilisée comme « indicatrice de précocité de la prolifération régionale ».

Un survol, partiel des côtes, a **finalement pu avoir lieu le 8 mars dans de bonnes conditions**. De ce survol nous pouvons dire que seule la **baie de Saint Briec est concernée par des stocks d'ulves qui sont importants** (ordre de grandeur des années antérieures ayant engendrées des démarrages très précoces dans cette baie). La baie de la **Fresnaye est également concernée par des proliférations massives d'algues brunes filamenteuses** (Ectocarpales), ce qui a priori pourrait la protéger, au moins en partie du redémarrage, les premiers mois de la prolifération d'algues vertes. La présence de ces algues est encore une **confirmation de la forte reconduction des phénomènes sur cette baie**, concernée en 2023 uniquement par des proliférations d'Ectocarpales.

Le vol a permis de survoler aussi : la baie de la Forêt, la baie de Douarnenez, l'anse du Moulin Blanc, la baie de Guissény, du Dossen, de Locquirec, de Saint Michel en Grève, de Binic. Sur ces secteurs, **il n'a pas été possible de détecter la présence significative d'ulves et la prolifération n'y est donc pas attendue précoce**.

Ces premières indications semblent donc confirmer **un démarrage qui risque d'être précoce** (ou qui l'est déjà) **sur la baie de Saint Briec quand les autres sites sableux devraient être tardifs**. Les conditions sur la fin du mois de mars et le début avril peuvent encore moduler ces hypothèses : des conditions calmes et lumineuses pourraient rendre les démarrages plus précoces quand des conditions dispersives (houle) pourraient encore retarder le démarrage de la baie de Saint Briec (mais probablement de façon assez marginale).

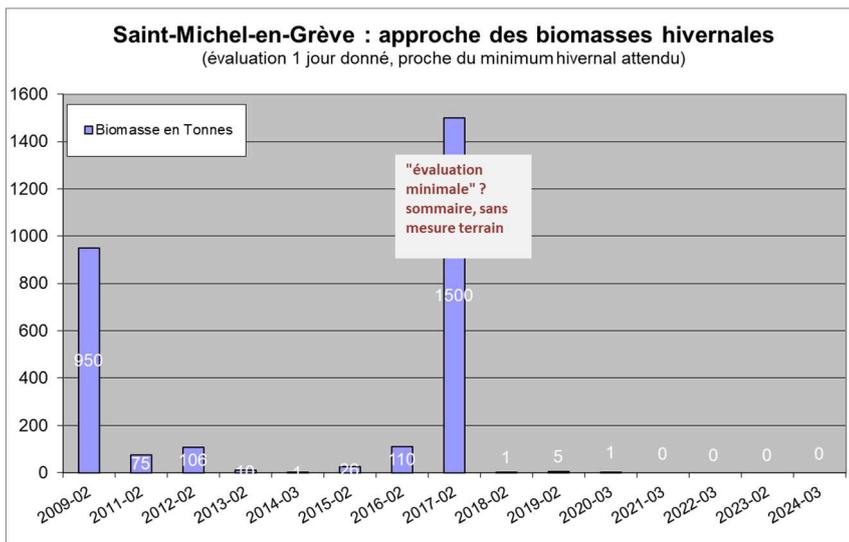


Figure 16 : estimation des biomasses en ulves sur la baie de Saint Michel en Grève utilisée comme « baie de référence » régionale pour la précocité.



2.5. Veille thématique internationale

2.5.1. Contexte et objectif

Cette veille thématique permet d'une part de suivre l'évolution du phénomène de prolifération des algues opportunistes en dehors de la région Bretagne et d'autre part de faire le point sur les avancées au niveau de la connaissance du phénomène, des moyens de lutte possibles et éventuellement des perspectives envisageables pour éliminer ou valoriser ces algues d'échouage.

Ce travail poursuit la veille engagée dans le cadre du programme Prolittoral depuis 2002 et concerne toutes les études internationales dont les résultats pourraient constituer un apport dans la compréhension des marées vertes bretonnes.

2.5.2. Matériel et méthodes

2.5.2.1. Veille documentaire

La veille documentaire a été principalement réalisée à travers la consultation des bases de données suivantes : Science Direct, Google Scholar et via les moteurs classiques de recherche en ligne.

Les mots clés suivants ont été employés (seul ou en combinaison) pour pouvoir avoir un résultat le plus exhaustif et pertinent possible : «green-tide», «golden tide», «bloom», «proliferation», «macroalgae», «seaweed», «Ulva», «Green algae», «Sargassum», «Solieria», «Asparagopsis», «Gracilaria».

La recherche documentaire a été effectuée sur la période du 1er janvier au 31 décembre 2023. Au total, 214 articles pertinents ont été retenus pour alimenter cette revue bibliographique.

2.5.2.2. Gestion et analyse de la base de données

Toutes les références bibliographiques ont été intégrées dans la base de données interne du CEVA hébergée sous CITAVI, logiciel spécifiquement dédié à l'organisation de la connaissance bibliographique.



2.5.3. Résultats

2.5.3.1. Description des Proliférations macroalgales

2.5.3.1.1. Télédétection

L'usage de la télédétection est répandu pour étudier les larges étendus des proliférations algales, notamment d'algues vertes (*Ulva prolifera*) et de Sargasses (*Sargassum* spp.) flottantes. De nombreux indices et techniques ont été développés ces dernières années avec une variabilité sur les résultats et interprétations, comme le décrivent (Hu et al. 2023a) qui ont passé en revue la majorité des publications sur la détection des algues vertes en mer de Chine, principalement à partir d'indices de végétation classiques. Ces auteurs proposent un guide méthodologique qui permettrait de cartographier les blooms d'algues de manière objective et reproductible selon 3 étapes : 1) utiliser un algorithme fiable pour détecter la présence/absence des pixels d'algues (les pixels non observables sont masqués), 2) quantifier la part sub-pixellaire occupée par les algues au sein de chaque pixel détecté (quelle que soit la résolution spatiale du capteur utilisé), 3) analyser les changements temporels selon le mouvement des nuages et des algues à partir de scénarios probables ou improbables (Figure 1). Ces étapes sont accompagnées de mesures d'incertitudes (Hu et al. 2023a).

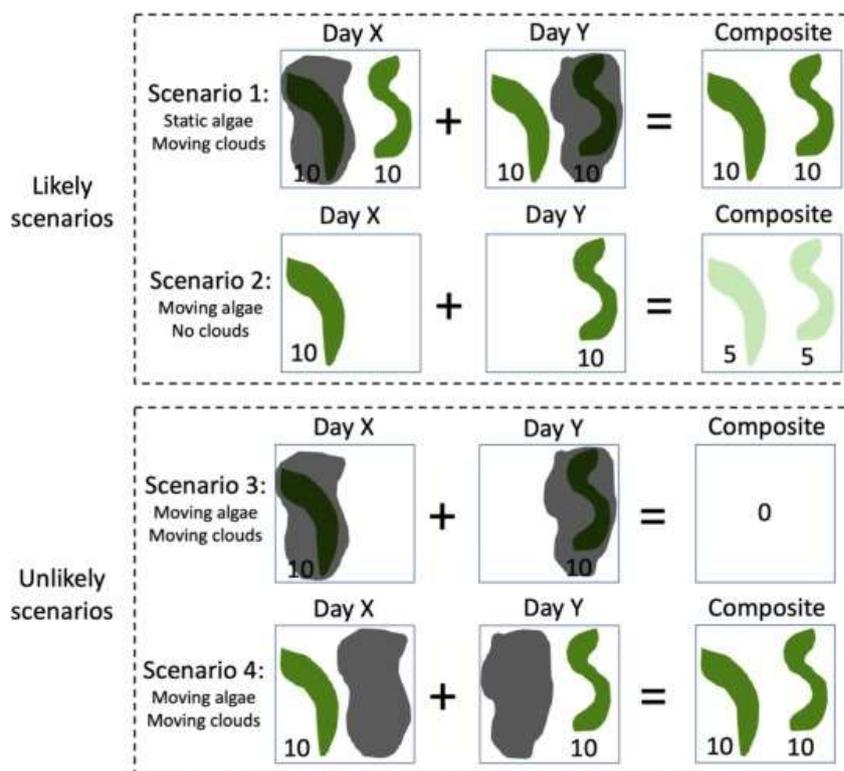


Figure 17. Analyse de séries temporelles d'images satellitaires pour évaluer les mouvements des algues et des nuages et améliorer l'estimation des surfaces des blooms d'algues vertes (Hu et al. 2023a).

En parallèle, une revue des algorithmes les plus utilisés au travers d'une soixantaine d'étude sur les 17 dernières années portant sur la détection des Sargasses a été réalisée par (Lazcano-Hernandez et al. 2023) qui mettent en avant une amélioration des méthodologies grâce à la synergie des sciences participatives et du développement des techniques Deep Learning et d'intelligence artificielle en plein essor dans le domaine de l'océanographie (Li und Wang 2023).



Parmi toutes les méthodologies employées, les indices de végétation classiques sont encore utilisés car ils sont aisément transposables aux différentes sources d'images qui existent. Les données optiques les plus utilisées sont MODIS, Sentinel-2, Landsat-8, Gaofen-1 ainsi que la récente constellation chinoise HaiYang-1 A/B et C/D appliquée à la couleur de l'eau et donc à la détection des algues (Liu et al. 2023a; Qi et al. 2023c). Un indice de végétation comme le NDVI, qui est un proxy de la biomasse algale (Tang et al. 2023b), peut donc être utilisé en multi-capteurs pour déterminer les aires d'origine des marées vertes (Xu et al. 2023c) ou permettre une validation des pixels détectés sur des images avec une résolution plus faible (*i.e.* MODIS) par des images à plus haute résolution (*i.e.* Sentinel-2) (Qi et al. 2023a; Li und Gao 2023). Cependant, (Tang et al. 2023a) ont mis en évidence des variations de quantification des marées vertes calculées à partir de ces indices selon l'angle de prise de vue des images satellites. Par ailleurs, le NDVI n'étant pas spécifique aux algues vertes, il peut également être utilisé sur d'autres espèces algales, comme c'est le cas des blooms de macroalgues brunes *Ectocarpus siliculosus* sur les côtes irlandaises (Haro et al. 2023).

Parmi les études qui utilisent des techniques plus complexes de machine/deep learning, les algorithmes les plus utilisés sont Random Forest et CNN et les modèles développés sont souvent adaptés de l'architecture Unet (VGGUNet, Algae Net, Res-Unet...). Les méthodologies développées permettent d'améliorer la détection des algues par rapport aux méthodes plus classiques (WANG et al. 2023), d'évaluer la couverture sub-pixellaire des algues (Wan et al. 2023) et de prendre en compte d'autres paramètres que les propriétés spectrales comme la texture ou l'effet de la colonne d'eau. Avec des images à très hautes résolutions spatiales (PlanetScope ou drone), Shang et al. (2023) distinguent les algues vertes flottantes par rapport aux biomasses déjà échouées et Xing et al. (2023) comparent des images satellites avec des acquisitions drone pour cartographier les ulves en lame échouées d'*Ulva pertusa*. L'extraction des surfaces algales peut également être améliorée dans des secteurs complexes comme en proche côtier ou pour prendre en compte les biais causés par les nuages ou leurs ombres en minimisant les seuils artificiels ou les paramètres à ajuster (Wu et al. 2023; Pan et al. 2023).

D'autres modèles, qui prennent aussi en compte les paramètres environnementaux, hydrodynamiques et météorologiques, permettent d'analyser la dérive des algues (Jiang et al. 2023b) et d'améliorer les prédictions des marées vertes avec 7 jours d'avance selon (Wang et al. 2023c) et 1 mois selon (Yauchi et al. 2023) en utilisant le big data environnemental. La plateforme Google Earth Engine est également largement utilisée pour l'analyse des données satellitaires couplées avec des données environnementales pour évaluer les paramètres déterminants lors de la période initiale (augmentation température et salinité), de la période de croissance (précipitations) (Men et al. 2023) et de la dissipation des algues (*e.g.* SST et PAR élevés, diminution phosphate) (Zheng et al. 2023; Xue et al. 2023; Yang et al. 2023a), phase pendant laquelle le relargage de carbone et d'azote peut favoriser l'apparition d'autres blooms (*i.e.* algues rouges).

La fusion des données optique et des données radar est aussi étudiée pour améliorer la détection des algues en sub-surface (Chowdhury et al. 2023; Le Gao et al. 2023; Lyu et al. 2023), cartographier la dynamique de prolifération indépendamment des conditions météorologiques (présence de nuages) (Li et al. 2023c) et améliorer la quantification des biomasses d'algues vertes (Tian et al. 2023) grâce aux différentes polarisations (Figure 18).

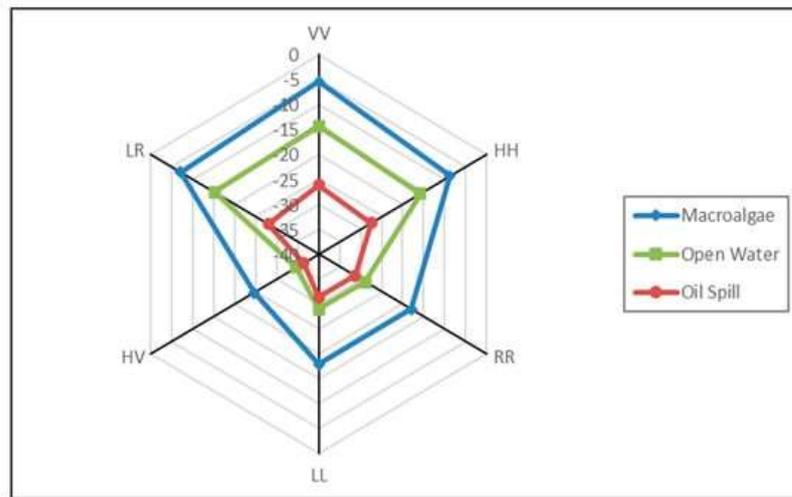


Figure 18. Comparaison des valeurs NRCS (Normalized Radar Cross Section) selon 6 polarisations pour les macroalgues, l'eau de mer et les marées noires.

Ces outils de télédétection sont également largement utilisés pour le suivi des proliférations de Sargasses (*Sargassum spp.*), dont les besoins en surveillance diffèrent selon les priorités de gestion et selon les catégories de populations interrogées (Figure 19) d'après La Barreda-Bautista et al. (2023) qui présentent différents services en fonction du besoin.

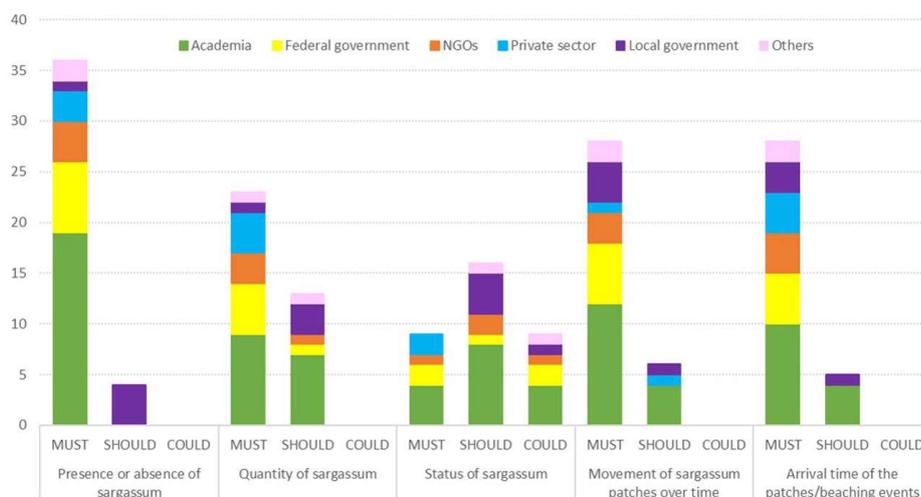


Figure 19. Priorités de la surveillance des Sargasses selon différentes catégories de populations (La Barreda-Bautista et al. 2023).

Ainsi, il est possible de détecter l'origine des Sargasses en mer de Chine (Qi et al. 2023b), y compris à partir de la réflectance au-dessus de l'atmosphère (Zhang et al. 2023a) et de localiser leurs échouages en décomposition sur les plages de la Mer des Caraïbes à partir de valeurs d'anomalies du NDVI sur des images Sentinel-2 (León-Pérez et al. 2023). La présence des nuages et la proximité du littoral est, comme pour les algues vertes, un challenge pour la détection des Sargasses (Hu et al. 2023b).

La science participative autour de la problématique des Sargasses s'est bien développée au cours des dernières années avec les retours des populations locales à travers des photos *in situ* géolocalisées des échouages. Ces photos peuvent être utilisées pour déterminer automatiquement la densité/couverture des dépôts de Sargasses (Figure 20) et ainsi améliorer les modèles de prédiction des échouages en fonction des données météorologiques (Putman et al. 2023).



Enfin, dans les secteurs où différentes proliférations algales peuvent survenir, des algorithmes sont spécifiquement développés pour discriminer les types d'algues de manière robuste en réduisant l'incertitude liée aux choix des seuils notamment pour discriminer les Ulves et les Sargasses (Yu et al. 2023a; Li et al. 2023f).



Figure 20. Traitement automatique d'une photo d'un échouage de Sargasses issue de la science participative afin de déterminer le taux de couverture des algues sur la plage.

2.5.3.1.2. Descriptions locales du phénomène des marées vertes

La plupart des travaux menés sur les marées vertes en 2023 concernent le continent asiatique qui concentre les plus grandes proliférations algales mondiales et 2 études décrivent les marées vertes sur le continent européen. En France, le CEVA a retracé les variations spatio-temporelles et saisonnières des échouages d'algues vertes (*Ulva* spp.) entre 2003 et 2020 au regard des conditions environnementales intra- et inter-annuelles. La surface cumulée de l'ensemble des échouages d'algues vertes représente en moyenne $2\,422 \pm 840$ ha par an dont environ la moitié (55 ± 12 %) pour la seule baie de Saint-Brieuc (Louis et al. 2023). Les facteurs déterminants la précocité de la croissance des ulves au printemps dépendent des conditions environnementales à l'automne précédent, notamment pour les baies faiblement exposées. En revanche, le stock résiduel en hiver, composé de fragments d'ulves, semble dépendre des flux de nutriments au cours de l'été. Les proliférations d'autres algues opportunistes (notamment *Ulvaria* spp. et *Pylaiella littoralis*) sont également suivies afin d'évaluer et comprendre les paramètres abiotiques responsables des évolutions de ces communautés.

Sur les côtes irlandaise, le projet MACRO-MAN (Macroalgal Management) vise à développer des méthodes innovantes de détection et de suivi de la qualité des eaux côtières et de définir des mesures de gestion des proliférations algales (Bermejo et al. 2024). Le traitement des images satellites (bien qu'affecté par la couverture nuageuse) à partir du NDVI, du Maximum Likelihood et du machine learning a permis de cartographier les surfaces et biomasses algales et de détecter les proliférations d'autres algues opportunistes (*Gracilaria vermiculophylla* et *Pylaiella littoralis*) (Figure 21). Enfin, des analyses des contenus azotés et phosphorés des algues montrent une limitation par le phosphore et la signature isotopique $\delta^{15}\text{N}$ indique que la source de ces nutriments est originaire de l'agriculture et des eaux usées urbaines.



Contrairement aux marées vertes en France, qui concernent des algues vertes en lame qui s'échouent sur l'estran et des marées vertes en Irlande qui décrivent des algues vertes filamenteuses qui se développent sur des vasières, la plupart des marées vertes en Asie concernent des algues vertes filamenteuses qui forment des radeaux à la surface de l'eau. Ce phénomène est désormais largement étudié dans la littérature depuis la première occurrence en 2007, mais les causes et conséquences sont toujours explorées. Ces marées vertes en Mer Jaune de Chine sont les plus importantes du globe avec une période de prolifération intense qui dure en moyenne 3 mois (Wan 2023) et déclenchée principalement par l'ensoleillement, l'augmentation de la température de surface de l'eau et l'apport en nutriments des cours d'eau et des eaux sous-terraines (Choi et al. 2023b).

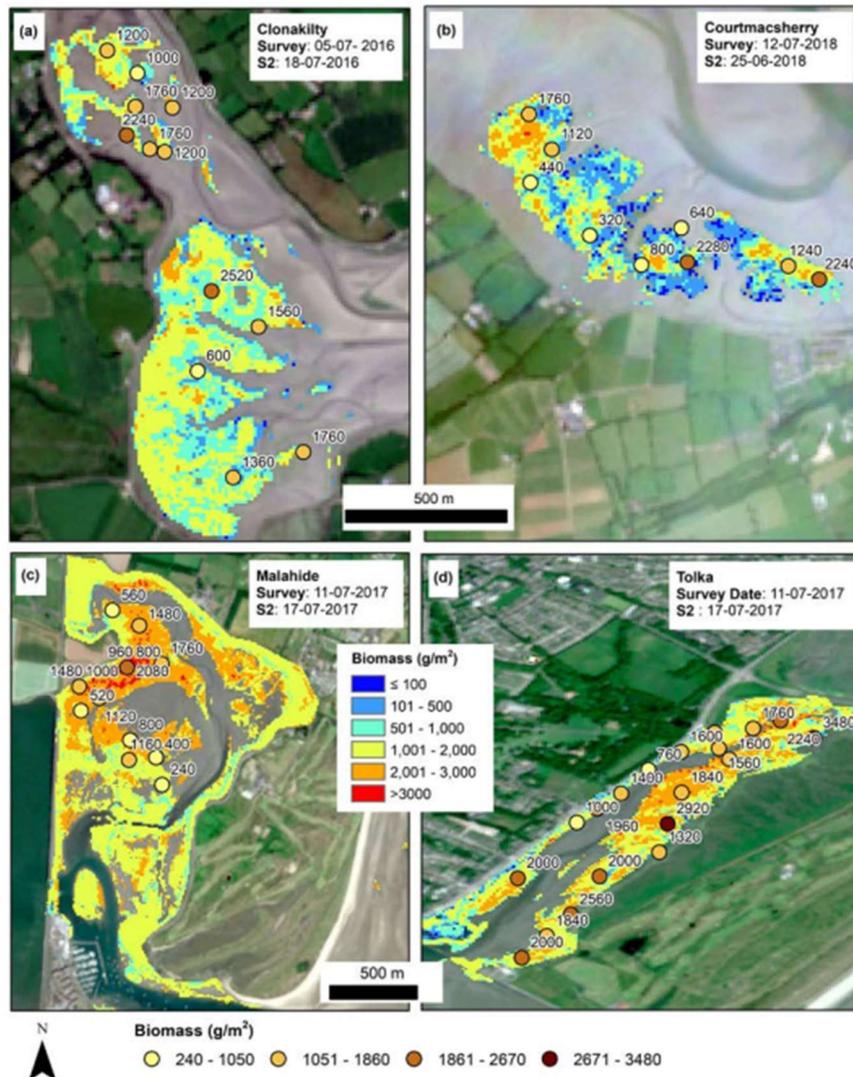


Figure 21. Distribution spatiale des biomasses d'algues vertes pour 4 estuaires en Irlande à partir d'images Sentinel-2

Les origines des populations algales qui forment ces blooms proviennent des micro-propagules en latence dans le sédiment (Cao et al. 2023a; Li et al. 2023h), et des individus fixés sur les structures aquacoles ou sur les digues (Xia et al. 2023b) qui fournissent un support de fixation favorable au développement des ulves avec une dizaine de morphotypes/espèces différents, dont les abondances varient selon le type de support (Figure 22). L'espèce *U. prolifera*, qui a la possibilité de s'hybrider avec *U. linza*, présente d'ailleurs une morphologie différente entre sa forme fixée (diversité plus élevée) et sa forme flottante (diversité plus faible et de forme multibranches) (Xia et al. 2023b; Huan et al. 2023).



Figure 22. Caractéristiques morphologiques des différentes espèces observées : *U. prolifera* flottante (A); *5S-II U. prolifera* fixée (B); *Ulva linza* (C); *Ulva simplex* (D); *Ulva aragoensis* (E); *Ulva flexuosa* (F); *Ulva australis* (G); *Ulva torta* (H); and *Ulva meridionalis* (I).

Des spécificités locales peuvent être observées en termes de diversité, comme dans le port de Binhai qui présente 6 espèces (*Ulva prolifera*, *Ulva meridionalis*, *Ulva linza*, *Ulva flexuosa*, *Ulva californica*, and *Ulva intestinalis*), dont la première description de *U. californica* qui est habituellement observée dans l'est du Pacifique (Xia et al. 2023d), ou en termes d'évolution interannuelle des biomasses (Li et al. 2023h; Cao et al. 2023b). Les facteurs météorologiques et hydrodynamiques jouent ensuite un rôle important dans l'ampleur de la dérive de ces algues flottantes mais dont l'analyse fine peut permettre d'anticiper les blooms et définir des mesures de gestion (Ji et al. 2023), notamment en identifiant les couloirs de passages privilégiés pour l'interception des algues (Wang et al. 2023d). Cependant, les structures anthropiques peuvent modifier localement la circulation des courants et influencer la prolifération et le déplacement des algues vertes (Zeng et al. 2023).

Ces blooms de macroalgues engendrent des dégradations écologiques, économiques et de sécurité (e.g. activité de pompage des centrales nucléaires pour le refroidissement des réacteurs (Yan ZHANG et al. 2023)), mais les populations locales sont désormais prêtes à payer pour la gestion de ces catastrophes (Xu et al. 2023f). Dans certains cas comme en Inde, les biomasses d'*U. lactuca* qui prolifèrent sont valorisées dans l'industrie car elles sont riches en nutriments et présentent une faible concentration en métaux lourds (Peter et al. 2024).

Enfin, au cours des dernières décennies, la Chine voit une augmentation globale des HAB (Harmful Algal Blooms) en termes de nombre d'évènements, de nombre d'espèces, de couverture et d'impacts sur l'écosystème (Yu et al. 2023c). Ces HAB incluent autant des blooms de macroalgues comme les actuelles marées vertes causées par *U. prolifera* ou les marées dorées par *Sargassum horneri*, que des microalgues



avec des proliférations chroniques des espèces *Prorocentrum donghaiense*, *Karenia mikimotoi*, *Gymnodinium catenatum*, *Aureococcus anophagefferens*, *Phaeocystis globosa*. Parmi ces espèces de microalgues, certaines sont reconnues comme toxiques et peuvent engendrer des maladies sur des poissons ou sur les populations humaines, c'est le cas des espèces *P. donghaiense*, *K. mikimotoi*, *Azadinium spp.*, *Karlodinium zhouanum*, *Karlodinium digitatum*, *K. elegans*, *Karenia sp.*, *Takayama xiamenensis* et *Pseudocochlodinium profundisulcus*.

2.5.3.1.3. Descriptions locales d'autres proliférations macroalgales

La majorité des publications scientifiques, portant sur la prolifération d'autres types de macroalgues que les algues vertes (*Ulva spp.*), traite des Sargasses dans la mer des Caraïbes, avec une augmentation de l'activité de recherche ces 10 dernières années (Arita et al. 2023) ou en mer de Chine. Dans les Caraïbes, ce sont les espèces *Sargassum natans* et *S. fluitans* qui sont observées, avec des variations de morphotypes liés à des origines différentes selon la saison et les conditions météorologiques et océanographiques (Alleyne et al. 2023a; Torres-Conde et al. 2023), tandis que l'espèce *S. horneri* est décrite en mer de Chine avec 2 origines géographiques distinctes (Qi et al. 2023b).

L'ampleur des proliférations de Sargasses est suivie généralement par télédétection chaque année pour évaluer les variations de surfaces, leur dérive et les zones d'origine de ces algues qui peuvent apparaître dès l'automne précédent pour se développer au printemps suivant et décliner au début de l'été (Wang et al. 2023e). Elles semblent proliférer dans des eaux aux températures entre 10 et 16°C car les hautes températures, à partir de 25 °C, engendrent un état de stress qui limite l'expression de gènes impliqués dans le système photosynthétique (Dai et al. 2024). L'exposition aux UV a également un impact sur l'activité photosynthétique mais les Sargasses ont i) des mécanismes de photoprotection efficaces, qui permettent de rapidement restaurer leur activité de photosynthèse (Xu et al. 2023e), ii) une capacité d'adaptation aux fortes irradiations (Vásquez-Elizondo et al. 2023) et iii) une résistance aux UV plus importante dans les eaux eutrophisées chargées en azote (Xu et al. 2023d). La dynamique des proliférations pourrait donc varier dans les prochaines années en raison du changement climatique et de l'augmentation de la température de l'eau, notamment en hiver dans certains secteurs (Choi et al. 2023a).

Ces proliférations de Sargasses engendrent des changements sur l'écosystème au cours de leur dérive à la surface de l'eau. Les biomasses algales flottantes hébergent en effet des communautés faunistiques et floristiques associées dont par exemple 13 espèces de poissons (Alleyne et al. 2023b), 28 épizoaires dont plusieurs crustacées (Xia et al. 2023a) ainsi que des algues vertes et Phéophycées (dont *Proselachista taeniiformis*) épiphytes ou non épiphytes (Liu et al. 2023c). En s'échouant sur les côtes, ces algues entraînent dégâts écologiques (e.g. source supplémentaire de microplastiques (Jocelyn et al. 2023)), sanitaires à cause de leur décomposition (Chandler et al. 2023) et économiques. En effet, sur les côtes caribéennes, les populations locales touchées doivent mettre en place des solutions de gestion et de nettoyage lourdes et coûteuses estimées à environ 70 000 \$US par mois sur la saison d'échouage (Rodríguez-Martínez et al. 2023). La valorisation de ces importantes biomasses algales serait une opportunité d'atténuer les dommages économiques (Alleyne 2023), mais les contraintes inhérentes à la gestion des Sargasses (e.g. approvisionnement imprévisible, manque de connaissance sur les propriétés biologiques et chimiques, gestion de la récolte, stockage et transport ...) compliquent son traitement et notamment en raison des teneurs relativement élevées en arsenic inorganique (forme plus toxique que l'arsenic organique) estimées entre 14 et 82 % de l'arsenic total de l'algue (Ortega-Flores et al. 2023). En outre, les Sargasses peuvent aussi jouer un rôle de puits de carbone et la bonne gestion de ces algues pourrait offrir une situation gagnant-gagnant favorisant la restauration environnementale (Zhao et al. 2023a).

D'autre part, dans le domaine des marées brunes, (Haro et al. 2023) ont étudié les blooms d'*Ectocarpus siliculosus* à partir d'images satellites Sentinel-2 le long des côtes est de l'Irlande (dans la région de la baie



de Dublin) fréquemment impactées par ce type de prolifération depuis les années 90. Des mesures hyperspectrales *in situ* et l'utilisation des images satellites entre 2016 et 2022 ont permis de modéliser la dynamique spatio-temporelle de ces blooms en fonction des conditions environnementales. Le signal spectral varie énormément entre des algues fraîches dans la colonne d'eau ou les algues échouées sur la plage (Figure 23).

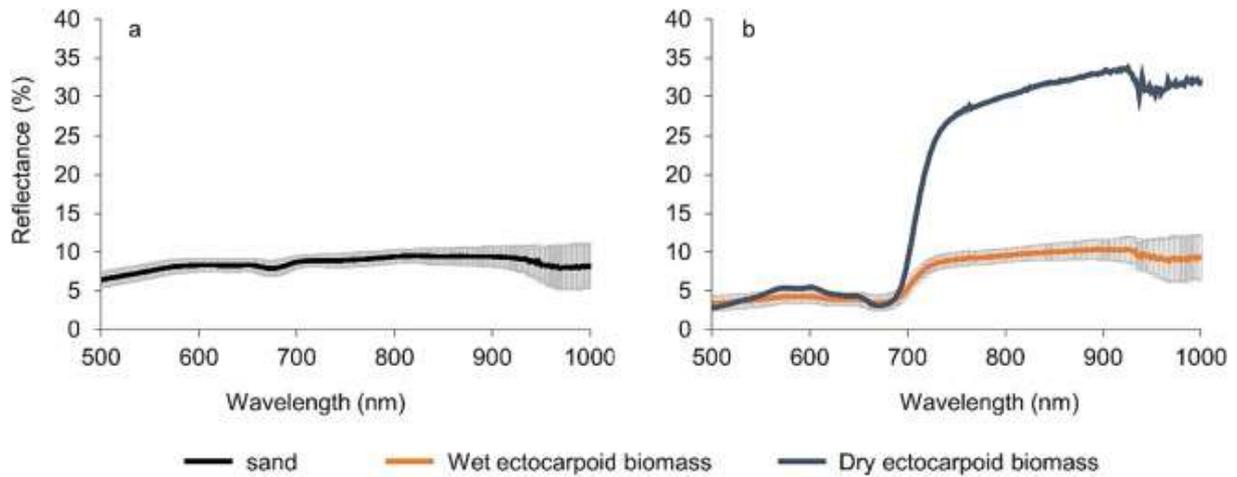


Figure 23. Signatures spectrales des algues brunes (*Ectocarpales*) selon différentes conditions.

Les résultats montrent que 28 % de la couverture algale et des valeurs de NDVI sont corrélées avec la radiance quotidienne moyenne, 38 % avec la température maximale quotidienne moyenne et la direction du vent et que les apports nutritifs hivernaux des cours d'eau contribuent aux biomasses observées (Figure 24).

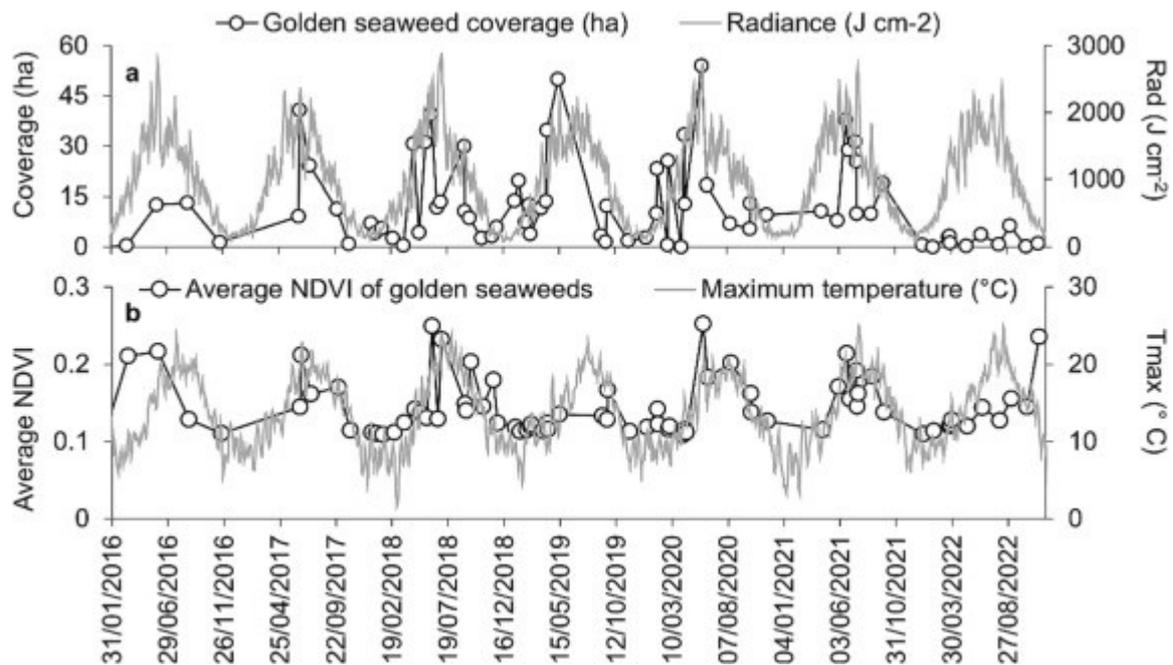


Figure 24. Variations saisonnières de la couverture des *Ectocarpales* entre 2016 et 2022 en fonction des paramètres environnementaux (irradiance quotidienne moyenne en $J.cm^{-2}$ et température maximum quotidienne moyenne en $^{\circ}C$).

Enfin, en plus des ulves, d'autres espèces invasives de macroalgues (*Rugulopteryx okamurae* et *Asparagopsis armata*) ont été étudiées par (Herrero et al. 2023) sur les côtes sud du Portugal (région de



l'Algarve). Des enquêtes à travers la science participative ont été menées entre 2021 et 2023 pour évaluer l'étendue des échouages et blooms afin de les corrélés aux facteurs abiotiques (température de surface de l'eau de mer, vitesse et direction du vent, courants, niveau marin, hauteur des vagues, salinité, précipitation, radiation et concentration en nitrate, phosphate et ammonium). Les analyses statistiques par RDA et PERMANOVA montrent que les niveaux d'échouages de *R. okamurae* ont été supérieurs aux échouages d'algues vertes et dépendent principalement de la force des vagues, de la température de surface et de la salinité. L'accumulation des ulves est aussi liée à la température de surface et la salinité mais plutôt sur la période printemps-été, tandis que les biomasses d'*A. armata* sont corrélées avec les vents parallèles à la côtes (NW-W) dans cette région.

2.5.3.2. Impacts des proliférations

Chaque année, les causes et conséquences directes ou indirectes de la prolifération des algues et notamment des algues vertes, sont étudiées en fonction des variations inter-annuelles des conditions environnementales (Wan 2023). Les impacts causés par ces blooms sur les compartiments biotiques et abiotiques peuvent aussi être amplifiés par les déchets algaux produits par la production elle-même d'algues cultivées à grande échelle qui a atteint 34,7 millions de tonnes en 2019 (Luo et al. 2023). Les impacts peuvent se faire à différentes échelles et sur différents compartiments de l'écosystème.

2.5.3.2.1. Sur les organismes et les populations sauvages

La dynamique des proliférations d'algues vertes s'accompagne d'une évolution des communautés microbiennes inhérentes à ces algues (bactéries et virus), en fonction des processus stochastiques, qui peuvent jouer un rôle dans l'utilisation des nutriments et dans la biodégradation de la biomasse algale. Des compositions différentes ont été observées selon les étapes de la prolifération et entre les communautés phycosphériques ou épiphytes (Qu et al. 2023; Du et al. 2023).

D'autre part, des interactions de compétition existent entre les macroalgues vertes et des microalgues pour leur développement dans la colonne d'eau. La microalgues *Alexandrium tamarense* peut par exemple inhiber les gamètes d'*Ulva prolifera* lors du 1^{er} stage de développement, tandis qu'*U. prolifera* après germination est capable d'inhiber la croissance de cette microalgue de 19 à 100 % (Liu et al. 2023b).

Enfin, (Shi et al. 2023) et (Xu et al. 2023a) ont étudié les conséquences de la prolifération des algues vertes sur les populations de Flets japonais (*Paralichthys olivaceus*). Les résultats indiquent qu'une exposition à des effluents d'algues en décomposition sur une courte durée endommage le foie, la rate et les reins des juvéniles et que de nombreux gènes liés aux voies métaboliques ou au système immunitaire sont exprimés de manière différentielle. La réponse inflammatoire et le taux de survie sont également réduits en cas de stress face à une prolifération d'algues.

2.5.3.2.2. Sur le milieu abiotique

Les marées vertes peuvent avoir des impacts directs et indirects sur l'environnement. La dissipation des grandes quantités de biomasses algales peut affecter la qualité de l'eau, notamment en surface avec des changements de pH et des concentrations en oxygène, nutriments (azote et phosphore), chlorophylle a et matières en suspension (Zheng et al. 2023). L'apport de carbone et d'azote lors de la dégradation des algues peut également favoriser l'apparition de blooms de phytoplancton et provoquer des marées rouges.

Cependant, la forte production algale peut également représenter une voie de séquestration à long terme du carbone. En effet, une grande partie du carbone organique libérée lors de la dégradation des algues est rapidement dégradée par l'activité microbienne (Li et al. 2023e; Li et al. 2023d) (Figure 25). La transformation en carbone organique ou inorganique dissous par les micro-organismes s'accompagne



d'une augmentation de l'alcalinité de l'eau de mer (TAlk), par réduction des sulfates et/ou dénitrification, dans les zones de fortes densités d'algues évitant ainsi l'émission de carbone dans l'atmosphère (Xiong et al. 2023).

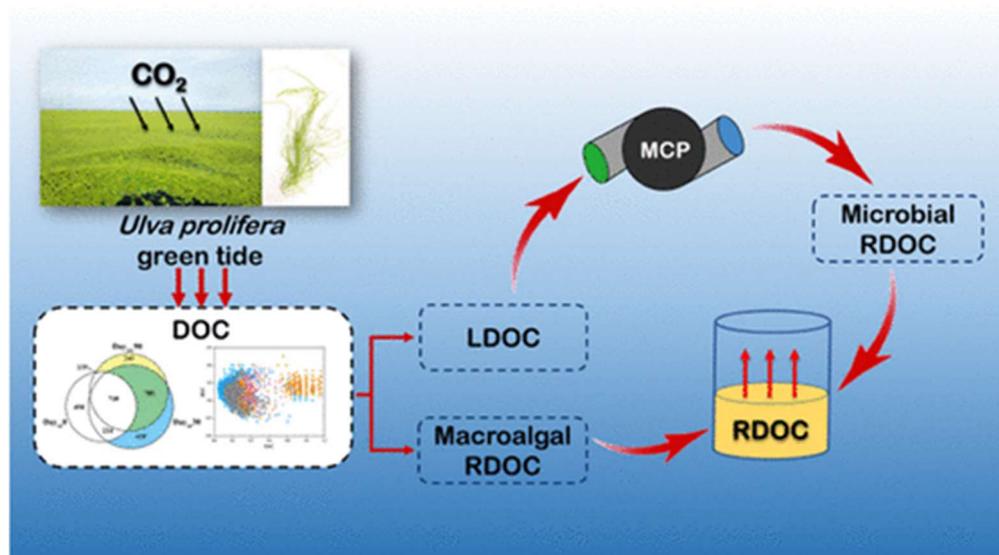


Figure 25. Représentation schématique de la séquestration du carbone à long liée à la prolifération des algues vertes.

2.5.3.2.3. Sur les activités humaines

Il a déjà été démontré dans la littérature l'impact néfaste des proliférations de macroalgues sur les activités de pêche et d'aquaculture. Ainsi, Lane-Medeiros et al. (2023) ont utilisé le modèle EWE (Ecopath With Ecosim) pour quantifier les flux d'énergie dans la chaîne trophique afin de comparer 2 sites de pêche artisanale au Brésil, l'un impacté par des blooms de macroalgues et l'autre non. L'étude montre que l'activité de pêche n'a pas d'influence sur les proliférations algales qui sont contrôlées par les concentrations en nutriments dans ces milieux eutrophisés. A l'inverse, les blooms de macroalgues modifient le fonctionnement de l'écosystème car la biomasse algale est très peu consommée par les organismes hétérotrophes et l'excédent, tel un déchet, s'échoue sur les plages provoquant une diminution des biomasses de crevettes et poissons d'intérêts économiques.

D'autres études ont montré des impacts sur les activités de pompage des centrales nucléaires pour le refroidissement des réacteurs, autant causés par des blooms de macroalgues vertes que des blooms de microalgues et notamment *Phaeocystis globosa* qui secrète un épais mucilage (Yan ZHANG et al. 2023; Yu et al. 2023c).

2.5.3.3. Changement climatique et proliférations macroalgales

Segaran et al. (2023) ont réalisé une revue bibliographique concernant l'impact du changement climatique sur les macroalgues, algues proliférantes incluses. L'étude propose une vue d'ensemble des recherches actuelles et des perspectives d'étude à suivre pour arriver à une meilleure compréhension des interactions entre le changement climatique et les macroalgues.

Plusieurs études ont évalué l'impact de l'acidification, de l'eutrophisation, de la désoxygénation, de la lumière et de l'augmentation de la température sur la physiologie (croissance, assimilation en nutriments



et processus photosynthétiques) d'*Ulva* spp. au moyen d'expérimentations écophysiologicals en conditions contrôlées de laboratoire :

- Bermejo et al. (2023) montrent que la croissance d'*U. lacinulata*, une des deux principales espèces formant les marées vertes dans les zones estuariennes irlandaises, est favorisée par l'augmentation de la température ; *a contrario* de la seconde espèce, *U. compressa*. Les auteurs suggèrent que le réchauffement global des eaux irlandaises (4°C en 2100 en Irlande selon l'IPCC¹) engendrera probablement une prolifération plus précoce d'*U. lacinulata*, ce qui s'accompagnera d'une augmentation des biomasses algales produites chaque année dans cette région du monde.
- Cai et al. (2023) démontrent que l'acidification du milieu inhibe la croissance d'*U. prolifera* lorsque les concentrations en nutriments dans le milieu sont élevées. Les résultats suggèrent que les proliférations de cette algue verte en Chine pourraient être favorisées jusqu'à un certain seuil d'acidification dans le futur.
- Huang et al. (2023b) montrent un effet synergique et positif de l'acidification, de la désoxygénation et de l'appauvrissement en phosphore sur la croissance d'*U. prolifera*. Dotée d'une forte capacité d'adaptation, cette espèce sera probablement capable de maintenir une croissance importante dans ces conditions futures.
- Selon Reidenbach et al. (2023), l'acidification de l'eau de mer et l'eutrophisation favoriseraient la croissance d'*U. lactuca* à court terme (quelques jours) mais l'acidification aurait néanmoins un effet négatif sur le long terme.
- Narrain et al. (2023) mettent en évidence une forte capacité d'adaptation d'*U. lactuca* aux changements de conditions lumineuses et une réponse négative de ces capacités photosynthétiques à l'augmentation de la température de l'eau de mer.

L'impact du changement climatique sur les proliférations de sargasses holopélagiques a aussi fait l'objet de deux articles. Marsh et al. (2023) ciblent plus précisément le réchauffement de l'eau de mer dans l'ouest de l'Atlantique, où se situe la récurrente « Great Atlantic Sargassum Belt ». Dans cette région, la température des eaux de surfaces devrait augmenter de 28-29 °C à 30-31°C de 2015 à 2050 au cours des mois de juillet, août et septembre, ce qui pourrait favoriser le maintien des populations de sargasses. L'étude *in vitro* de Magaña-Gallegos et al. (2023) suggèrent néanmoins qu'à partir d'une température de 31°C, les taux de croissance des trois génotypes dominant les blooms de sargasses (i.e. *S. fluitans* III, *S. natans* I, et *S. natans*) diminueraient, même si une variabilité interspécifique des réponses a été observée.

2.5.3.4. Facteurs contribuant au développement des marées vertes

2.5.3.4.1. Facteurs anthropiques

L'eutrophisation côtière associée aux apports anthropiques en nutriments ainsi que les conditions hydrodynamiques (conditionnant le transport des algues et la rétention des nutriments) ont été identifiées comme les principales causes des marées vertes en mer Jaune et mer de Bohai (Kuang et al. 2023; Lee et al. 2023b; Wan 2023; Zeng et al. 2023). Sur l'île Jeju (en Corée), l'eutrophisation des baies de Bangdu et Ihotewoo est principalement causée par les effluents des fermes aquacoles à terre, et les rejets d'eaux souterraines sous-marines (Choi et al. 2023b; Lee et al. 2023b). La construction d'une digue en baie de Bangdu et d'îles artificielles sur le littoral de Qinhuangdao a eu pour conséquence d'augmenter le temps de résidence des éléments nutritifs dans la zone et de limiter leur diffusion (Zeng et al. 2023; Lee et al. 2023b).

¹ Intergovernmental Panel on Climate Change



Ai et al. (2023) mettent en évidence une corrélation positive entre l'augmentation des surfaces occupées par les structures de culture en mer et l'intensité des marées vertes associées à *U. prolifera* dans la baie de Haizhou. En plus des radeaux de culture de *Neopyropia* en mer, les bassins d'aquaculture à terre et les rivières de Jiangsu pourraient être des sources potentielles des marées vertes, plusieurs espèces d'ulves ayant été détectées dans ces milieux (Li et al. 2023g).

2.5.3.4.2. Facteurs environnementaux abiotiques

En plus de l'eutrophisation du milieu, les conditions hydrodynamiques jouent un rôle majeur dans le développement des marées vertes en mer Jaune, en limitant la diffusion et la dilution des nutriments apportées au milieu (Wan 2023). Xue et al. (2023) mettent également en évidence l'effet combiné de la température de l'eau, de la luminosité, des précipitations et de la vitesse du vent sur le développement des algues vertes en mer Jaune. De plus, (Xia et al. 2023c) ont mis en évidence l'effet des conditions environnementales sur le décrochage des algues vertes fixées *Ulva meridionalis*, sans lien avec la température de l'eau, le pH ou la salinité.

Wang et al. (2023a) ont mis en évidence l'importance de la remise en suspension du sédiment en tant que sources de phosphore inorganique dissous au niveau de Subei Shoal. Les résultats décrivent une variation (1) spatiale des concentrations de phosphore inorganique dissous avec des niveaux plus élevés observés dans les zones où la granulométrie du sédiment est plus fine, et où les processus de remise en suspension sont plus fréquents ; et (2) saisonnière, liées aux conditions météorologiques et aux activités humaines.

2.5.3.4.3. Facteurs biotiques

Une revue examine l'importance des interactions bactéries-algues dans la croissance et le développement des algues vertes du genre *Ulva* (Wichard 2023). Ces interactions peuvent être bénéfiques, en favorisant la croissance et en améliorant la résistance aux stress environnementaux, ou bien néfastes, entraînant des effets pathogènes ou en inhibant la croissance de l'algue. L'article met par ailleurs en lumière le potentiel d'utilisation des micro-organismes pour la culture des algues, dans le but d'améliorer les rendements, contrôler les maladies et augmenter la qualité des récoltes.

2.5.3.4.4. Métabolismes

Afin de comprendre la dominance d'*U. prolifera* sur les espèces *U. australis* et *Bryopsis plumosa* dans la composition des marées vertes de Qinhuangdao, Han et al. (2023a) ont caractérisé les capacités de croissance et d'absorption en nutriment des trois espèces à partir d'une expérimentation en conditions contrôlées de laboratoire. Ils montrent que la température optimale de croissance varie en fonction des espèces : 10°C pour *U. australis*, 15°C pour *B. plumosa* et 20-25 °C pour *U. prolifera*. Les successions d'espèces observées au cours de la saison seraient induites par les variations de température. *U. prolifera* aurait un avantage compétitif sur les deux autres espèces en termes de vitesses de croissance et de vitesses d'absorption en nutriments, expliquant sa dominance sur les biomasses d'algues vertes produites à Qinhuangdao au cours de la saison. Chen et al. (2023) ont montré que les conditions nutritives enrichies en nitrates avaient plus d'impact sur la croissance, l'activité de photosynthèse et le contenu en chlorophylle a, sucres et protéines d'*U. prolifera* que les variations de température auxquelles est soumise l'algue sur un cycle de 24h. Les variations de température entre la période diurne et nocturne permettent néanmoins d'améliorer ses performances physiologiques ; la différence la plus favorable étant comprise entre 4-6°C (Qie et al. 2023). Les forts niveaux de concentration en nutriments améliorent par ailleurs la tolérance d'*U. prolifera* aux variations de salinité (Bao et al. 2023). La croissance de cette espèce peut être diminuée par de forts niveaux de salinité (Bao et al. 2023), même si elle possède des mécanismes physiologiques et moléculaires lui permettant de s'adapter aux variations de ce paramètre : Zhuo et al. (2023) ont montré



que le stress salin stimulait l'expression des protéines associées aux mécanismes de résistance (*e.g.* choc thermique, antioxydant) et celle des gènes associés aux mécanismes de photosynthèse et de fixation de carbone.

En mer Jaune, les algues dérivantes *U. prolifera* sont transportées sur de longues distances, et sont confrontées à des variations de température et de niveaux en nutriments. Yang et al. (2023b) ont mis en évidence, à partir d'une approche multi-omique (*i.e.* génomique, transcriptomique, protéomique et métabolomique) trois phases de transport associées à des niveaux nutritifs distincts et caractérisées par des mécanismes physiologiques et moléculaires différents. Ils montrent notamment que de la phase 2 à 3 du transport, *U. prolifera* s'adapte aux stress environnementaux en augmentant sa contenance en lipides et en produisant des métabolites secondaires.

Les mécanismes de concentration en CO₂ (CCM) chez *Ulva* sp. ont fait l'objet d'une revue des connaissances (Sun et al. 2023). L'article met en évidence la diversité des mécanismes de CCM (Figure 26) et suggère que cette diversité pourrait être liée à la capacité de l'espèce à s'adapter à une variété d'environnements et de conditions de croissance.

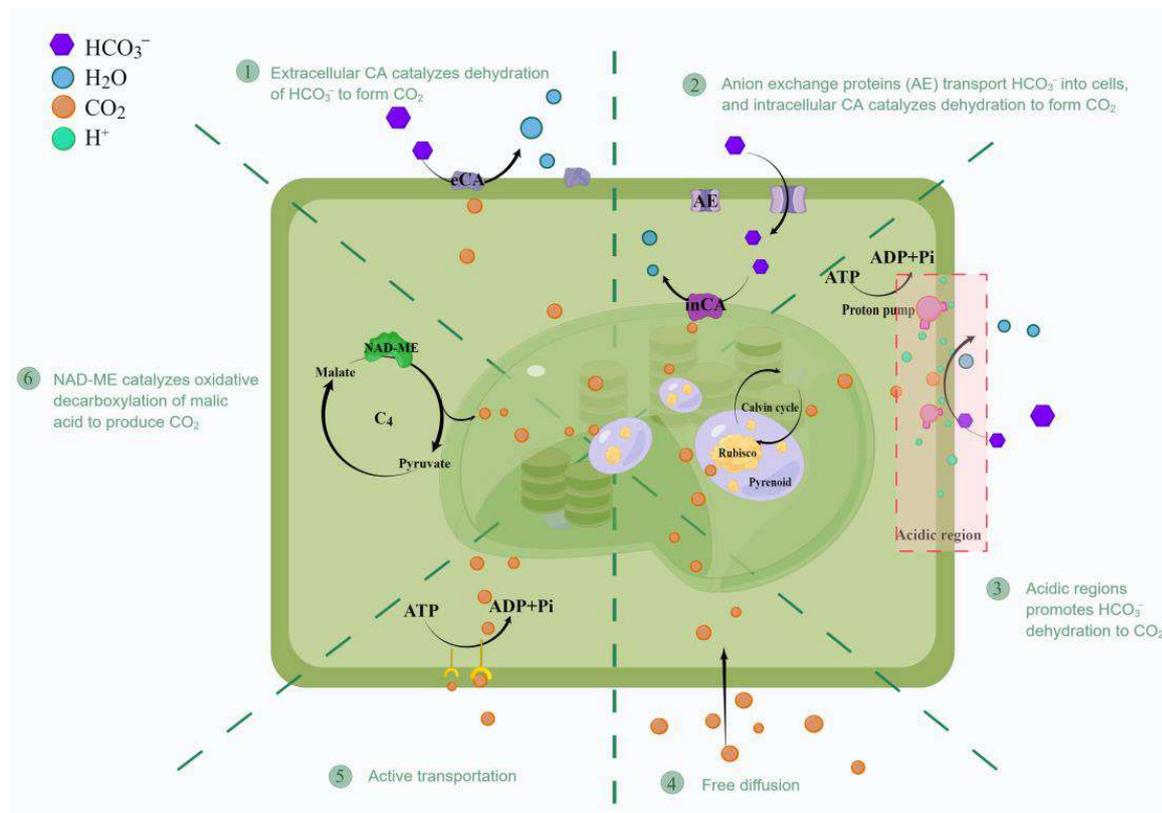


Figure 26. Les différents mécanismes de concentration en CO₂ (Sun et al. 2023).

Van Alstyne et al. (2023) ont démontré qu'*U. fenestrata* était capable de percevoir les signaux chimiques aériens, tels que le sulfure de diméthyle (DMS), qui est un métabolite volatil anti-herbivore et anti-oxydant émis par les algues quand elles sont physiologiquement stressées (*e.g.* broutage, dessiccation). Ils montrent que l'exposition d'*Ulva fenestrata* à des niveaux élevés de DMS dans l'air stimule sa production de diméthylsulfoniopropionate (DMSP), qui est un composé organosulfuré présent dans de nombreuses algues et autres organismes marins, jouant un rôle important dans la régulation du stress osmotique, la protection contre les dommages oxydatifs et la communication chimique avec d'autres organismes.

2.5.3.4.5. Reproduction et cycles biologiques

Trois études ont examiné les cycles biologiques d'*U. prolifera* en mer Jaune.

Han et al. (2023b) ont suivi l'évolution des micropropagules dans les eaux côtières de Rudong, Lianyungang, et Qingdao sur la période hivernale. Les micropropagules étaient principalement associées à *U. prolifera*, *U. flexuosa* et *U. linza* de janvier à mars. À partir d'une expérimentation en conditions contrôlées de laboratoire, ils montrent que la germination des micropropagules (spores ou gamètes) d'*U. prolifera* est inhibée à des températures inférieures à 5°C. Néanmoins, à ces faibles températures (2-5°C), elles peuvent survivre plusieurs mois à de faibles intensités lumineuses (0-30 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) et moins d'un mois à des intensités lumineuses excédant 30 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

Huang et al. (2023a) ont démontré qu'*U. prolifera* produisait des cellules reproductrices à partir de cellules somatiques de jeunes thalles, qui représenteraient en conséquence également une source de dissémination du phénomène de marée verte en mer Jaune.

Zhao et al. (2023c) ont documenté l'évolution de la morphologie et des propriétés physiologiques de gamétophytes d'*U. prolifera* au cours de 30 jours d'incubation (Figure 11 et Figure 12). L'étude révèle des différences significatives de croissance, capacité photosynthétique et contenu en pigments entre les gamétophytes d'âges différents. Elle confirme par ailleurs que les gamétophytes d'*U. prolifera* sont capables de former un nouvel individu par parthénogénèse.



Figure 27. Evolution de la morphologie des gamétophytes d'*U. prolifera* de 0 (A) à 8 jours (R) (Zhao et al. 2023).

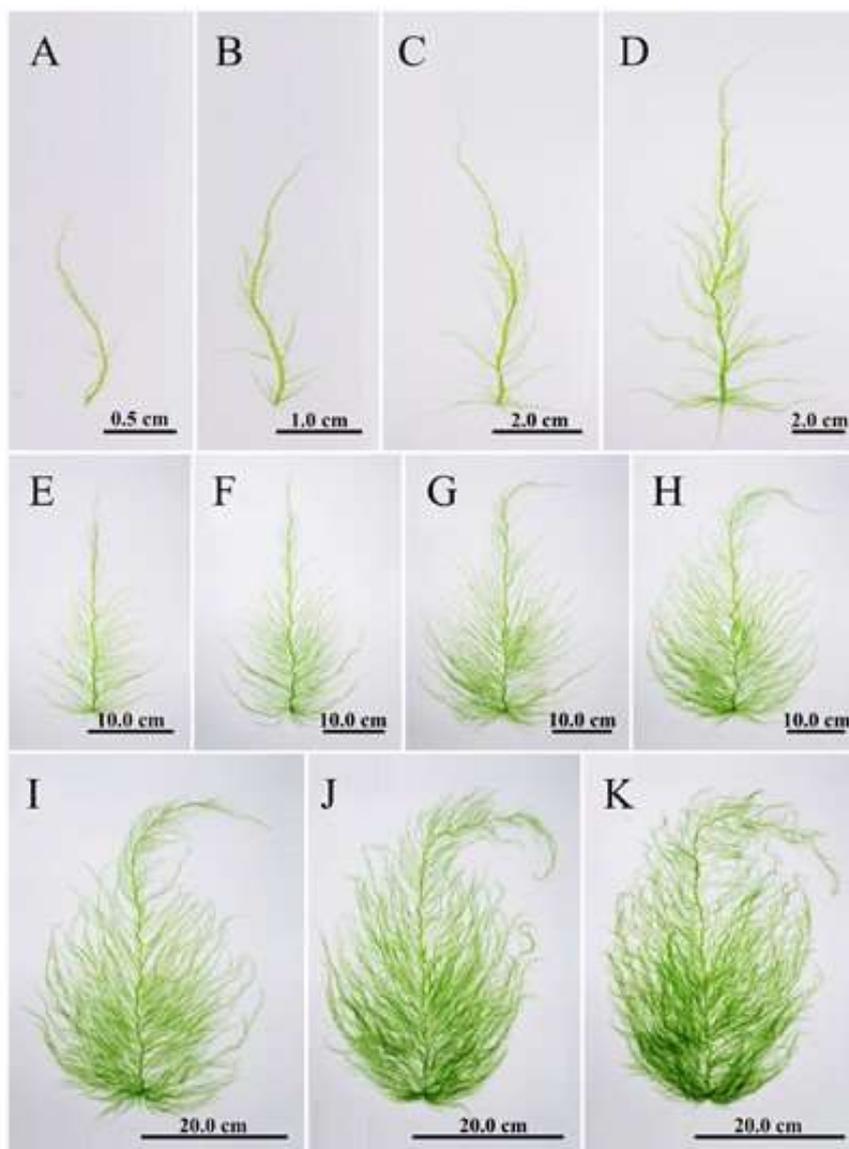


Figure 28. Evolution de la morphologie des gamétophytes d'*U. prolifera* de 10 (A) à 30 jours (K) (Zhao et al. 2023).

2.5.3.5. Facteurs limitants le développement des marées vertes

2.5.3.5.1. Facteurs abiotiques

Certains paramètres environnementaux peuvent, lorsqu'ils dépassent certains seuils, être défavorables pour la croissance et la survie des algues vertes. C'est le cas de la température, qui est un des paramètres nécessaires pour la prolifération des ulves mais qui, au-delà d'un certain seuil, inhibe l'activité photosynthétique et la croissance des algues. Ceci est décrit par (Zhao et al. 2023b) qui ont analysé l'impact d'une température de 30°C pendant 12h sur l'expression des gènes d'*Ulva prolifera*. A des températures élevées, les gènes régulant les voies de synthèse du cycle de l'acide tricarboxylique, de la glycolyse et des pentoses phosphates sont inhibés, tandis que la voie C4 avec l'enzyme pyruvate phospho-dikinase est augmentée. Les températures élevées ont également inhibé les gènes et protéines liés à la réplication de l'ADN et du cycle cellulaire dans le transcriptome et le protéome ainsi que ceux liés à la croissance et la reproduction de cette algue. Le suivi par images satellites montre également une diminution de la couverture des algues lorsque la température de l'eau atteint 23,6°C (Yang et al. 2023a). En plus des températures élevées, la phase de déclin des algues est liée aux fortes intensités du PAR et à des concentrations en phosphate plus faibles (Yang et al. 2023a).



2.5.3.5.2. Facteurs biologiques

Les marées vertes pourraient être régulées par l'activité d'alimentation des amphipodes (*Ampithoe valida*) dont les facteurs environnementaux optimum pour leur croissance sont une température entre 15-25°C, une salinité entre 10-40 et un pH entre 6-10 ; et une capacité d'alimentation plus intense, avec une température plus élevée entre 25-30°C, une salinité entre 10-25 et un pH neutre. La consommation des ulves par ces amphipodes peut atteindre 5 mg/individu/jour (Li et al. 2023b).

2.5.3.5.3. Gestion des marées vertes et actions anthropiques

Dans les pays concernés, des actions curatives et préventives sont mises en place pour tenter de gérer la prolifération des algues vertes et cela peut représenter un coût pour les collectivités, communes et populations locales. En Chine, des actions sont menées chaque année dès les premières étapes du développement des algues par des méthodes antifouling, des traitements à l'acide qui agissent sur les thalles ou micropropagules (He et al. 2023), à l'argile pour favoriser la floculation et la sédimentation des algues séquestrant ainsi le carbone (Figure 13) (Zhang et al. 2023c), ou par des formulations microbiennes complexes qui sont efficaces mais dont il est difficile d'avoir un recul sur l'impact écologique et la qualité de l'eau (Dong et al. 2023). (Wang et al. 2023b) ont également montré l'action d'un composé d'huiles essentielles sur l'inhibition de croissance des algues vertes *Cladophora glomerata* qui peuvent jouer un rôle dans la prolifération des algues vertes.

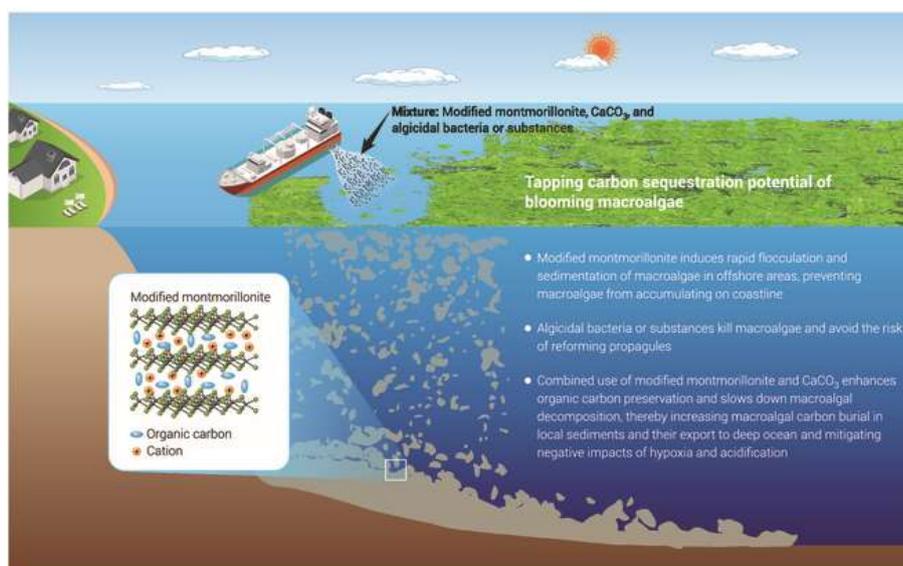


Figure 29. Stratégie innovante pour séquestrer le carbone à partir des blooms d'algues vertes et d'une mixture d'argile (Montmorillonite modifiée, CaCO_3 et bactéries et substances algicides), d'après (Zhang et al. 2023c).

Des méthodes plus traditionnelles sont encore employées comme des nettoyages « manuels » des eaux côtières ou des plages ou à l'aide de filets, mais d'autres alternatives sont proposées en s'appuyant sur l'hydrodynamisme et de la connaissance relative à la dérive de ces algues pour contrôler les importantes biomasses algales (Wang et al. 2023d).

Dans les mers de Chine, les événements de proliférations de macroalgues ou de microalgues, en partie toxiques, ont augmenté au cours du 21^{ème} siècle (Yu et al. 2023c) et les impacts sanitaires et économiques pour les populations locales se sont accentués. Le WTP (Willingness To Pay = Volonté De Payer) atteint en moyenne 68.59 CNY (= 9.85 \$ US) par résident (Xu et al. 2023f) pour voir la disparition complète des marées vertes et contribuer à la restauration écologique.



D'autre part, en Europe, La Directive Cadre sur l'Eau (DCE) permet de financer des études pour suivre la qualité des eaux côtières et de transition, notamment face à l'eutrophisation des masses d'eau et à la prolifération des algues. En Irlande, le programme MACRO-MAN financé par le Département de l'Environnement, du Climat et des Communications pour l'Agence de Protection Environnementale a publié un rapport d'étude sur le suivi des blooms de macroalgues dans les eaux de transition et leur gestion intégrée de l'amont vers l'aval. Les recommandations générales proposées sont de réduire les sources d'apport en nutriments provenant de l'agriculture et de l'urbanisation, d'améliorer le monitoring environnemental notamment sur l'azote et le phosphore, de développer des méthodes innovantes à travers l'usage de l'imagerie satellitaire, de contrôler l'expansion des espèces proliférantes et d'étudier les impacts écologiques de l'utilisation d'herbicides (glyphosate et MCPA).

2.5.3.6. Valorisation des algues vertes

Trois revues générales ont été publiées sur les substances bioactives d'intérêt issus des algues vertes (Xu et al. 2023b; Anisha et al. 2023; Li et al. 2023a). Anisha et al. (2023) et Li et al. (2023) ciblent en particulier les ulvanes, et font un tour d'horizon de leur potentiel de valorisation dans différents secteurs, tels que la santé humaine, les biomatériaux, le traitement de l'eau ou encore l'alimentation animale.

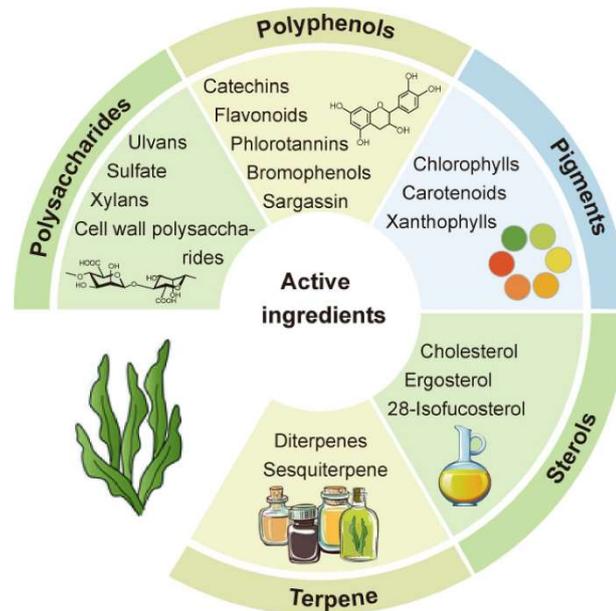


Figure 30. Représentation synthétique des ingrédients actifs composant les algues vertes (Xu et al. 2023).

2.5.3.6.1. Alimentation humaine

Li et al. (2023i) ont analysé la composition chimique (i.e. chlorophylle, acides aminés, minéraux, métaux lourds) d'*U. australis* et d'*U. prolifera*, qui dominent les marées vertes des eaux côtières de Qinhuangdao (Hebei, Chine). Leur analyse montre que ces algues ont un potentiel de valorisation dans l'alimentation animale et humaine de par leur composition riche en nutriments d'intérêt.

L'utilisation d'*U. lactuca* et d'*U. fasciata* dans la fabrication de crackers, en remplacement d'un certain pourcentage de farine, a par ailleurs été validée par Egodavitharana et al. (2023). Cette incorporation améliorerait les qualités nutritionnelles des crackers.



2.5.3.6.2. Agriculture, aquaculture

Cheng et al. (2023) ont montré qu'un apport d'un mélange d'algues (*Ulva* spp. et *Solieria chordalis*) à l'alimentation des porcs pouvait améliorer leur santé intestinale, en réduisant les marqueurs de stress oxydatifs et d'inflammation, sans avoir d'effet significatif sur la croissance des animaux.

Dans le but de trouver une source alternative de protéine pour l'alimentation des volailles, Pootthachaya et al. (2023) ont caractérisé la composition biochimique et la digestibilité de cinq micro-et macro-algues (*Caulerpa lentillifera* J. Agardh, *Ulva rigida* C. Agardh, *Spirulina* sp., *Coelastrella* sp. (KKUP1) and *Scenedesmus* sp. (KKUP2)). Parmi ces cinq algues, *U. rigida* a montré la plus grande digestibilité, mais son contenu en protéines s'est avéré moins intéressant que celui de *Spirulina* sp.

2.5.3.6.3. Cosmétiques/Pharmaceutiques

Trois études se sont intéressées au potentiel de valorisation d'*U. prolifera* dans le domaine pharmaceutique. Cette algue contient :

- Des composés aux propriétés anti-inflammatoires et anti-oxydantes intéressantes pour limiter la progression de l'arthrose (Lee et al. 2023a).
- Un hexapeptide (SSGFID) capable d'inhiber en partie l'activité de la protéase M^{pro} impliquée dans les processus de réplication du virus SARS-COV-2 (Li et al. 2023j). Ce peptide pourrait ainsi être utilisé pour améliorer les fonctions immunitaires et antivirales de l'Homme.
- Des polysaccharides bioactifs possédant un potentiel d'application intéressant pour la culture cellulaire 3D (Yu et al. 2023b).

Rosic et Thornber (2023) ont réalisé une revue sur la capacité des algues proliférantes (brunes, rouges et vertes) à produire des composés pharmacologiques d'intérêt, avec un focus sur les acides aminés analogues de la mycosporine (MAAs) absorbant les radiations ultraviolettes. Ils mettent en évidence la nécessité de mettre en place de nouvelles approches moléculaires pour mieux caractériser et classifier ces MAAs, les techniques protéomiques étant particulièrement visées.

2.5.3.6.4. Bio-remédiation

La pollution de l'environnement par les métaux lourds et terres rares issus des activités anthropiques représente une grave problématique à l'échelle mondiale. L'utilisation d'*Ulva* spp. à des fins de biorémédiation serait une solution prometteuse. Cunha et al. (2023) ont montré qu'*U. lactuca* était capable d'abattre significativement les concentrations en mercure et néodyme de l'eau de mer, limitant en conséquence les perturbations cellulaires et d'homéostasie des moules présentes dans le milieu. Les capacités d'abattement des concentrations en métaux par *Ulva* spp. ont également été démontrées par Rahhou et al. (2023) et Ferreira et al. (2023).

Israel et Shpigel (2023) ont évalué le potentiel des cultures à terre d'*Ulva* sp., pour absorber et séquestrer le dioxyde de carbone en excès dans l'atmosphère, dans un contexte de lutte contre le changement climatique.

2.5.3.6.5. Biomatériaux

La cellulose contenue dans les thalles d'*Ulva ohnoi* a été extraite et traitée pour produire un film en cellulose transparent flexible possédant des propriétés antibactériennes (Saedi et al. 2023). Ce film pourrait être utilisé pour la fabrication d'emballage alimentaire.



2.5.3.6.6. Valorisation d'autres macroalgues que les algues vertes

Sargassum spp.

Les polysaccharides des sargasses pélagiques, et leur bioactifs ont fait l'objet d'une revue (Flores-Contreras et al. 2023). Cette revue met en évidence le fort potentiel de ces composés pour des applications biomédicales, pharmaceutiques, cosmétiques et alimentaires (Figure 15). Néanmoins, les recherches doivent être approfondies dans le domaine thérapeutique pour valider la stabilité des formulations et leur innocuité pour la santé humaine.

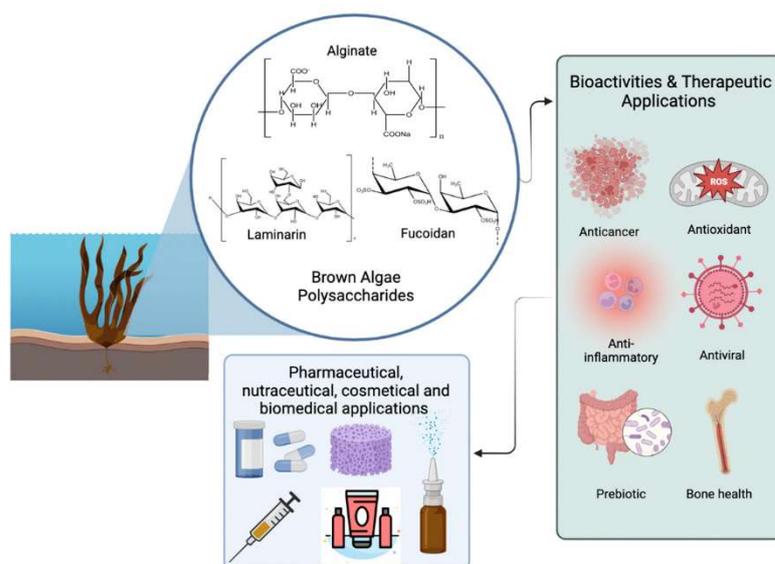


Figure 31. Perspectives thérapeutiques et bioactivités des polysaccharides issus des algues brunes (Flores-Contreras et al., 2023).

Le potentiel d'utilisation des sargasses pélagiques pour l'alimentation animale et humaine a été analysé par Carrillo-Domínguez et al. (2023). Leur contenu en minéraux, éléments traces, acides aminés, acides gras et composés bioactifs pourrait améliorer la santé animale une fois intégrées dans leur alimentation. Néanmoins, leur composition en fibres, sels, carbohydrates complexes, et éléments toxiques limiterait leur intégration en grande quantité. L'utilisation de *Sargassum horneri* dans l'alimentation des ormeaux (*Haliotis discus*) pour remplacer *Undaria pinnatifida* a été testée par deux études (Hur et al. 2023; Jeong et al. 2023). Les résultats montrent que ce remplacement n'a pas d'impact sur la croissance des ormeaux et que leur résistance et immunité étaient au contraire augmentées (Jeong et al. 2023). Ces conclusions ont été confirmées par Hur et al. (2023), qui estiment qu'il est possible de remplacer jusqu'à 50% l'apport d'*U. pinnatifida* par *S. horneri* sans engendrer de conséquences négatives sur la croissance des ormeaux, leur composition en protéine et leur goût.

Zhang et al. (2023b) proposent une méthode pour produire, à partir de *S. horneri* deux composés chimiques à haute valeur ajoutée : l'érythritol et des oligosaccharides d'alginate. Les sargasses pélagiques (principalement *Sargassum fluitans* et *S. natans*) échouées sur les plages de Floride pourraient également être utilisées en compost pour certaines applications agricoles (Abdool-Ghany et al. 2023). Les concentrations en nutriments et métaux lourds du compost produit s'avèrent conformes aux normes de l'*US Composting Council*, excepté pour l'arsenic. L'utilisation des sargasses proliférantes de Quintana Roo (Mexique), *Sargassum ilicifolium*, a été envisagée pour produire du biogaz (Villalobos Robles und Kuroda 2023). Les auteurs rapportent un faible rendement en méthane à partir de ces algues, même si l'ajout de pré-traitements thermiques et ultrasoniques permet de l'améliorer.



L'algue benthique se développant sur la côte Sud-Est de Chine, *Sargassum hemiphyllum*, a quant à elle montré une composition en caroténoïdes intéressante à des fins commerciales (Xian et al. 2023).

Solieria chordalis

Donner en complément alimentaire un mélange de *Solieria chordalis* et d'*Ulva* sp. aux porcs permettrait d'améliorer leur santé intestinale sans impacter leurs performances de croissance (Cheng et al. 2023). *Solieria chordalis* contiendrait également des carraghénanes possédant des propriétés antivirales contre le virus SARS-Cov-2 (Jousselin et al. 2023).

Asparagopsis armata

Camer-Pesci et al. (2023) ont fait une revue bibliographique sur le potentiel d'utilisation d'*Asparagopsis armata* dans l'alimentation bovine pour réduire les quantités de méthane émises par les animaux. Les auteurs discutent des résultats de la littérature concernant les effets du bromoforme sur les ruminants et des obstacles techniques (e.g. culture d'*Asparagopsis armata* à grande échelle) à surmonter pour la mise en place de cette application ; Figure 32).

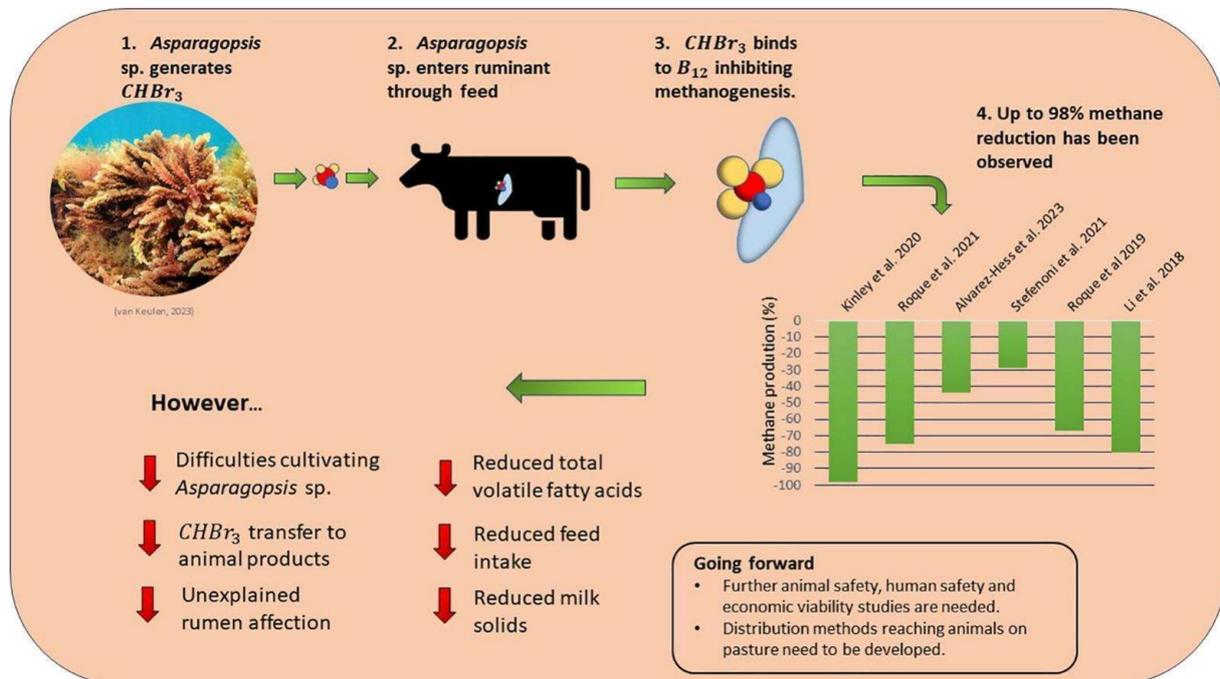


Figure 32. Illustration synthétique de la revue de Camer-Pesci et al. (2023)

2.5.3.7. Caractérisation des algues vertes

Beer (2023) a réalisé une revue des connaissances acquises sur les processus impliqués dans la photosynthèse chez *Ulva* spp.

2.5.3.7.1. Génétique & biomoléculaire

Plusieurs études ont utilisé l'outil pour caractériser les espèces d'algues vertes du genre *Ulva* spp. (Tableau 1). Dans le cadre de ces études, deux nouvelles espèces ont notamment été identifiées au Sud Est du Brésil et en Mer Baltique : *U. kanagawae* sp. nov. (Carneiro et al. 2023 ; Figure 17) et *U. capillata* sp. nov. (Steinhagen et al. 2023 ; Figure 18) respectivement.



Tableau 1. Synthèse des huit études ayant réalisé l'analyse moléculaire d'*Ulva* spp. en 2023

Auteurs	Zone géographique	Espèce(s) d'algue	Objet	Principaux résultats
Carneiro et al. (2023)	Océan Atlantique Sud (Sud Est du Brésil)	Spécimens d'ulves composant les marées vertes de la zone	Identification morphologique et moléculaire des espèces d'ulves	<ul style="list-style-type: none"> - Sur l'ensemble des échantillons, seulement trois espèces ont été confirmées : <i>U. compressa</i>, <i>U. lactuca</i> et <i>U. ohnoi</i>. - Quatre espèces initialement associées à <i>U. flexuosa</i>, <i>U. linza</i>, <i>U. rigida</i> et <i>U. paradoxa</i> ont été respectivement renommées <i>U. tepida</i>, <i>U. aragoënsis</i>, <i>U. ohnoi/U. lactuca</i> et <i>U. torta</i>. - Une nouvelle espèce a été identifiée et caractérisée : <i>U. kanagawae</i> (Figure 33).
Gabrielson et al. (2024)	Archipel des Galápagos	32 spécimens d'ulves composant les marées vertes au niveau de quatre îles de l'Archipel	Identification moléculaire des espèces d'ulves	Quatre espèces mises en évidence : <i>U. adhaerens</i> , <i>U. lactuca</i> , <i>U. ohnoi</i> , <i>U. tanneri</i> .
Huan et al. (2023)	Mer Jaune (Jiangsu et Shandong, Chine)	<i>U. prolifera</i>	Evaluation de la diversité génétique et des caractéristiques morphologiques d' <i>U. prolifera</i> sous forme dérivante et fixée	<ul style="list-style-type: none"> - La forme fixée d'<i>U. prolifera</i> présente plusieurs variations morphologiques, contrairement à la forme libre qui est principalement multi-branchée. - La forme fixée a une diversité génétique plus élevée que la forme dérivante. - <i>U. prolifera</i> peut s'hybrider avec <i>U. linza</i>, sur la base de l'analyse du génome chloroplastiques.
Li et al. (2023i)	Mer de Bohai (Qinhangdao, Chine)	<i>U. australis</i> <i>U. prolifera</i>	Identification moléculaire des espèces proliférantes	Les espèces dominant les proliférations dans les eaux côtières de Qinhuangdao sont <i>Ulva prolifera</i> , <i>Bryopsis plumosa</i> , <i>Ulva australis</i> et <i>Gracilariopsis lemaneiformis</i> .
Rathod et al. (2023)	Mer d'Arabie (Inde)	<i>Enteromorpha ovata</i>	Analyse phylogénétique pour confirmer l'identification d' <i>E. ovata</i>	L'espèce <i>Enteromorpha ovata</i> (Thivy et Visalakshmi ex H. Joshi et V. Krishnamurthy) dont la répartition géographique est limitée à Gopnath, en Inde, appartient au genre <i>Ulva</i> sp.



Steinhagen et al. (2023)	Mer Baltique	<i>Ulva capillata</i> sp. nov	Caractérisation morphologique et moléculaire d'une nouvelle espèce	Sur la base d'une caractérisation morphologique, ontogénétique et moléculaire, les auteurs mettent en évidence l'existence d'une nouvelle espèce d'ulves (Figure 34).
Xia et al. (2023d)	Mer Jaune (Port Binhai, Jiangsu, Chine)	Spécimens d'algues vertes composant les marées vertes de la zone	Identification morphologique et moléculaire des espèces	<ul style="list-style-type: none"> - Six espèces d'ulves identifiées en plus de <i>Blidingia</i> sp.: <i>Ulva prolifera</i>, <i>Ulva meridionalis</i>, <i>Ulva linza</i>, <i>Ulva flexuosa</i>, <i>Ulva californica</i>, et <i>Ulva intestinalis</i>). - Première observation d'<i>U. californica</i> dans la province Jiangsu.

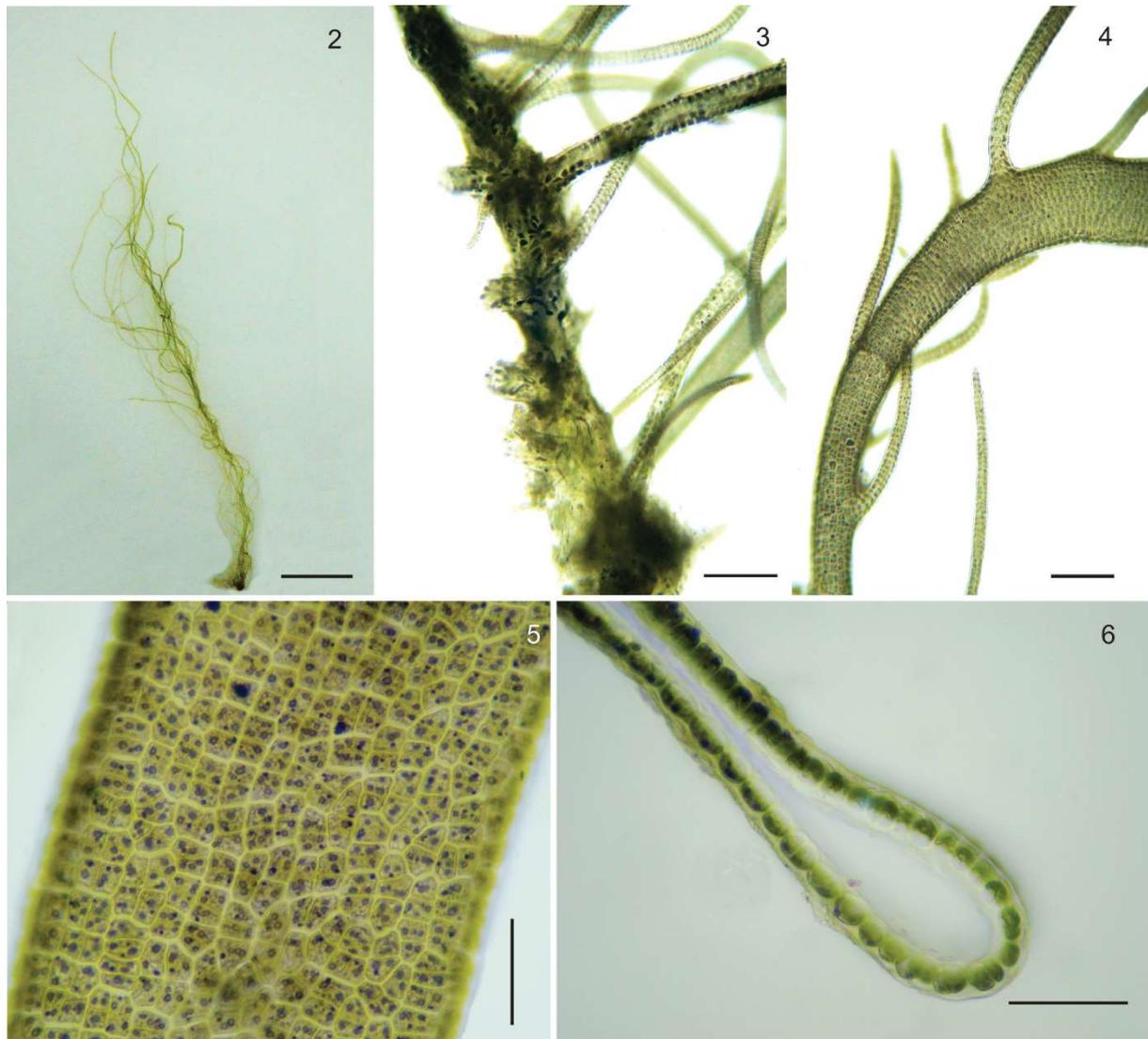


Figure 33. Morphologie d'*Ulva kanawagae* sp. nov. (Carneiro et al. 2023). Barre d'échelle : 2) 1cm, 3) 200 μ m, 4) 100 μ m, 5) 50 μ m et 6) 50 μ m.

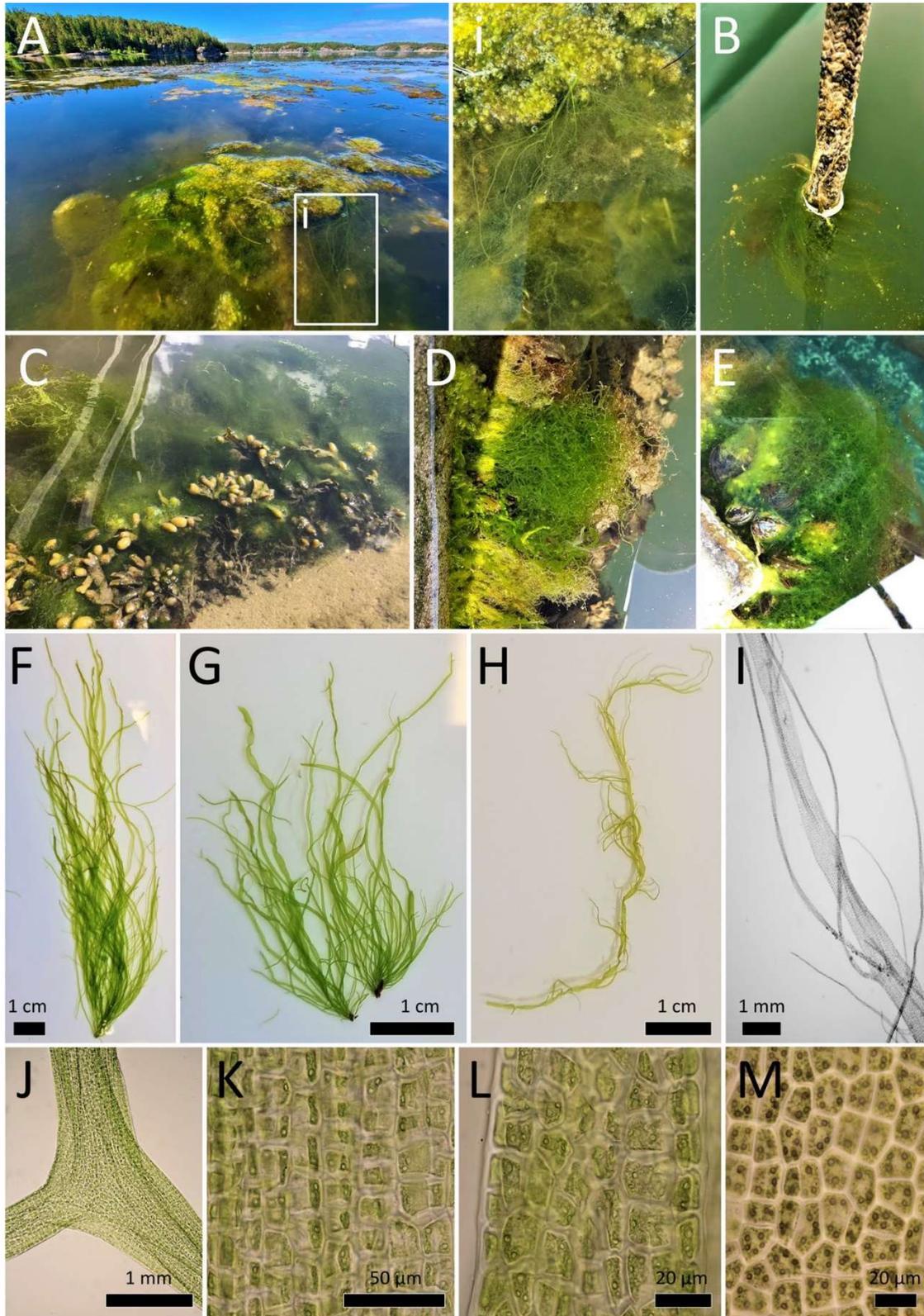


Figure 34. Morphologie d'*Ulva capillata* sp. nov. (Steinhagen et al. 2023)



2.5.3.7.2. *Composition*

La composition phytochimique (i.e. composés phénoliques, flavonoïdes, tannins, chlorophylle a et b, caroténoïdes, ulvanes, saponines, alcaloïdes) et les propriétés antioxydantes de poudre d'*U. lactuca* et d'*U. fasciata* ont été évaluées par Egodavitharana et al. (2023). L'incorporation de ces algues dans des crackers permettrait d'augmenter leur valeur nutritionnelle.

La composition biochimique en métaux lourds de quatre algues vertes des côtes méditerranéennes d'Alexandrie (*Ulva compressa*, *Ulva fasciata*, *Ulva lactuca* et *Ulva linzea*) a été analysée par El-Mahrouk et al. (2023). Les résultats montrent que ces espèces sont des bioaccumulateurs de métaux lourds, ce qui suggère de poursuivre des tests écotoxicologiques avant toute perspective de valorisation en alimentation humaine.

2.5.3.7.3. *Cycle de vie*

Jiang et al. (2023a) ont étudié l'effet du signal oxydatif sur la sporogénèse d'*U. prolifera*, en combinant des approches physiologiques et transcriptomiques. Les résultats suggèrent que les signaux oxydatifs participent à la régulation de formation des spores, et notamment que des espèces réactives de l'oxygène (ROS) ou d'autres molécules oxydatives peuvent agir comme des médiateurs clés dans ce processus.



3. CONCLUSION – PERSPECTIVES

L'action d'expertise, d'information et de soutien aux collectivités dans la lutte contre les marées vertes s'est poursuivie en 2023 à un niveau soutenu. Les acteurs des SAGEs (et tout particulièrement ceux concernés par le Plan gouvernemental de Lutte contre les Algues Vertes) sont les premiers interlocuteurs et demandeurs d'informations. Le grand public (via les médias) et le milieu éducatif ont également fortement sollicité le CEVA en particulier du fait des « anomalies » de la prolifération 2023 et ses particularités locales : précocité de certains secteurs (baie de Saint Briec et vasières du Sud Bretagne) puis prolifération devenant intense en fin d'été et même exceptionnelle en octobre puis jusqu'à décembre notamment sur la baie de Saint Briec, mais aussi autres espèces que les ulves observées (Saint Michel en Grève, Fresnaye, Baie de Douarnenez, baie de la Forêt) et lien avec les paramètres de l'année.

Le dossier « ramassage innovant » (en particulier mise en œuvre d'expérimentations de ramassage en rideau sur la baie de Saint Briec par Efinor, encadrement par une étude d'impact de ce chantier, ...) a demandé de nombreuses interventions en 2023. C'était également le cas de l'analyse et explication locale des proliférations sur vasières (« 10A2 » du SDAGE) en particulier sur le Sage Golfe du Morbihan Ria d'Étel, Rance Frémur et Ouest Cornouailles.

Une part importante du programme CIMAV P1 est dédiée à la première analyse « en temps réel » des proliférations de l'année en cours et la mise à disposition des acteurs impliqués dans les programmes de reconquête « algues vertes » de ces informations. En 2023, en plus de ces analyses sur le printemps puis l'été, le CEVA a réalisé, dans le cadre du programme CIMAV P1, une évaluation des stocks de reconduction d'ulves pour consolider la perception de la précocité attendue des proliférations 2023.

Le flux de l'année hydrologique 2023 a été légèrement inférieur à la moyenne pluriannuelle (-14 % par rapport à la période 2010-2022) ce qui est surtout lié aux mois de février et mars, fortement déficitaires (lien avec une pluviosité très inférieure sur février). Sur la période « sensible » pour les proliférations (mai-août prise en référence), le flux est légèrement inférieur à la moyenne 2010-2022 avec -16 % sur la somme des cours d'eau. Ce niveau est lié à des flux proches des moyennes en mai (-5%) et août-septembre (autour de -10 %) alors qu'ils étaient plus fortement déficitaires en juin et juillet (surtout sur l'est des Côtes d'Armor). Les différences entre territoires sont, elles aussi, marquées avec des flux fortement déficitaires sur l'Est des Côtes d'Armor (Frémur : -35 % sur mai-août par rapport à 2010-2022) et excédentaires sur l'ouest Bretagne (baie de Douarnenez : +16 % sur le Kerharo). Ces niveaux de flux sont en lien avec des concentrations en nitrates qui sont en baisse sur les 15 dernières années et des débits dont l'évolution en 2023 ont modulé les flux (débits bas en février mars, devenant élevés en avril puis faibles sur juin et remontant en fin de saison ; différences marquées sur ces débits entre l'Est et l'Ouest de la région). Ces flux, variables suivant les périodes et selon les baies, ont entraîné des proliférations contrastées. La prolifération, devenue intense voire exceptionnelle en fin d'été puis à l'automne, est liée à la conjonction de flux qui sont devenus élevés en septembre alors que les autres paramètres sont restés très favorables : lumière abondante en début octobre et temps très calme (« été indien »). Cette caractéristique particulière est à considérer du fait des implications fortes pour les sites qui sont sujets à reconduction pluriannuelle ce qui est notamment le cas de la baie de Saint Briec particulièrement chargée à l'automne 2023.

Les années 2016-2021 ont présenté des profils « très défavorables » dus majoritairement à des pluies très soutenues en juin (en particulier sur la baie de Saint Briec), période durant laquelle les ulves sont potentiellement limitées par l'azote et donc sensibles à ces apports excédentaires (re-fertilisation importante à une période clé). En 2022, ces apports de pluies excédentaires en juin, n'ont pas été très importants et surtout sont arrivés après une longue période de déficit hydrique et ont été répartis régulièrement dans le mois ce qui n'a pas généré de hausse significative des débits. En 2023, nous n'avons pas subi les pluies intenses (orageuses, surtout sur la baie de Saint Briec) de mai ou juin comme sur les



années 2016-2021 mais les pluies ont été plus importantes qu'en moyenne sur juillet et août ce qui a conduit à des flux relativement soutenus sur la fin de l'été puis sur l'automne. Plutôt qu'une reprise de croissance en juin-juillet, nous avons connu en 2023 une croissance tardive et un niveau de surface échouée en fin de saison qui est le plus élevé jamais mesuré depuis le début des suivis, laissant craindre une prolifération particulièrement précoce en 2024.

Le programme 2023 a également permis d'analyser la reconduction sur 2023-2024 (analyse des stocks de reconduction, des paramètres de dispersion, température de l'eau et lumière) et de conforter cette analyse par la réalisation d'un survol le 8 mars couplé à des évaluations de terrain. L'analyse des données de reconduction ont permis de prévoir, malgré des stocks à l'automne 2023 particulièrement élevés, une prolifération 2024 tardive sur la plupart des sites (hiver très dispersif) mais un risque de démarrage précoce sur la Baie de Saint Briec, très chargée en automne 2023 et dont la croissance s'est poursuivie jusqu'en décembre (ramassage jusqu'en fin décembre) et dont la configuration abritée rend le déstockage plus difficile. Les relevés lors du vol du 8 mars et des opérations de terrain sur la même période conforte cette analyse : seule la baie de Saint Briec présentait des quantités d'ulves importants (en nombre d'individus, de très petite taille mais répartis sur une partie importante de l'estran).

Le volet « Veille » a permis, encore en 2023, de répertorier les publications (de Rang A) nationales et internationales sur les phénomènes de proliférations algales liés à des conditions d'eutrophisation des eaux marines côtières du globe. Cette veille a pour objectifs d'identifier i) les dernières avancées sur la connaissance des proliférations (e.g. taxonomie et facteurs de contrôle des proliférations). La performance croissante des outils moléculaires à disposition permettent aujourd'hui de clarifier la nomenclature complexe des algues vertes de type *Ulva* sp. et ii) les moyens mis en œuvre pour la reconquête de la qualité de l'eau ainsi que ii) les voies de valorisation de ces macroalgues proliférantes. En effet, divers marchés (e.g. agriculture, aquaculture, énergie, biomatériaux) sont aujourd'hui identifiés afin d'utiliser cette matière première souvent qualifiée de « déchets ».



ANNEXES



Annexe 1

(principales interventions de mars 2023 à mars 2024)

Principales interventions du CEVA dans le cadre de la mission « expertise, information et conseil technologique en faveur des programmes de maîtrise des marées vertes de Bretagne ».
(15/ 03/2023 au 15/03/2024)

Appui aux collectivités sur les marées vertes et moyens de lutte

- 20 03 2023 : Comité AV départemental du Finistère à Lesneven, présentation bilan 2022 et perspectives proliférations 2023 avec zoom sur les principaux sites du département.
- 29 03 2023 : Groupe Scientifique d'appui au PLAV : réflexion sur rédaction d'une tribune sur les AV.
- 30 03 2023 : Restitution modélisation PLAV2 de la baie de Saint Briec : analyse des données de caractérisation de la baie par les suivis et leur utilisation pour la modélisation des objectifs de qualité eau.
- 31 03 2023 : Lannion Trégor Communauté : réunion d'information des élus du territoire et compréhension / description du phénomène de prolifération.
- 03 04 2023 : réponse à l'ARS sur le placement du Capteur H2S sur l'anse du Club Nautique et fourniture des données Izar pour choix emplacement.
- 03 04 2023 : échange SBAA sur possibilités/apports d'un suivi drone pour guider les opérations de ramassage expérimental Efinor en baie de Saint Briec
- 07 04 2023 : EPTB Rance : réunion échange sur la gestion sédimentaire dans la Rance et implications sur les proliférations d'algues vertes.
- 11 04 2023 : Demande mairie Guissény sur informations (Yann Sergent) trouvé sur Blog au sujet du lien entre création digue et prolifération AV
- 12 04 2023 : réunion avec Odeline Billant : cadre groupe appui scientifique AV et montage projet Prétabaie.
- 14 04 2023 : EPTB Rance : demande expertise taxonomique des espèces algales observées et photographiées à l'Anse du Troctin.
- 18 04 2023 : DREAL : demande de précision sur les flux de nitrates et N à l'origine des proliférations dans le golfe du Morbihan et impact potentiel de la station de Tohannic.
- 05 05 2023 : visite CRB (A. Mamdy) au CEVA : présentation connaissances historiques, suivis réalisés par le CEVA, expérimentations, dont Prolitoral, ...
- 11 05 2023 : Sage Golfe Morbihan Ria Etel : reprise données de calcul de flux arrivant dans le golfe pour bilan flux AV 2021 et contribution rédaction note synthèse.
- 12 05 2023 : Syndicat de l'Horn : diagnostic de la situation 2022 sur l'anse du Dossen pour le bilan des actions de BV.
- 15 05 2023 : Mairie de Paimpol, Services techniques et grade chasse : urticaire et "intoxication" d'enfants sur base nautique de Poulafret et responsabilité envisagée des AV en prolifération.
- 16 05 2023 : Mairie Paimpol / Poulafret : visite de terrain et transmission photos pour appuyer diagnostic local (présences de macroalgues, vertes, autre, oies, ...).
- 25 05 2023 : EPTB Rance : intervention à la Commission littoral de La Rance : présentation des programmes de suivi marée verte au CEVA, analyses pluriannuelles des proliférations en baie de Lancieux et dans le bassin maritime de la Rance, illustration des dépôts en putréfaction et risques sanitaires et écologiques, présentation des principaux résultats du projet IMPRO
- 05 06 2023 : Mire : contribution rédaction article évolution proliférations + choix photos illustratives.
- 14 06 2023 : CC Lesneven Pays des Légendes : situation av et gestion des ramassages. Quels paramètres mesurer pour aider à l'amélioration des modélisations des proliférations Aven baie de Guissény ?
- 19 06 2023 : Préfecture Région : dépassement seuil gestion 1 ppm à Hillion, cause et suite à donner ?.
- 20 06 2023 : réunion du groupe appui scientifique au Plav : projet Prétabaie et suites à donner
- 20 06 2023 : Sage Golfe Morbihan Ria Etel : réunion de préparation du « Moment Clé » : SGMRE, Vannes Agglo, Chambre agriculture
- 23 06 2023 : Commission AV de la baie de la Forêt : situation 2023 de la baie et explication / années antérieures.
- 23 06 2023 : Communauté de Communes Lesneven Côtes de Légendes : sur proposition Préfecture, réunion d'anticipation des ramassages qui sont précoces en 2023 (gestion à envisager de ces volumes, épandage, Olmix ?)
- 28 06 2023 : Préfecture des Côtes d'Armor : participation à la réunion presse pour point de situation AV sur le département en 2022 et démarrage 2023.

- 04 07 2023 : Sage Golfe Morbihan Ria Etel : « moment Clé » à destination des élus du territoire, sur les proliférations d'algues vertes sur vasière et diagnostic local.
- 06 07 2023 : Commission av baie de Douarnenez : présentation situation AV en 2023 en Bretagne et sur la baie. Eléments d'explication situation des dernières années et analyse température eau hivernale.
- 11 07 2023 : réunion Sage Golfe Morbihan Ria Etel, UBS, PRN, CRC, CD56... information sur les suivis de la vasière de Séné et intérêts perçu / collaborations envisageables avec les structures
- 20 07 2023 : Commune de Sarzeau (56) et Affaires maritimes : situation de putréfaction dans le Port Saint Jacques et amélioration possible des connaissances sur le sujet.
- 25 07 2023 : synthèse situation de putréfactions rencontrées sur le Port Saint Jacques et envoi informations à la commune de Sarzeau
- 27 07 2023 : point avec commune de Paimpol au sujet des « algues toxiques et urticantes » ; données du survol de juillet et réponse sur la possible implication de microalgues.
- 31 07 2023 : Commune de Sarzeau : proposition d'accompagnement pour une meilleure gestion des risques sur le Port Saint Jacques.
- 08 09 2023 : Conseil Régional de Bretagne : demande d'actualisation des données surfaciques mesurées sur les sites du Plav (surfaces et ramassages).
- 20 09 2023 : Groupe de Travail baie de la Forêt : suivis et utilisations pour la modélisation Eco Mars3D
- 20 09 2023 : Sage Baie de Douarnenez : suivis et utilisation pour la calibration de la modélisation Ecomars3D de la baie de Douarnenez et définition des objectifs à atteindre.
- 28 09 2023 : Comité de pilotage de la Ria d'Étel : volet 2 du programme territorial ; analyse concentration et flux de Demi Ville et Pont du Roc'h
- 28 09 2023 : BV de la baie de Guissény : demande d'info sur surfaces dépôts vs ramassages (lien coefficients de marées ?) en vue de la préparation de la commission AV
- 29 09 2023 : visioconférence APPCB : échanges avec l'ensemble des territoires concernées par les proliférations d'algues vertes sur vasière avec comme objectif de réaliser un bilan des actions menées et mener une réflexion sur les actions à mettre en place d'ici fin 2023/début 2024
- 01 10 2023 : Sage Baie de Saint Brieuc : réunion au Ceva sur les résultats des modélisations et exploitations complémentaire pour un porté à connaissance des acteurs du Sage.
- 18 10 2023 : Sage Baie de Saint Brieuc : pour le tableau de bord du Sage, calcul des flux apportés par les 4 cours d'eau sur la base des données fournies par le CD22 et débits aux exutoires.
- 19 10 2023 : TerraRade (Rade Brest) : échanges sur situation AV en rade et actions complémentaires envisageables pour améliorer les connaissances notamment des biomasses et espèces infralittorales.
- 26 10 2023 : SAGE OuestCo : distinction suivis RCS sableux et vasières ; espèces algales rencontrées, cartographies à disposition, report des algues sur les vasières (Cimav P3), typologies des MV ...
- 10 11 2023 : diagnostics locaux : établissement des cartes interannuelles 2008-2022 sur le Golfe du Morbihan, Ria d'Étel et Pouldon + compilation de photos pour le Sage Ouest Co
- 14 11 2023 : Sage Ouest Co : question sur l'Impact potentiel de la retenue d'eau en amont sur les abattements N arrivant au Pouldon + partage biblio OFB sur impact biogéochimique de retenue d'eau.
- 16 11 2023 : CD22 : traitement des données (débit et concentration NO₃) des cours d'eau Côtes Armor concernés par des AV. Calcul des flux et des surfaces couvertes pour publi Inf'eaux 22
- 16 11 2023 : commission AV de la baie de Guissény : présentation de synthèse des données sur les suivis AV (surfaces, quotas, flux)
- 24 11 2023 : SAGE GMRE : extraction, compilation et traitement data température de l'eau de mer (SST) et écriture procédure pour que le Sage puisse faire ses extractions de façon autonome.
- 29 11 2023 : Comité Lieue de Grève + Locquirec (Plouegat Moysan) : présentation suivis 2022 et 2023 sur les 2 baies + éléments régionaux.
- 29 11 2023 : Sage Golfe Morbihan Ria D'Étel : réunion de la Clé et présentation situation AV du territoire. Puis, l'après-midi ; réunion de travail avec le Sage.
- 01 12 2023 : comité régional PLAV : présentation situation 2023 et perspectives
- 05 12 2023 : dans le cadre du projet Prétabaie : webinaires « prospective Agri 2050 sans pesticides » et « Coévolution en agriculture »
- 07 12 2023 : dans le cadre du projet Prétabaie : webinaire « les dynamiques socio-professionnelles agricoles locales face aux régulations publiques »
- 08 12 2023 : DDTM56 (Mme Maillard) : recherche de données AV au niveau des estuaires bretons pour analyse des mesures du réseau « estuaires bretons » de mesure des apports au littoral. Données exploitables ? ou à améliorer ?

- 14 12 2023 : Saint Brieuc (CD22) : réunion du comité de pilotage études AV du Cimav
- 15 12 2023 : intervention au Conseil Scientifique sur le Plan de gestion sédimentaire de la Rance : présentation des connaissances sur le phénomène AV sur la Rance
- 11 01 2024 : Comité de pilotage de la baie de Douarnenez : présentation CEVA situation AV.
- 07 02 2024 : Sous-préfet AV (R. Guillet) au CEVA : connaissance Ceva sur les AV, historiques, suivis, et aussi expé ramassage préventif et programme Izar.
- 19 02 2024 : diagnostic local territoire LTC pour profil de baignade 3 plages de Trégastel.
- 01 03 2024 : EPTB Rance (visio) : étude des interactions sédimentation/bathymétrie sur la prolif AV + réflexion et proposition méthode statistique
- 06 03 2023 : BV Quilimadec : réunion (visio) sur les paramètres N qui pourraient être mesurés en plus des No3 pour mieux comprendre les phénomènes et intérêt de passer en mesures des NO3 haute fréquence /haute résolution (Transcender).
- 11 03 2023 : Saint Pol de Léon : comité AV du Plav en Finistère, présentation situation AV 2023 et perspectives 2024

Autres réunions et rencontres techniques

- 23 03 2023 : Arvorig Solutions : demande information sur présence AV en fin d'hiver sur les différents sites pour déploiement/essai de leur outil de ramassage en pleine eau.
- 23 03 2023 : échanges avec Sage Ouest Cornouailles sur l'analyse haute définition des nitrates et détermination des sous BV contributifs.
- 03 04 2023 : réunion de cadrage de l'étude d'impact environnemental des expérimentations de collecte par le navire Efinor (bureau d'étude Pos3idon)
- 11 04 2023 : échange avec Brest métropole sur les photos disponibles pour analyser les couvertures algues vertes et zostère sur le Moulin Blanc. Fourniture des photos prises par le CEVA.
- 11 05 2023 : étudiants du projet Algapure du Master IAE Paris Saclay : utilisation av pour démonstrateur purification d'air + communication sur les proliférations d'AV.
- 12 05 2023 : bureau d'étude Pos3idon : export des données de couvertures « statistiques » par les AV en baie de Saint Brieuc pour préparation du suivi de l'expérimentation Efinor de collecte AV en mer.
- 15 05 2023 : SBAA : réponse sur les mesures ramassage et capteur H2S en baie de Saint Brieuc (suite courrier Etat).
- 16 05 2023 : Préfecture Région : réunion de cadrage concernant l'évaluation de l'impact environnemental des expérimentations de collecte par le navire Efinor, à mettre en place avec le bureau d'étude Pos3idon
- 01 06 2023 : analyse de données puis transmission BE Pos3idon : données surfaciques de la baie de Saint Brieuc. Création de cartes mensuelles des proliférations avec zones de dépôts interannuelles (maillage)
- 08 06 2023 : réunion (visio) avec Pos3ison, Efinor, Préfecture de Région, OFB, RNN Saint Brieuc, SBAA, DREAL : réunion de cadrage chantier ramassage expérimental AV en baie de Saint Brieuc et impact environnemental.
- 21 06 2023 : information RNN, OFB et Préfecture Région sur la position des masses d'ulves par vue drone et implications sur le ramassage Efinor.
- 26 06 2023 : demande du CRC Bretagne sud de disposer d'information sur la position des AV sur la baie de la Forêt / impact sur leurs élevages en fonction des modes d'exploitation (à plat/parc surélevés). Fourniture carte de la répartition statistique des dépôts sur les années 2010-2021 (y compris secteurs de vasières).
- 03 07 2023 : réunion acteurs du ramassage Efinor, Etat, Prefecture, SBAA, Dreal, RNN, Pos3idon / modalités collectes
- 11 07 2023 : réunion Mire + sous Préfet AV : possibilité de faire des essais avec bateau Efinor sur d'autres sites favorables (Binic ? Saint Michel ? Guissény ?). Analyse pente plage et largeur rideau d'ulves.
- 31 07 2023 : échanges / proposition Arvorig Solutions de ramassage sur Douarnenez en pleine eau / retour d'expériences sur essai de mai 2023
- 07 08 2023 : demande Préfecture (sous Préfet AV) : analyse et transmission des photos de la baie de Saint Brieuc pour analyse de la pertinence d'organiser un ramassage en mer (Efinor) suite tempête début août.
- 25 10 2023 : à la demande du CRB : réunion sur le projet Viralga et pertinence approche virus pour lutte contre les AV.
- 07 11 2023 : DDTM 22 : réunion bilan de l'expérimentation 2023 de ramassage Efinor et prospectives 2024.

- 22 11 2023 : réunion visio avec Christophe Huon, responsable Optimisation et Développement du Pôle Agronomique de la société SEDE Environnement (Véolia) : phénomène AV, volumes/biomasses en jeu, fluctuations, applications actuelles / possibilité de valorisation de ces algues.
- 01 12 2023 : Mire et SBAA : point sur le ramassage innovant.
- 21 12 2023 : SBAA: situation AV en baie et perspectives ramassage Efinor. Soucis posé/retours expérience insuffisants
- 24 01 2024 : réunion CRB : projet Viralga : expertise Ceva pour analyse par le CRB de la pertinence d'un tel projet pour lutter contre les proliférations d'AV
- 31 01 2024 : INRAE (Pauline Buysse) : idée montage projet sur émanations H2S liées aux av et modélisation atmosphérique des panaches
- 08 02 2024 : étudiante commerce Em Lyon (Ombeline Bonvillain) : algues vertes et valorisation... atouts contraintes.
- 21 02 2023 : Projet Izalgue, montage d'une Start Up afin de valoriser les algues vertes échouées sur les plages, en les transformant en un matériau d'isolation thermique 100 % biosourcé : ramassage d'algues vertes en Bretagne, contraintes, volumes, régularité...

Information sur les Marées vertes et le les moyens de lutte

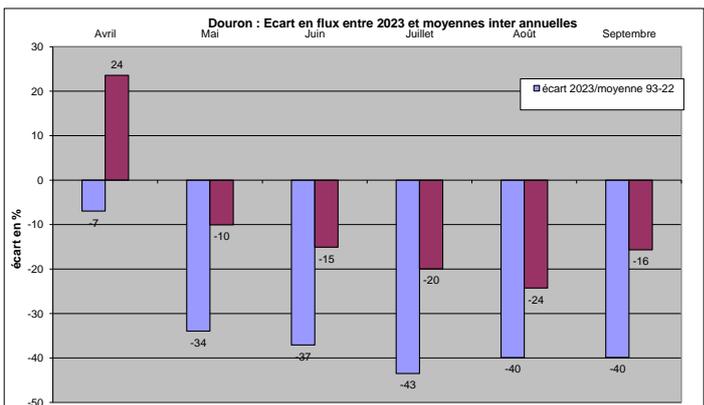
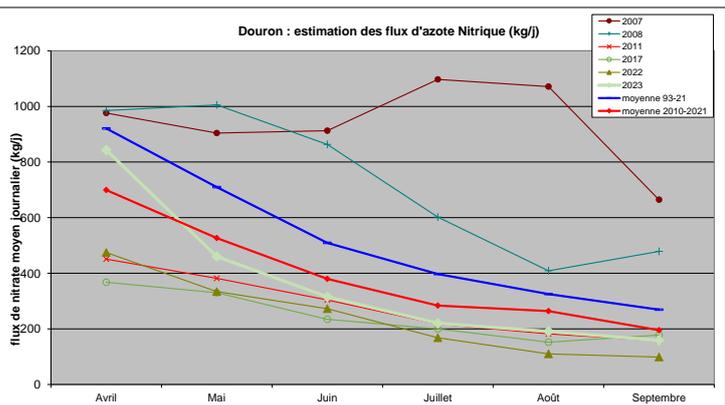
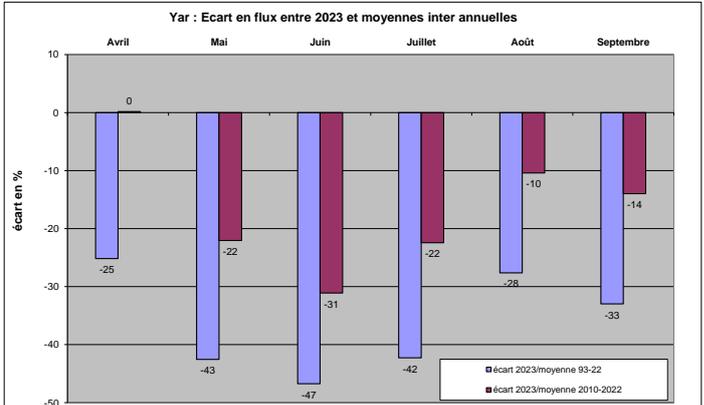
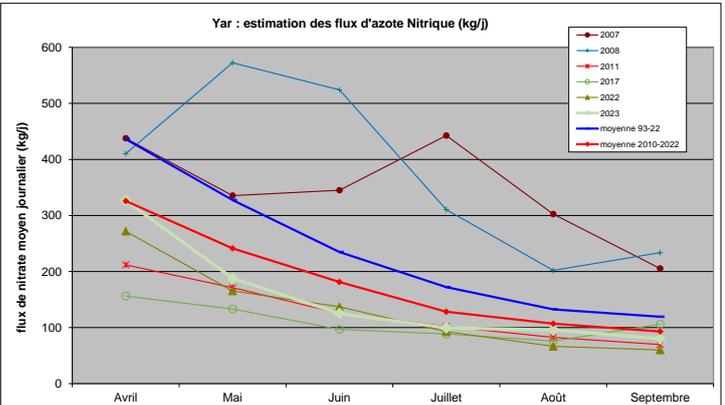
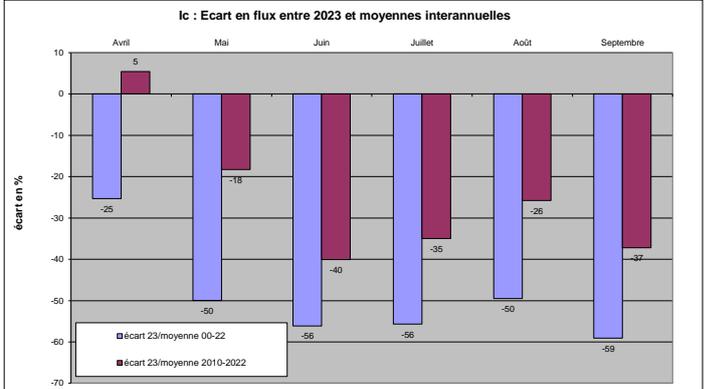
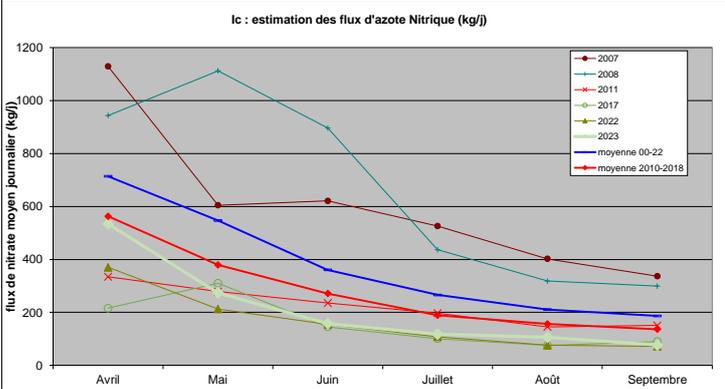
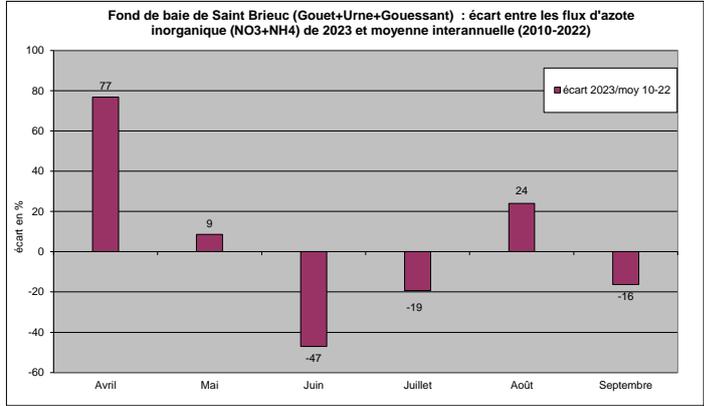
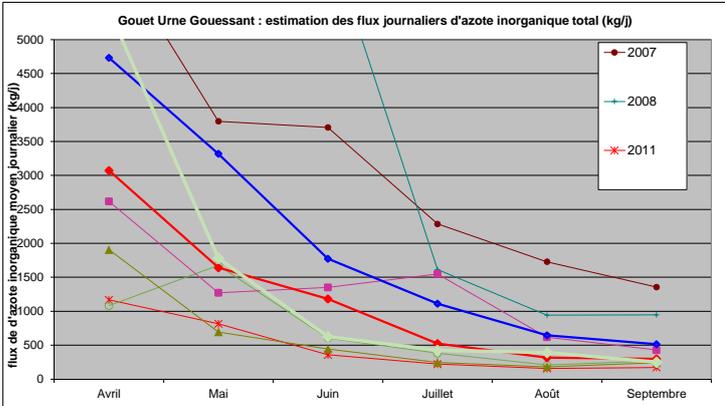
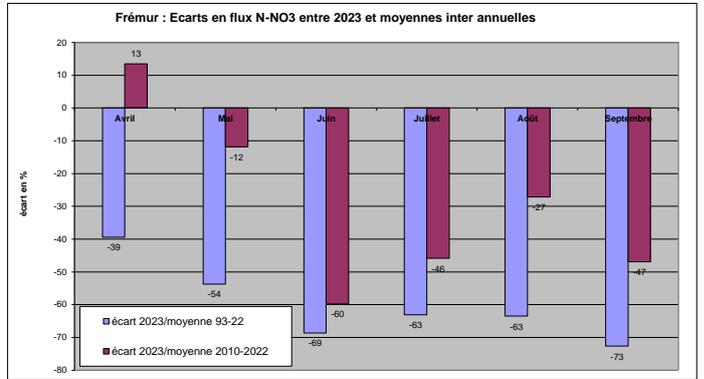
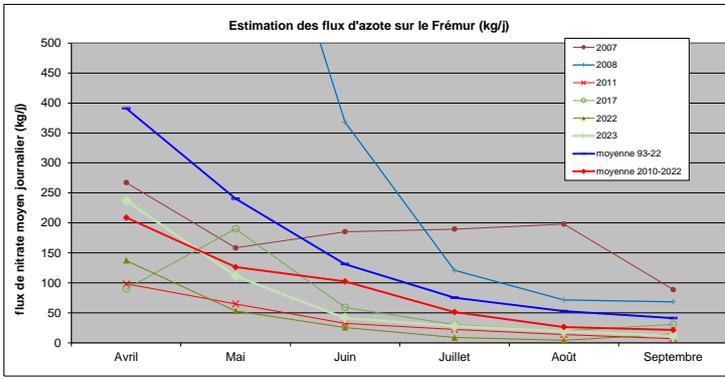
- 21 03 2023 : Ouest France : information sur proliférations AV et intervention potentielle du Changement Climatique dans le phénomène.
- 06 04 2023 : Etudiante de l'école Jeannine Manuel de Paris : demande d'information pour la rédaction d'un article sur les algues vertes en Bretagne.
- 07 04 2023 : échanges avec LCP pour l'organisation en 2023 d'un survol avec les journalistes qui accompagneraient le député Mickael Cosson lors d'un survol. Possibilités, difficultés techniques et organisationnelles.
- 10 05 2023 : réunion OEB : dossier changement climatique et impact potentiels sur les proliférations AV.
- 15 05 2023 : réunion d'appui à la thèse AV et impacts économique (prix location gîtes et meublés + campings) Julien Salanié et Aliou Olofindjin de laboratoire universitaire GATE Lyon-Saint-Etienne. Suite réunion, fournitures données dépôts, zones de putréfaction.
- 30 05 2023 : mise en ligne CEVA d'une FAQ « marées vertes »
- 05 06 2023 : réponse Ouest France sur le cas des échouages sur Cap Coz ; Le Télégramme sur situation AV à l'échelle de la Bretagne.
- 06 06 2023 : Au Lycée agricole de Quessoy : participation à la table ronde « Agriculteurs de Bretagne ».
- 07 06 2023 : échanges avec France 5 / souhait de faire un reportage sur les AV, cause, suivis, moyens de lutte.
- 20 06 2023 : France 3 : point de situation AV 2023.
- 21 06 2023 : Le Télégramme : rédaction d'un article sur les Ave n Bretagne, demande info sur le suivis des proliférations en Bretagne
- 21 06 2023 : Ouest France : information sur les algues vertes à l'échelle du Pays de Lorient.
- 22 06 2023 : Interview JDD : explication phénomène prolifération et situation de l'année 2023 par site.
- 26 06 2023 : Ouest France : interview / présence AV et Ulvaria en baie de Saint Michel en Grève.
- 27 06 2023 : Interview Coline (le mémo de Coline) de l'association « On est prêts » : AV en Bretagne et moyens de lutte.
- 03 07 2023 : Ouest France : interview vidéo sur les phénomènes AV, les causes, moyens de lutte, objectifs à atteindre, ramassage, ...
- 04 07 2023 : article Le Télégramme sur les av en Pays de Morlaix
- 07 07 2023 : Libération : interview / AV en Bretagne, suivis, évolutions teneurs en NO3, actions de lutte...
- 12 07 2023 : Le Télégramme : algues vertes sur Moulin Blanc / détérioration de la situation perçue (OFB...).
- 13 07 2023 : Ouest France : situation sur le Moulin Blanc et transmission photos illustratives.
- 13 07 2023 : TF1 : facteurs de maîtrise des proliférations d'AV
- 20 07 2023 : ITW TV suisse romande dans le cadre des survols : situation suivis, actions de lutte, ...
- 21 07 2023 : Itw Le Figaro : situation AV et moyens de lutte, et cas plage de la Baule avec AV filamenteuses...
- 18 08 2023 : demande de la mairie de Saint Malo d'informations complémentaires suite à publication Ouest France citant la commune. Quid des proliférations AB et AV sur leur littoral et intérêt ou pas de ramassage des AB.

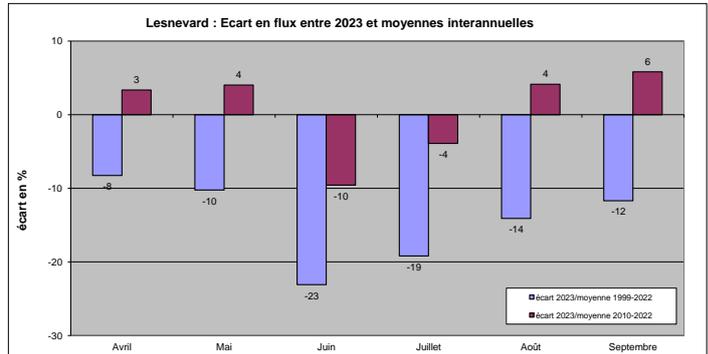
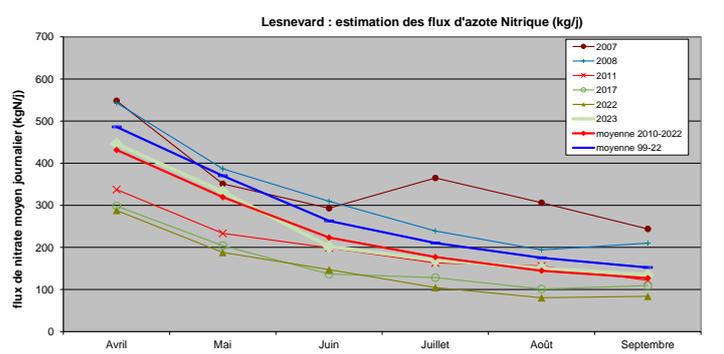
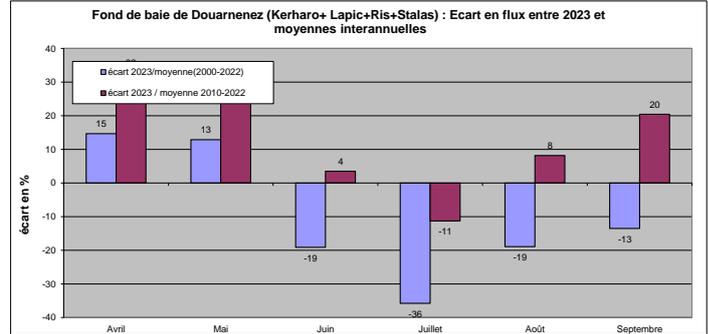
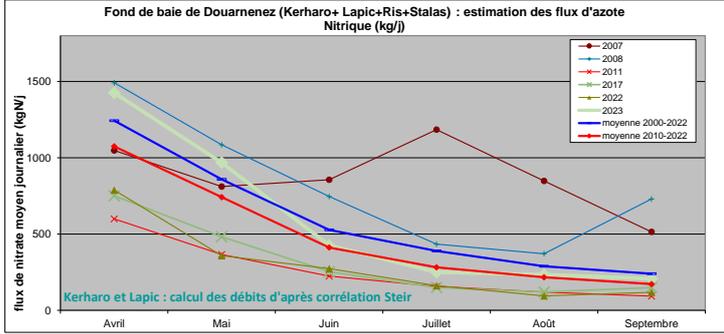
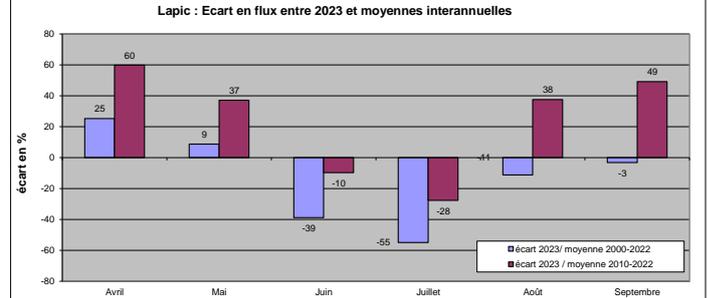
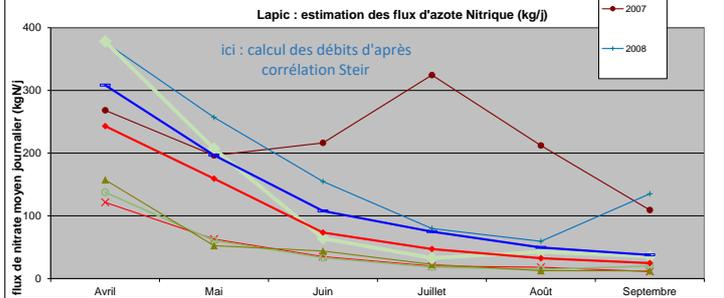
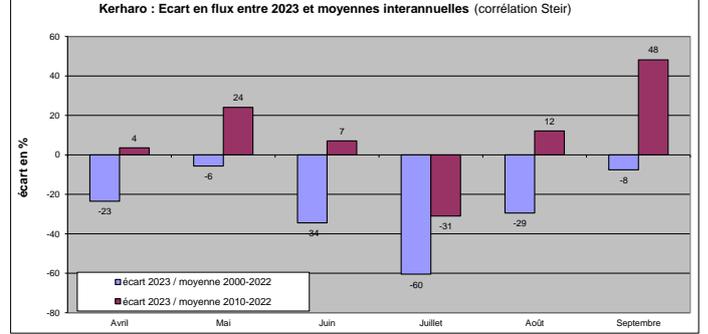
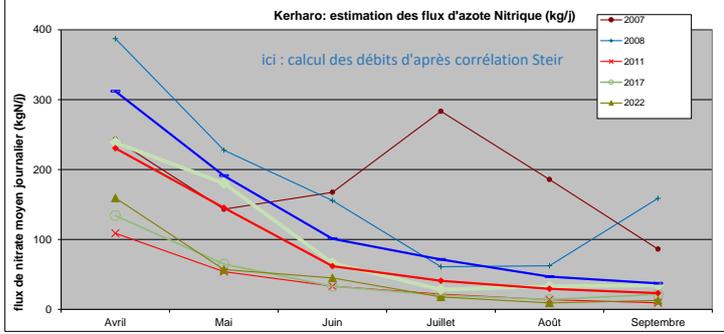
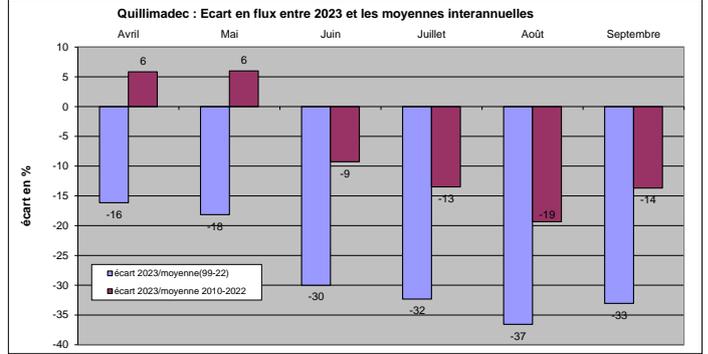
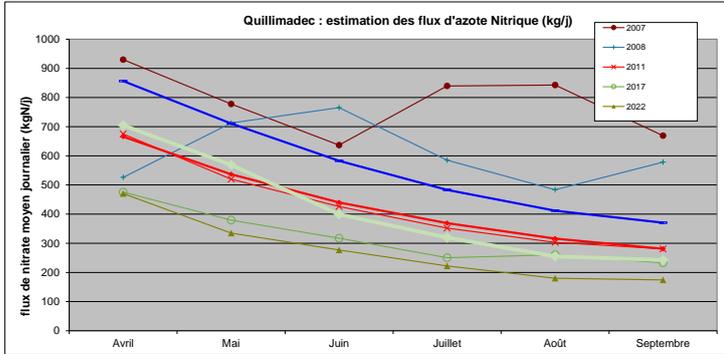
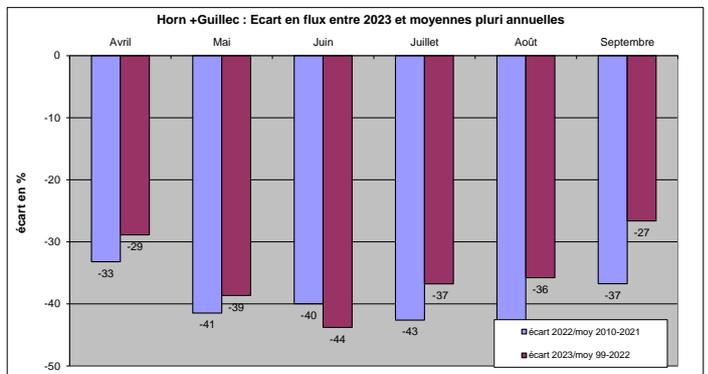
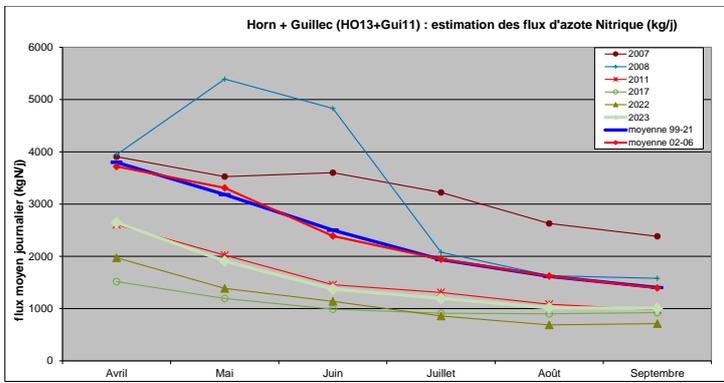
- 29 08 2023 : ITW France Info Junior sur les proliférations AV « expliquées au plus jeunes ».
- 30 08 2023 : ITW Ouest France : des AV seulement en Bretagne ? demande OF de décrire le phénomène sur l'ensemble des côtes françaises et analyse par rapport aux cas breton.
- 04 09 2023 : Science et Vie : ITW pour article proliférations AV en Bretagne
- 14 09 2023 : France Inter (Myriam El Kurdi) : sujet AV en Bretagne, compréhension phénomène littoral, et déterminants BV.
- 25 09 2023 : Le Télégramme : ITW au sujet des AV sur l'Aven et Belon : évolutions et perception par rapport aux retours des associations locales.
- 29 09 2023 : Commissariat Général au Développement Durable (Ministère de la Transition écologique) : échange sur les suivis puis fourniture d'informations sur les suivis afin de nourrir le tableau de bord Mer et Littoral.
- 05 10 2023 : OEB / dataviz : analyse demande puis export de toutes les données 2022 utiles pour la mise à jour de la dataviz des données sur les sites sableux et vasières.
- 06 10 2023 : ITW TF1 au sujet de l'intérêt potentiel des ramassages « en mer » et expérimentation Efinor
- 10 10 2023 : Etudiants Agrocampus Ouest : projet d'étude sur la réduction de la prolifération des algues vertes en Bretagne. Rôle du Ceva, acquis scientifiques, évolutions du phénomène, actions de lutte...
- 17 10 2023 : Le Trégor : situation AV sur le littoral du Trégor en 2023 et par rapport années antérieures.
- 20 10 2023 : « Tout comprendre Junior » : ITW sur AV et dangerosité expliqués aux jeunes (8-12 ans)
- 20 10 2023 : Ouest France : synthèse sur la situation de la baie de Saint Michel en Grève et celle de Locquirec
- 20 10 2023 : Presse d'Armor : suite mesures faites par associations (YM Le Lay) sur les vasières t H2S : interrogation sur le cas de la vasière du Lédano.
- 24 10 2023 : rédaction brève AV pour la newsletter Ceva : situation AV mesurée en 2023
- 26 10 2023 : Le Télégramme : point sur la situation AV à l'échelle Bretagne
- 03 11 2023 : projet étudiant en master d'urbanisme à l'université Panthéon-Sorbonne sur les AV en Bretagne. Informations sur les données collectées et fourniture données AV et NO3.
- 21 11 2023 : réunion visio avec Damien Carrière UPEC / Paris Créteil : information sur les localisations précises des AV en baie de Saint Brieuc pour analyse si impact perceptible sur coût du foncier à petite échelle. Suite réunion, fourniture sortie sur BsB en maillage 25m des zones de dépôt sur 2015-2022 7 inventaires puis mêmes années sur mai à sept. Visualisation des zones les plus fréquemment touchées pour analyse impact sur le prix foncier.
- 19 12 2023 : cadre Master 2 : importance du phénomène AV en rade de Lorient.
- 12 01 2024 : De la Source à la Mer : synthèse des données mesurées sur la Région en 2023 et cas de la baie de Saint Brieuc et de Binic pour bulletin d'information.
- 17 01 2024 : PNMI (P. Pouline) : diagnostic baie de Douarnenez et données pour le plan de gestion du Parc.
- 15 02 2024 : UTL Brest : intervention sur les AV en Bretagne, suivis réalisés, moyens de lutte
- 16 02 2024 : Institut Agro Rennes - Angers : cadre Cours Mer et Littoral : cas des proliférations AV en Bretagne
- 14 02 2024 : CRESEB : réunion visio d'échange pour la préparation Webinaire sur les AV et publi Ceva/ Suivis des AV en Bretagne et relation avec les paramètres milieu.
- 05 03 2024 : Eau et Rivières de Bretagne (Nicolas Forray) : biomasses infralittorales et modélisation + impacts sur les écosystèmes
- 18 03 2024 : journaliste indépendante pour Eau Et Rivière : « coûts cachés des marées vertes »



Annexe 2

(flux 2023 sur les principaux cours d'eau)







Annexe 3

(Publication bibliography)



Abdool-Ghany, Afeefa A.; Pollier, Clément G. L.; Oehlert, Amanda M.; Swart, Peter K.; Blare, Trent; Moore, Kimberly; Solo-Gabriele, Helena M. (2023): Assessing quality and beneficial uses of Sargassum compost. In: Waste management (New York, N.Y.) 171, S. 545–556. DOI: 10.1016/j.wasman.2023.09.030.

Ai, Bo; Wang, Peipei; Yang, Zhengyi; Tian, Yuxin; Liu, Dandan (2023): Spatiotemporal dynamics analysis of aquaculture zones and its impact on green tide disaster in Haizhou Bay, China. In: Marine environmental research 183, S. 105825. DOI: 10.1016/j.marenvres.2022.105825.

Alleyne, Kristie (2023): Spatiotemporal analyses of pelagic Sargassum: biodiversity, morphotypes and arsenic content: World Maritime University.

Alleyne, Kristie S. T.; Johnson, Donald; Neat, Francis; Oxenford, Hazel A.; Vallès, Henri (2023a): Seasonal variation in morphotype composition of pelagic Sargassum influx events is linked to oceanic origin. In: Sci Rep 13 (1), S. 3753. DOI: 10.1038/s41598-023-30969-2.

Alleyne, Kristie S. T.; Small, Micaela; Corbin, Makeda; Vallès, Henri; Oxenford, Hazel A. (2023b): Free-swimming fauna associated with influxes of pelagic sargassum: Implications for management and harvesting. In: Front. Mar. Sci. 10, Artikel 1090742, S. 1090742. DOI: 10.3389/fmars.2023.1090742.

Anisha, Grace Sathyanesan; Augustianath, Tessy; Padmakumari, Savitha; Singhanian, Reeta Rani; Pandey, Ashok; Patel, Anil Kumar (2023): Ulvan from green macroalgae: Bioactive properties advancing tissue engineering, drug delivery systems, food industry, agriculture and water treatment. In: Bioresource Technology Reports 22, S. 101457. DOI: 10.1016/j.biteb.2023.101457.

Arita, Julianna T.; Iporac, Lowell Andrew R.; Bally, Natalie K.; Fujii, Mutue T.; Collado-Vides, Ligia (2023): Integrative Literature Analysis of Holopelagic Sargassum (Sargasso) in the Western Atlantic (2011–2022): Status, Trends, and Gaps. In: Phycology 3 (4), S. 447–458. DOI: 10.3390/phycolgy3040030.

Bao, Menglin; Xing, Qikun; Park, Ji-Sook; He, Peimin; Zhang, Jianheng; Yarish, Charles; Kim, Jang K. (2023): Temperature and high nutrients enhance hypo-salinity tolerance of the bloom forming green alga, *Ulva prolifera*. In: Harmful Algae 123, S. 102402. DOI: 10.1016/j.hal.2023.102402.

Beer, Sven (2023): Photosynthetic traits of the ubiquitous and prolific macroalga *Ulva* (Chlorophyta): a review. In: European Journal of Phycology 58 (4), S. 390–398. DOI: 10.1080/09670262.2022.2150894.

Bermejo, Ricardo; Galindo-Ponce, Maria; Golden, Nessa; Linderhoff, Charlene; Heesch, Svenja; Hernández, Ignacio; Morrison, Liam (2023): Two bloom-forming species of *Ulva* (Chlorophyta) show different responses to seawater temperature and no antagonistic interaction. In: Journal of phycology 59 (1), S. 167–178. DOI: 10.1111/jpy.13302.

Bermejo, Ricardo; Golden, Nessa; Haro, Sara; Karki, Sita; MacMonagail, Michéal; García-Poza, Sara et al. (2024): Macroalgal blooms in transitional and coastal waters: management - pressures, policy and solutions (MACRO-MAN). (2018-W-MS-32). Online version. Johnstown Castle, Co. Wexford, Ireland: Environmental Protection Agency (EPA Research report, no. 447). Online verfügbar unter <https://www.epa.ie/publications/research/water/macroalgal-blooms-in-transitional-and-coastal-waters-management--pressurespolicy-and-solutions-macro-man.php>.

Cai, Jianping; Ni, Jiaxuan; Chen, Zeyu; Wu, Shiqi; Wu, Ruijie; He, Chuang et al. (2023): Effects of ocean acidification and eutrophication on the growth and photosynthetic performances of a green tide alga *Ulva prolifera*. In: Front. Mar. Sci. 10, Artikel 1145048, S. 1145048. DOI: 10.3389/fmars.2023.1145048.



Camer-Pesci, Benjamin; Laird, Damian W.; van Keulen, Mike; Vadiveloo, Ashiwin; Chalmers, Michelle; Moheimani, Navid R. (2023): Opportunities of *Asparagopsis* sp. cultivation to reduce methanogenesis in ruminants: A critical review. In: *Algal Research* 76, S. 103308. DOI: 10.1016/j.algal.2023.103308.

Cao, Jiaying; Liu, Jinlin; Zhao, Shuang; Tong, Yichao; Li, Shuang; Xia, Zhangyi et al. (2023a): Advances in the research on micropropagules and their role in green tide outbreaks in the Southern Yellow Sea. In: *Marine pollution bulletin* 188, S. 114710. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2023.114710.

Cao, Mengmeng; Li, Xuyan; Cui, Tingwei; Pan, Xinliang; Li, Yan; Chen, Yanlong et al. (2023b): Unprecedented green macroalgae bloom: mechanism and implication to disaster prediction and prevention. In: *International Journal of Digital Earth* 16 (1), S. 3772–3793. DOI: 10.1080/17538947.2023.2257658.

Carneiro, Victor Andrei Rodrigues; Martins, Nuno Tavares; Da Albuquerque Silva, Sebastiana Lidiolda; Barros-Barreto, Maria Beatriz de; Pereira, Sonia Barreto; Cassano, Valéria (2023): Revealing the diversity of the genus *Ulva* (Ulvales, Chlorophyta) in southeastern Brazil, with a description of *Ulva kanagawae* sp. nov. In: *Phycologia* 62 (5), S. 407–420. DOI: 10.1080/00318884.2023.2243433.

Carrillo-Domínguez, Silvia; Rodríguez-Martínez, Rosa E.; Díaz-Martínez, Margarita; Magaña-Gallegos, Edén; Cuchillo-Hilario, Mario (2023): Potential application of pelagic *Sargassum* spp. in animal feeding. In: *J Appl Phycol* 35 (1), S. 433–444. DOI: 10.1007/s10811-022-02877-x.

Chandler, Chris J.; Ávila-Mosqueda, Silvia Valery; Salas-Acosta, Evelyn Raquel; Magaña-Gallegos, Eden; Mancera, Edgar Escalante; Reali, Miguel Angel Gómez et al. (2023): Spectral Characteristics of Beached *Sargassum* in Response to Drying and Decay over Time. In: *Remote Sensing* 15 (17), S. 4336. DOI: 10.3390/rs15174336.

Chen, Yili; Zheng, Mingshan; Jiang, Jianan; Hu, Wei; Xu, Nianjun; Li, Yahe (2023): Enhancement of growth in *Ulva prolifera* by diurnal temperature difference combined with nitrogen enrichment. In: *Marine environmental research* 186, S. 105905. DOI: 10.1016/j.marenvres.2023.105905.

Cheng, Yi-Chi; Gallissot, Marie; Suarez, Maria Garcia; Kim, Sung Woo (2023): 236 Effects of Dietary Supplementation of Mixed *Ulva* Spp. and *Solieria Chordalis* on Intestinal Health and Growth Performance of Nursery Pigs. In: *J Anim Sci* 101 (Supplement_2), S. 139–140. DOI: 10.1093/jas/skad341.156.

Choi, Sun Kyeong; Ham, Seong Bin; Park, Sang Rul (2023a): Prospects for golden tides in the East China Sea under climate change: Changes in water temperature and *Sargassum horneri* in Jeju Island, Korea. In: 2023년도 한국해양과학기술협의회 공동학술대회(한국해양학회). Online verfügbar unter <https://sciwatch.kiost.ac.kr/handle/2020.kiost/44928>.

Choi, Yujeong; Yang, Kyungsun; Lee, Min Young; Youn, Suk Hyun; Son, Moonho; Park, Sang Rul; Kim, Tae-Hoon (2023b): Factors controlling massive green tide blooms on the coasts of Jeju Island, Korea. In: *Marine pollution bulletin* 186, S. 114446. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2022.114446.

CHOWDHURY, SREE JUWEL KUMAR; Harun-Al-Rashid, Ahmed; Yang, Chan-Su; Shin, Dae-Woon (2023): Detection of Macroalgal Bloom from Sentinel-1 Imagery. In: *Remote Sensing* 15 (19), S. 4764. DOI: 10.3390/rs15194764.

Cunha, Marta; Nardi, Alessandro; Henriques, Bruno; Soares, Amadeu M.V.M.; Pereira, Eduarda; Regoli, Francesco; Freitas, Rosa (2023): The Role of the Macroalgae *Ulva Lactuca* on the Cellular Effects of Neodymium and Mercury in the Mussel *Mytilus Galloprovincialis*.



Dai, Wei; Wang, Xiaoran; Zhuang, Minmin; Sun, Jingyi; Shen, Yifei; Xia, Zhangyi et al. (2024): Responses of photosynthesis-related genes in *Sargassum horneri* to high temperature stress. In: *Marine pollution bulletin* 199, S. 115944. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2023.115944.

Dong, Shuhang; Xin, Yu; Liu, Chunying; Xiao, Yanqi; Feng, Xiao; Liu, Tao (2023): Two treatment methods on *Ulva prolifera* bloom result in distinctively different ecological effects in coastal environment. In: *Front. Mar. Sci.* 10, Artikel 1084519, S. 1084519. DOI: 10.3389/fmars.2023.1084519.

Du, Xiaopeng; Li, Xinyang; Cheng, Keke; Zhao, Wei; Cai, Zhonghua; Chen, Guofu; Zhou, Jin (2023): Virome reveals effect of *Ulva prolifera* green tide on the structural and functional profiles of virus communities in coastal environments. In: *The Science of the total environment* 883, S. 163609. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.163609.

Egodavitharana, Dayani Imansa; Manori Bambaranda, Bambaranda Vidana Arachchilage Suneetha; Mudannayake, Deshani Chirajeevi (2023): Phytochemical Composition of Two Green Seaweeds (*Ulva lactuca* and *Ulva fasciata*) and their Utilization as a Functional Ingredient in Crackers. In: *Journal of Aquatic Food Product Technology* 32 (2), S. 158–174. DOI: 10.1080/10498850.2023.2174394.

El-Mahrouk, Mohammed E.; Dewir, Yaser H.; Hafez, Yaser M.; El-Banna, Antar; Moghanm, Farahat S.; El-Ramady, Hassan et al. (2023): Assessment of Bioaccumulation of Heavy Metals and Their Ecological Risk in Sea Lettuce (*Ulva* spp.) along the Coast Alexandria, Egypt: Implications for Sustainable Management. In: *Sustainability* 15 (5), S. 4404. DOI: 10.3390/su15054404.

Ferreira, Nicole; Viana, Thainara; Henriques, Bruno; Tavares, Daniela S.; Jacinto, Jéssica; Colónia, João et al. (2023): Application of response surface methodology and box-behnken design for the optimization of mercury removal by *Ulva* sp. In: *Journal of Hazardous Materials* 445, S. 130405. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2022.130405.

Flores-Contreras, Elda A.; Araújo, Rafael G.; Rodríguez-Aguayo, Arath A.; Guzmán-Román, Muriel; García-Venegas, Jesús Carlos; Nájera-Martínez, Erik Francisco et al. (2023): Polysaccharides from the *Sargassum* and Brown Algae Genus: Extraction, Purification, and Their Potential Therapeutic Applications. In: *Plants* 12 (13), S. 2445. DOI: 10.3390/plants12132445.

Gabrielson, Paul W.; Smith, Anna Claire; Bruno, John F.; Vision, Todd J.; Brandt, Margarita (2024): Taxonomic assessment of blade-forming *Ulva* species (Ulvales, Chlorophyta) in the Galápagos Archipelago, Ecuador using DNA sequencing. DOI: 10.1515/bot-2023-0079.

Han, Hongbin; Wen, Ruobing; Wang, Hui; Zhao, Sheng (2023a): Comparison of growth and nutrient uptake capacities of three dominant species of Qinhuangdao green tides. In: *Acta Oceanol. Sin.* 42 (4), S. 114–123. DOI: 10.1007/s13131-022-2100-7.

Han, Hongbin; Zhao, Sheng; Song, Xiaoli; Wang, Hui (2023b): The Overwintering Capability of *Ulva prolifera* Spores and Gametes in the Yellow Sea, China. In: *J. Ocean Univ. China* 22 (2), S. 509–516. DOI: 10.1007/s11802-023-5260-y.

Haro, Sara; Bermejo, Ricardo; Wilkes, Robert; Bull, Lorraine; Morrison, Liam (2023): Monitoring intertidal golden tides dominated by *Ectocarpus siliculosus* using Sentinel-2 imagery. In: *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 122, S. 103451. DOI: 10.1016/j.jag.2023.103451.

He, Ruyan; Zeng, Yinqing; Zhao, Shuang; Zhang, Jianheng; He, Peimin; Liu, Jinlin (2023): Use of citric acid-activated chlorine dioxide to control *Ulva prolifera*. In: *Marine pollution bulletin* 194 (Pt B), S. 115357. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2023.115357.



Herrero, Javier Jiménez; Simes, Dina Costa; Abecasis, Rita; Relvas, Paulo; Garel, Erwan; Ventura Martins, Paula; Santos, Rui (2023): Monitoring invasive macroalgae in southern Portugal: drivers and citizen science contribution. In: *Front. Environ. Sci.* 11, Artikel 1324600. DOI: 10.3389/fenvs.2023.1324600.

Hu, Chuanmin; Qi, Lin; Hu, Lianbo; Cui, Tingwei; Xing, Qianguo; He, Mingxia et al. (2023a): Mapping *Ulva prolifera* green tides from space: A revisit on algorithm design and data products. In: *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 116, S. 103173. DOI: 10.1016/j.jag.2022.103173.

Hu, Chuanmin; Zhang, Shuai; Barnes, Brian B.; Xie, Yuyuan; Wang, Mengqiu; Cannizzaro, Jennifer P.; English, David C. (2023b): Mapping and quantifying pelagic *Sargassum* in the Atlantic Ocean using multi-band medium-resolution satellite data and deep learning. In: *Remote Sensing of Environment* 289, S. 113515. DOI: 10.1016/j.rse.2023.113515.

Huan, Li; Shi, Mengmeng; Wang, Xulei; Gu, Wenhui; Zhang, Baoyu; Liu, Xuehua et al. (2023): Morphological characteristics and genetic diversity of floating and attached *Ulva prolifera*--A case study in the Yellow Sea, China. In: *Marine pollution bulletin* 195, S. 115468. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2023.115468.

Huang, Bingxin; Ding, Lanping; Zhang, Yao; Guo, Youxuan; Liang, Junxia; Xie, Yanqi; Chu, Yue (2023a): Two-stage reproduction derived from cells of thallus could directly contribute to seeds for green tidal algal *Enteromorpha (Ulva) prolifera/clathrata* bloom, with disclosure of their ephemeral trait. In: *Acta Oceanol. Sin.* 42 (9), S. 101–112. DOI: 10.1007/s13131-023-2158-x.

Huang, Xintong; Tong, Shanying; Xu, Dong; Li, Fang; Ye, Naihao (2023b): Combined effects of ocean deoxygenation, acidification, and phosphorus limitation on green tide macroalga, *Ulva prolifera*. In: *The Science of the total environment* 894, S. 164982. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.164982.

Hur, Sang-Woo; Cadangin, Josel; Lee, Seunghan; Lee, Ji-Hye; Park, Su-Jin; Jang, Won-Je; Choi, Youn-Hee (2023): Dietary replacement of *Undaria pinnatifida* by *Sargassum horneri* in feed formulation for abalone *Haliotis discus hannai*: Effect on growth, gut microbiota, and taste sensory profile. In: *Front. Mar. Sci.* 10, Artikel 1053240, S. 1053240. DOI: 10.3389/fmars.2023.1053240.

Israel, Álvaro; Shpigel, Muki (2023): Photosynthetic CO₂ uptake by *Ulva* (Chlorophyta) as a potential contribution to global warming containment. In: *J Appl Phycol* 35 (5), S. 1987–1994. DOI: 10.1007/s10811-023-02929-w.

Jeong, Seong-Mok; Gunathilaka, Buddhi E.; Khosravi, Sanaz; Cho, Min-Uk; Kwak, Inae; Han, Young-Suk; Lee, Sang-Min (2023): Effects of *Sargassum horneri* as a substitute for *Undaria pinnatifida* in high plant protein diet for juvenile Pacific abalone (*Haliotis discus discus*, Reeve 1846). In: *2352-5134* 30, S. 101607. DOI: 10.1016/j.aqrep.2023.101607.

Ji, Menghao; Zhao, Chengyi; Dou, Xin; Wang, Can; Zhou, Dian; Zhu, Jianting (2023): Identification and assessment of the drift velocity of green tides using the maximum cross-correlation method in the Yellow Sea. In: *Marine pollution bulletin* 194 (Pt A), S. 115420. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2023.115420.

Jiang, Jianan; Xu, Nianjun; Yuan, Jie; Zhu, Wenrong; Li, Yahe (2023a): The sporogenesis is partly regulated by oxidative signal in *Ulva prolifera*: A physiological and transcriptomic perspective. In: *Algal Research* 70, S. 102991. DOI: 10.1016/j.algal.2023.102991.

Jiang, Xiaopeng; Gao, Meng; Gao, Zhiqiang (2023b): Satellite Tracing Floating Green Algae Blooms: Drifting Velocity Estimation and Quantitative Analysis of Driving Factors.

Jocelyn, Tapia-Fuentes; Areanely, Cruz-Salas Arely; Carolina, Martínez-Salvador; Sara, Ojeda-Benítez; Alethia, Vázquez-Morillas; Carlos, Álvarez-Zeferino Juan (2023): Presence of microplastics deposited in



Sargassum sp. on sandy beaches. In: *Regional Studies in Marine Science* 66, S. 103152. DOI: 10.1016/j.rsma.2023.103152.

Jousselin, Clément; Pliego-Cortés, Hugo; Damour, Alexia; Garcia, Magali; Bodet, Charles; Robledo, Daniel et al. (2023): Anti-SARS-CoV-2 Activity of Polysaccharides Extracted from *Halymenia floresii* and *Solieria chordalis* (Rhodophyta). In: *Marine drugs* 21 (6), S. 348. DOI: 10.3390/md21060348.

Kuang, Cuiping; Wang, Dan; Liu, Jiantao; Wang, Gang; Li, Yan; Fan, Jiadong (2023): Roles of River Input and Reclamation Projects in the Development of Green Tides in Jinmeng Bay, China. In: *SSRN Journal*. DOI: 10.2139/ssrn.4439312.

La Barrera-Bautista, Betsabé de; Metcalfe, Sarah E.; Smith, Geoff; Sjögersten, Sofie; Boyd, Doreen S.; Cerdeira-Estrada, Sergio et al. (2023): Monitoring holopelagic *Sargassum* spp. along the Mexican Caribbean coast: understanding and addressing user requirements for satellite remote sensing. In: *Front. Mar. Sci.* 10, Artikel 1166000, S. 1166000. DOI: 10.3389/fmars.2023.1166000.

Lane-Medeiros, L.; Puppim-Gonçalves, C. T.; Angelini, R.; Lira, A. S.; Lucena-Frédou, F.; Freire, F. A. M. (2023): Macroalgal blooms affect the food web of tropical coastal ecosystems impacted by fisheries. In: *Marine environmental research* 184, S. 105858. DOI: 10.1016/j.marenvres.2022.105858.

Lazcano-Hernandez, Hugo E.; Arellano-Verdejo, Javier; Rodríguez-Martínez, Rosa E. (2023): Algorithms applied for monitoring pelagic *Sargassum*. In: *Front. Mar. Sci.* 10, Artikel 1216426. DOI: 10.3389/fmars.2023.1216426.

Le Gao; Li, Xiaofeng; Guo, Yuan; Kong, Fanzhou; Yu, Rencheng (2023): Detection and Analysis of Marine Green Algae Based on Artificial Intelligence. In: Xiaofeng Li und Fan Wang (Hg.): *Artificial Intelligence Oceanography*. 1st ed. 2023. Singapore: Springer Verlag, Singapore, S. 277–285.

Lee, Seul Ah; Han, Seul Hee; Jang, Ji Yun; Park, Bo-Ram; Kim, Chun Sung (2023a): Chondroprotective Effects of *Ulva prolifera* on Osteoarthritis through MAPKs Signaling Inhibition. In: *Preventive nutrition and food science* 28 (1), S. 43–49. DOI: 10.3746/pnf.2023.28.1.43.

Lee, Tae Hee; Son, Young Baek; Kim, Hyung Jeek (2023b): Green tide development associated with submarine groundwater discharge and land-based aquaculture farm effluent in the Bangdu bay, Jeju, Korea. In: *PICES-2023 Annual Meeting*, S. 143. Online verfügbar unter <https://sciwatch.kiost.ac.kr/handle/2020.kiost/44800>.

León-Pérez, Mariana C.; Reisinger, Anthony S.; Gibeaut, James C. (2023): Spatial-temporal dynamics of decaying stages of pelagic *Sargassum* spp. along shorelines in Puerto Rico using Google Earth Engine. In: *Marine pollution bulletin* 188, S. 114715. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2023.114715.

Li, Chen; Tang, Tiancheng; Du, Yuguang; Jiang, Ling; Yao, Zhong; Ning, Limin; Zhu, Benwei (2023a): *Ulvan* and *Ulva* oligosaccharides: a systematic review of structure, preparation, biological activities and applications. In: *Bioresour. Bioprocess.* 10 (1), S. 1–17. DOI: 10.1186/s40643-023-00690-z.

Li, Chongxiang; Tang, Yiyuan; Sun, Wenhui; Xia, Jing; Xia, Zhangyi; Zhang, Jianheng et al. (2023b): Physiological responses of *Ampithoe valida* and its feeding potential on *Ulva prolifera*. In: *Marine environmental research* 186, S. 105942. DOI: 10.1016/j.marenvres.2023.105942.

Li, Chuan; Zhu, Xiangyu; Li, Xuwen; Jiang, Sheng; Shi, Hao; Zhang, Yue et al. (2023c): All-Weather Monitoring of *Ulva prolifera* in the Yellow Sea Based on Sentinel-1, Sentinel-3, and NPP Satellite Data. In: *Remote Sensing* 15 (24), S. 5772. DOI: 10.3390/rs15245772.



Li, Dongxue; Gao, Zhiqiang (2023): Automated Extraction Method for Macroalgae Based on Google Earth Engine (Gee) - a Case Study on Green Tides in the Yellow Sea: Elsevier BV.

Li, Hongmei; Feng, Xiuting; Xiong, Tianqi; He, Chen; Wu, Wangchi; Shi, Quan et al. (2023d): Green Tides Significantly Alter the Molecular Composition and Properties of Coastal DOC and Perform Dissolved Carbon Sequestration. In: Environmental Science & Technology 57 (1), S. 770–779. DOI: 10.1021/acs.est.2c05684.

Li, Hongmei; Feng, Xiuting; Xiong, Tianqi; Shao, Wei; Wu, Wangchi; Zhang, Yongyu (2023e): Particulate Organic Carbon Released during Macroalgal Growth Has Significant Carbon Sequestration Potential in the Ocean. In: Environmental Science & Technology 57 (48), S. 19723–19731. DOI: 10.1021/acs.est.3c04959.

Li, Jinyu; Zhang, Shengjia; Zhang, Chao; Zhu, Hongchun (2023f): Distinguishing *Ulva prolifera* and *Sargassum horneri* by using multi-feature-based ResUnet algorithm. In: Marine Geodesy 46 (4), S. 376–401. DOI: 10.1080/01490419.2023.2197265.

Li, Shuang; Xia, Zhangyi; Cao, Jiaying; Zhang, Jianheng; He, Pei-min (2023g): Distribution of *Ulva* Spp. Before and after the Outbreak of the Yellow Sea Green Tide in Aquaculture Ponds and Rivers Nearshore Jiangsu, China.

Li, Xiaofeng; Wang, Fan (Hg.) (2023): Artificial Intelligence Oceanography. 1st ed. 2023. Singapore: Springer Verlag, Singapore.

Li, Yan; Ma, Xiaojun; Jiang, Meijie; Song, Wei; Han, Hongbin (2023h): Annual patterns of green tides blooms in the coastal waters of Qinhuangdao from 2018 to 2020. In: Journal of Sea Research 196, S. 102461. DOI: 10.1016/j.seares.2023.102461.

Li, Yan; Ma, Xiaojun; Jiang, Meijie; Song, Wei; Wang, Gang; Han, Hongbin (2023i): Molecular identification and nutritional analysis of green tide algae in the coastal waters of Qinhuangdao, China. In: Front. Mar. Sci. 10, Artikel 1293002, S. 1293002. DOI: 10.3389/fmars.2023.1293002.

Li, Zhiyong; Wang, Yehua; Fu, Caiwei; Zhang, Dongren; Che, Tuanjie; Shen, Songdong (2023j): Characterization of SARS-COV-2 main protease inhibitory peptides from *Ulva prolifera* proteins. In: J. Ocean. Limnol. 41 (5), S. 1887–1899. DOI: 10.1007/s00343-022-2200-4.

Liu, Jianqiang; YE, Xiaomin; Song, Qingjun; DING, Jing; Zou, Bin (2023a): Products of HY-1C/D ocean color satellites and their typical applications. In: National Remote Sensing Bulletin 27 (1), S. 1–13. DOI: 10.11834/jrs.20235002.

Liu, Qing; Cui, Ruifei; Lin, Jianing; Kang, Zhenjun; Zhou, Xiaojian (2023b): Competition relations between selected microalgae and bloom-forming *Ulva prolifera*. In: J. Mar. Biol. Ass. 103, e43. DOI: 10.1017/S0025315423000310.

Liu, Yong-Juan; Xiao, Jie; Fan, Shi-Liang; Miao, Xiao-Xiang; Yuan, Chao; Zang, Yu et al. (2023c): Distribution and diversity of the sympatric macroalgae of the pelagic *Sargassum horneri* in the Yellow and East China seas. In: Aquatic Botany 188, S. 103683. DOI: 10.1016/j.aquabot.2023.103683.

Louis, Justine; Ballu, Sylvain; Rossi, Nadège; Lasbleiz, Marine; Perrot, Thierry; Daniel, Clément et al. (2023): Multi-year renewal of green tides: 18 years of algal mat monitoring (2003-2020) on French coastline (Brittany region). In: Marine pollution bulletin 193, S. 115173. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2023.115173.

Luo, Hongtian; Yang, Yufeng; Xie, Songguang (2023): The ecological effect of large-scale coastal natural and cultivated seaweed litter decay processes: An overview and perspective. In: Journal of Environmental Management 341, S. 118091. DOI: 10.1016/j.jenvman.2023.118091.



Lyu, Xinrong; Zhou, Jun; Ren, Peng; Frery, Alejandro C. (2023): Classification With Unbalanced Samples by Self-Sampling and Semicorrelated Co-Training— An Application to Algal Bloom Detection. In: IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing 61, S. 1–12. DOI: 10.1109/tgrs.2023.3299312.

Magaña-Gallegos, Edén; Villegas-Muñoz, Eva; Salas-Acosta, Evelyn Raquel; Barba-Santos, M. Guadalupe; Silva, Rodolfo; van Tussenbroek, Brigitta I. (2023): The Effect of Temperature on the Growth of Holopelagic Sargassum Species. In: Phycology 3 (1), S. 138–146. DOI: 10.3390/phycolgy3010009.

Marsh, Robert; Skliris, Nikolaos; Tompkins, Emma L.; Dash, Jadunandan; Dominguez Almela, Victoria; Tonon, Thierry et al. (2023): Climate-sargassum interactions across scales in the tropical Atlantic. In: PLOS Climate 2 (7), e0000253. DOI: 10.1371/journal.pclm.0000253.

Men, Yanzhuo; Liu, Yingying; Ma, Yufei; Wong, Ka Po; Tsou, Jin Yeu; Zhang, Yuanzhi (2023): Remote Sensing Monitoring of Green Tide Disaster Using MODIS and GF-1 Data: A Case Study in the Yellow Sea. In: Journal of Marine Science and Engineering 11 (12), S. 2212. DOI: 10.3390/jmse11122212.

NARRAIN, DARSHINI; BAULROOP, JAYA; BHAGOOLI, RANJEET; BAHORUN, THEESAN (2023): Differential photosynthetic, phytochemical and antioxidative responses of three macroalgae *Ulva lactuca*, *Gracilaria salicornia* and *Turbinaria ornata* exposed to thermal and irradiance conditions. In: Indo Pac J Ocean Life 7 (1). DOI: 10.13057/oceanlife/o070101.

Ortega-Flores, Paulina Annette; Gobert, Tristan; Méndez-Rodríguez, Lía Celina; Serviere-Zaragoza, Elisa; Connan, Solène; Robledo, Daniel et al. (2023): Inorganic arsenic in holopelagic *Sargassum* spp. stranded in the Mexican Caribbean: Seasonal variations and comparison with international regulations and guidelines. In: Aquatic Botany 188, S. 103674. DOI: 10.1016/j.aquabot.2023.103674.

Pan, Xinliang; Meng, Dongdong; Ren, Peng; Xiao, Yanfang; Kim, Keunyoung; Mu, Bing et al. (2023): Macroalgae monitoring from satellite optical images using Context-sensitive level set (CSLS) model. In: 1470-160X 149, S. 110160. DOI: 10.1016/j.ecolind.2023.110160.

Peter, Nila Rekha; Raja, Nishan Raja; Rengarajan, Jayakumar; Radhakrishnan Pillai, Aravind; Kondusamy, Ambasankar; Saravanan, Aravind Kumar et al. (2024): A comprehensive study on ecological insights of *Ulva lactuca* seaweed bloom in a lagoon along the southeast coast of India. In: Ocean & Coastal Management 248, S. 106964. DOI: 10.1016/j.ocecoaman.2023.106964.

Pootthachaya, Padsakorn; Puangsap, Warin; Bunchalee, Pasakorn; Plangklang, Pensri; Reungsang, Alissara; Yuangsoi, Bundit et al. (2023): Investigation of nutritional profile, protein solubility and in vitro digestibility of various algae species as an alternative protein source for poultry feed. In: Algal Research 72, S. 103147. DOI: 10.1016/j.algal.2023.103147.

Putman, Nathan F.; Beyea, R. Taylor; Iporac, Lowell Andrew R.; Triñanes, Joaquin; Ackerman, Emilie G.; Olascoaga, Maria J. et al. (2023): Improving satellite monitoring of coastal inundations of pelagic *Sargassum* algae with wind and citizen science data. In: Aquatic Botany 188, S. 103672. DOI: 10.1016/j.aquabot.2023.103672.

Qi, L.; Wang, M.; Hu, C. (2023a): Uncertainties in MODIS-Derived *Ulva Prolifera* Amounts in the Yellow Sea: A Systematic Evaluation Using Sentinel-2/MSI Observations. In: IEEE Geosci. Remote Sensing Lett. 20, S. 1–5. DOI: 10.1109/LGRS.2023.3272889.

Qi, Lin; Cheng, Peng; Wang, Menghua; Hu, Chuanmin; Xie, Yuyuan; Mao, Keyu (2023b): Where does floating *Sargassum* in the East China Sea come from? In: Harmful Algae 129, S. 102523. DOI: 10.1016/j.hal.2023.102523.



Qi, Lin; Hu, Chuanmin; Lu, Yingcheng; MA, Ronghua (2023c): Spectral analysis and identification of floating algal blooms in oceans and lakes based on HY-1C/D CZI observations. In: National Remote Sensing Bulletin 27 (1), S. 157–170. DOI: 10.11834/jrs.20235009.

Qie, Wandu; Yu, Yanyan; Zheng, Mingshan; Jiang, Jianan; Zhu, Wenrong; Xu, Nianjun; Li, Yahe (2023): Growth and photosynthetic changes of *Ulva prolifera* in response to diurnal temperature variations. In: Aquacult Int, S. 1–15. DOI: 10.1007/s10499-023-01320-3.

Qu, Tongfei; Zhao, Xinyu; Guan, Chen; Hou, Chengzong; Chen, Jun; Zhong, Yi et al. (2023): Structure-Function Covariation of Phycospheric Microorganisms Associated with the Typical Cross-Regional Harmful Macroalgal Bloom. In: Applied and Environmental Microbiology 89 (1), e0181522. DOI: 10.1128/aem.01815-22.

Rahhou, Abderrahmane; Layachi, Mostafa; Akodad, Mustapha; El Ouamari, Najib; Rezzoum, Nor Eddine; Skalli, Ali et al. (2023): The bioremediation potential of *Ulva lactuca* (Chlorophyta) causing green tide in Marchica Lagoon (NE Morocco, Mediterranean Sea): biomass, heavy metals, and health Risk Assessment. In: Water 15 (7), S. 1310. DOI: 10.3390/w15071310.

Rathod, Sachin G.; Anisoddin Kazi, Mudassar; Mantri, Vaibhav A. (2023): Molecular evidence to support the transfer of *Enteromorpha ovata* to genus *Ulva* and evaluate its divergence using multi-locus time-calibrated phylogeny. In: Nordic Journal of Botany 2023 (12), Artikel e04103, e04103. DOI: 10.1111/njb.04103.

Reidenbach, Leah B.; Dudgeon, Steve R.; Kübler, Janet E. (2023): Ocean acidification and ammonium enrichment interact to stimulate a short-term spike in growth rate of a bloom forming macroalga. In: Front. Mar. Sci. 9. Online verfügbar unter <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2022.980657>.

Rodríguez-Martínez, Rosa E.; Torres-Conde, Eduardo Gabriel; Jordán-Dahlgren, Eric (2023): Pelagic Sargassum cleanup cost in Mexico. In: Ocean & Coastal Management 237, S. 106542. DOI: 10.1016/j.ocecoaman.2023.106542.

Rosic, Nedeljka; Thornber, Carol (2023): Biotechnological Potential of Macroalgae during Seasonal Blooms for Sustainable Production of UV-Absorbing Compounds. In: Marine drugs 21 (12), S. 633. DOI: 10.3390/md21120633.

Saedi, Shahab; Kim, Jun Tae; Shokri, Mastaneh; Kim, Ju-Hyoung; Shin, Gye Hwa (2023): Green seaweed (*Ulva ohnoi*) as a new eco-friendly source for preparing transparent and functional regenerated cellulose composite films. In: Cellulose 30 (5), S. 3041–3059. DOI: 10.1007/s10570-023-05055-5.

Segaran, Thirukanthan Chandra; Azra, Mohamad Nor; Handayani, Kiki Syaputri; Lananan, Fathurrahman; Xu, Juntian (2023): Seaweed and climate change: A mapping review. In: Marine environmental research 192, S. 106216. DOI: 10.1016/j.marenvres.2023.106216.

Shang, Weitao; Gao, Zhiqiang; Gao, Meng; Jiang, Xiaopeng (2023): Monitoring Green Tide in the Yellow Sea Using High-Resolution Imagery and Deep Learning. In: Remote Sensing 15 (4), S. 1101. DOI: 10.3390/rs15041101.

Shi, Kunpeng; Fan, Qingxin; Zhan, Min; Pang, Min; Tan, Suxu; Wang, Wenwen et al. (2023): Exploring the effect of *Ulva prolifera* decay on the immune tissue of *Paralichthys olivaceus* based on transcriptomics and histopathological analysis. In: Marine pollution bulletin 194 (Pt A), S. 115410. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2023.115410.

Steinhagen, Sophie; Kramár, Louise; Toth, Gunilla B. (2023): The unheeded existence of the tubular greens: molecular analyses reveal the distribution of a new *Ulva* species (Ulvophyceae, Chlorophyta), *Ulva capillata*



sp. nov. in the Atlantic-Baltic Sea transect. In: *J Appl Phycol* 35 (1), S. 509–522. DOI: 10.1007/s10811-022-02886-w.

Sun, Jingyi; Zhao, Chunyan; Zhao, Shuang; Dai, Wei; Liu, Jinlin; Zhang, Jianheng et al. (2023): Diversity of CO₂ Concentrating Mechanisms in Macroalgae Photosynthesis: A Case Study of *Ulva* sp. In: *Journal of Marine Science and Engineering* 11 (10), S. 1911. DOI: 10.3390/jmse11101911.

Tang, Jun; Jiao, Junnan; Suo, Ziyi; Liu, Yuru; Lu, Yingcheng (2023a): Effect of viewing angle difference on spaceborne optical estimation of floating *Ulva prolifera* biomass in the Yellow Sea. In: *Opt. Express* 31 (18), S. 29986–29993. DOI: 10.1364/OE.498578.

Tang, Jun; Lu, Yingcheng; Jiao, Junnan; Liu, Jianqiang; Hu, Lianbo; DING, Jing et al. (2023b): Optical estimation of green tide biomass in the Yellow sea of China with various satellite images. In: *National Remote Sensing Bulletin* 0 (0), S. 1–17. DOI: 10.11834/jrs.20232535.

Tian, Wei; Wang, Juan; Zhang, Fengli; Liu, Xudong; Yang, Jian; Yuan, Junna et al. (2023): The Detection of Green Tide Biomass by Remote Sensing Images and In Situ Measurement in the Yellow Sea of China. In: *Remote Sensing* 15 (14), S. 3625. DOI: 10.3390/rs15143625.

Torres-Conde, Eduardo Gabriel; van Tussenbroek, Brigitta I.; Rodríguez-Martínez, Rosa E.; Martínez-Daranas, Beatriz (2023): Temporal Changes in the Composition of Beached Holopelagic *Sargassum* spp. along the Northwestern Coast of Cuba. In: *Phycology* 3 (4), S. 405–412. DOI: 10.3390/phycolgy3040027.

van Alstyne, Kathryn L.; Butler, Jennifer K.; Smith, Neal (2023): Airborne dimethyl sulfide (DMS) cues dimethylsulfoniopropionate (DMSP) increases in the intertidal green alga *Ulva fenestrata*. In: *Sci Rep* 13 (1), S. 4298. DOI: 10.1038/s41598-023-30881-9.

Vásquez-Elizondo, Román Manuel; Vázquez-Delfín, Erika; Robledo, Daniel (2023): Growth and photosynthetic physiology of holopelagic *Sargassum* (Phaeophyceae) under laboratory conditions. In: *Phycological Research*, Artikel pre.12541. DOI: 10.1111/pre.12541.

Villalobos Robles, Luis Antonio; Kuroda, Kana (2023): Biogas production from *Sargassum ilicifolium*: Solution for the golden tides in Quintana Roo, Mexico. In: *EUR J SUSTAIN DEV RES* 7 (2), em0211. DOI: 10.29333/ejosdr/12800.

Wan, Haoyang (2023): Analysis of the impact and causes of *Enteromorpha prolifera* disaster in the Yellow Sea. In: *AJEE* 5 (2). DOI: 10.25236/ajee.2023.050202.

Wan, Jianhua; Wan, Xianci; Sun, Lie; Xu, Mingming; Sheng, Hui; Liu, Shanwei et al. (2023): *Ulva Prolifera* subpixel mapping with multiple-feature decision fusion. In: *J. Ocean. Limnol.* 41 (3), S. 865–880. DOI: 10.1007/s00343-022-1324-x.

Wang, Changyou; Zheng, Ping; Su, Rongguo; Luo, Zhuhua; Zhang, Yuanzhi; Mao, Longjiang (2023a): Role of Resuspended Sediments as Sources of Dissolved Inorganic Phosphorus Along Different Dimensions in the Subei Shoal, South Yellow Sea, China. In: *J. Ocean Univ. China* 22 (1), S. 161–170. DOI: 10.1007/s11802-023-5275-4.

Wang, Yanqun; Wang, Dengyu; Zhao, Wenxi; Liu, Hongjun; Li, Li; Bai, Jie (2023b): Inhibitory effect and mechanism of a compound essential oils on *Cladophora glomerata*. In: *Marine pollution bulletin* 188, S. 114668. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2023.114668.

Wang, Zhongyuan; Fang, Zhixiang; Liang, Jianfeng; Song, Xiao (2023c): Estimating *Ulva prolifera* green tides of the Yellow Sea through ConvLSTM data fusion. In: *Environmental pollution (Barking, Essex : 1987)* 324, S. 121350. DOI: 10.1016/j.envpol.2023.121350.



Wang, Zongling; Xiao, Jie; Yuan, Chao; Miao, Xiaoxiang; Fan, Shiliang; Fu, Mingzhu et al. (2023d): The drifting and spreading mechanism of floating *Ulva* mass in the waterways of Subei shoal, the Yellow Sea of China - Application for abating the world's largest green tides. In: Marine pollution bulletin 190, S. 114789. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2023.114789.

Wang, Zongling; Yuan, Chao; Zhang, Xueleij; Liu, Yongjuan; Fu, Mingzhu; Xiao, Jie (2023e): Interannual variations of *Sargassum* blooms in the Yellow Sea and East China Sea during 2017-2021. In: Harmful Algae 126, S. 102451. DOI: 10.1016/j.hal.2023.102451.

WANG Yanli, DONG Zhipeng, WANG Mi; WANG Yanli; DONG Zhipeng; WANG Mi (2023): *Ulva* polifera Detection Method for High Resolution Remote Sensing Images Based on Dual-path Convolutional Neural Networks. In: whdxbxbkxb. DOI: 10.13203/j.whugis20230159.

Wichard, Thomas (2023): From model organism to application: Bacteria-induced growth and development of the green seaweed *Ulva* and the potential of microbe leveraging in algal aquaculture. In: Seminars in cell & developmental biology 134, S. 69–78. DOI: 10.1016/j.semcd.2022.04.007.

Wu Ke, Wang Changying, Huang Rui, Li Huawei; Wu Ke; Wang Changying; Huang Rui; Li Huawei (2023): Automatic extraction of green tide in areas with clouds or solar flares in HY-1C/D CZI multispectral images. In: hyxbzwb 45 (10), S. 168–182. DOI: 10.12284/hyxb2023151.

Xia, Jing; Li, Chongxiang; Tang, Yiyuan; Li, Ji; Wu, Tingjian; Liu, Jinlin; Zhang, Jianheng (2023a): Epizoans on Floating Golden Tide Macroalgae in the Southern Yellow Sea. In: Journal of Marine Science and Engineering 11 (3), S. 479. DOI: 10.3390/jmse11030479.

Xia, Zhangyi; Cao, Xiaoli; Li, Shuang; Cao, Jiaying; Tong, Yichao; Sun, Yuqing et al. (2023b): Distribution of *Ulva* prolifera, the dominant species in green tides along the Jiangsu Province coast in the Southern Yellow Sea, China. In: Journal of Sea Research 196, S. 102436. DOI: 10.1016/j.seares.2023.102436.

Xia, Zhangyi; Liu, Jinlin; Zhao, Shuang; Cui, Qianwen; Bi, Fangling; Zhang, Jianheng; He, Peimin (2023c): Attached *Ulva* meridionalis on nearshore dikes may pose a new ecological risk in the Yellow Sea. In: Environmental pollution (Barking, Essex : 1987) 332, S. 121969. DOI: 10.1016/j.envpol.2023.121969.

Xia, Zhangyi; Yuan, Huanqing; Liu, Jinlin; Zhao, Shuang; Tong, Yichao; Sun, Yuqing et al. (2023d): Biomass and species composition of green macroalgae in the Binhai Harbor intertidal zone of the Southern Yellow Sea. In: Marine pollution bulletin 186, S. 114407. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2022.114407.

Xian, Rui; Yang, Rui; Zhang, Peng; Chen, Weizhou; Luo, Qijun; Chen, Juanjuan; Chen, Haimin (2023): Carotenoid Differences and Genetic Diversity in Populations of *Sargassum hemiphyllum* and *Sargassum fusiforme*. In: Mol Biotechnol 65 (8), S. 1378–1386. DOI: 10.1007/s12033-022-00644-4.

Xing, Qianguo; Liu, Hailong; Li, Jinghu; Hou, Yingzhuo; Meng, Miaomiao; Liu, Chunli (2023): A Novel Approach of Monitoring *Ulva pertusa* Green Tide on the Basis of UAV and Deep Learning. In: Water 15 (17), S. 3080. DOI: 10.3390/w15173080.

Xiong, Tianqi; Li, Hongmei; Yue, Yufei; Hu, Yubin; Zhai, Wei-Dong; Xue, Liang et al. (2023): Legacy Effects of Late Macroalgal Blooms on Dissolved Inorganic Carbon Pool through Alkalinity Enhancement in Coastal Ocean. In: Environmental Science & Technology 57 (5), S. 2186–2196. DOI: 10.1021/acs.est.2c09261.

Xu, Dan; Tang, Yongzheng; Li, Wenlong; Yang, Yingming (2023a): *Ulva* prolifera Stress in the Yellow Sea of China: Suppressed Antioxidant Capacity and Induced Inflammatory Response of the Japanese Flounder (*Paralichthys olivaceus*). In: Animals 13 (24), S. 3768. DOI: 10.3390/ani13243768.



Xu, Jingxiang; Liao, Wei; Liu, Yuning; Guo, Yuling; Jiang, Shiyue; Zhao, Chao (2023b): An overview on the nutritional and bioactive components of green seaweeds. In: *Food Prod Process and Nutr* 5 (1), S. 1–21. DOI: 10.1186/s43014-023-00132-5.

Xu, Shuwen; Yu, Tan; Xu, Jinmeng; Pan, Xishan; Shao, Weizeng; Zuo, Juncheng; Yu, Yang (2023c): Monitoring and Forecasting Green Tide in the Yellow Sea Using Satellite Imagery. In: *Remote Sensing* 15 (8), S. 2196. DOI: 10.3390/rs15082196.

Xu, Zhiguang; Jiang, Xiaotong; Li, Baoqi; Lv, Zhengzheng; Wu, Hongyan; Zang, Shasha et al. (2023d): Effects of UVR on Photosynthesis in *Sargassum horneri* (Turner) C. Agardh Adapted to Different Nitrogen Levels. In: *Journal of Marine Science and Engineering* 11 (3), S. 498. DOI: 10.3390/jmse11030498.

Xu, Zhiguang; Li, Baoqi; Li, Lingxue; Wang, Ning; Wang, Yu; Wang, Hui et al. (2023e): Effects of UV radiation on photosynthesis of *Sargassum muticum*. In: *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 569, S. 151961. DOI: 10.1016/j.jembe.2023.151961.

Xu, Zhihua; Meng, Wenchao; Li, Shuqin; Shan, Jingzhu (2023f): Residents' preference for the management of green tides and its determinants: The evidence from Qingdao, China. In: *Ocean & Coastal Management* 233, S. 106445. DOI: 10.1016/j.ocecoaman.2022.106445.

Xue, Mingyue; Wu, Mengquan; Zheng, Longxiao; Liu, Jiayan; Liu, Longxing; Zhu, Shan et al. (2023): Multi-Factors Synthetically Contribute to *Ulva prolifera* Outbreaks in the South Yellow Sea of China. In: *Remote Sensing* 15 (21), S. 5151. DOI: 10.3390/rs15215151.

Yan ZHANG; Huimin XU; Chunjiang GUAN (2023): Spatial and Temporal Characteristics of Biomass and Composition of Green Tides around Fangchenggang Nuclear Power Plant. In: *Haiyang Kaifa yu guanli* 40 (8), S. 70–76. Online verfügbar unter <https://agris.fao.org/search/en/providers/122436/records/652f996cd5e38ff7731f3dfc>.

Yang, Dian; Yuen, Ka-Veng; Gu, Xingfa; Sun, Chan; Gao, Liang (2023a): Influences of environmental factors on the dissipation of green tides in the Yellow Sea, China. In: *Marine pollution bulletin* 189, S. 114737. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2023.114737.

Yang, Xue; Xu, Hongyan; Lin, Kun; Tan, Liju; Wang, Jiangtao (2023b): Multi-omics integration analysis of long-distance drifting process of green tides in the Yellow Sea simulated in a large-volume flowing water system. In: *The Science of the total environment* 903, S. 166697. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.166697.

Yauchi, Eiji; Wakabayashi, Shun; Oda, Ryoko (2023): Forecasting green tide events in a semi-closed tidal flat using artificial intelligence and environmental big data. In: *Journal of Ecohydraulics*, S. 1–9. DOI: 10.1080/24705357.2023.2204107.

Yu, Dingfeng; Li, Jinming; Xing, Qianguo; An, Deyu; Li, Jinghu (2023a): The Dynamics of Floating Macroalgae in the East China Sea and Its Vicinity Waters: A Comparison between 2017 and 2023. In: *Water* 15 (21), S. 3797. DOI: 10.3390/w15213797.

Yu, Sujie; Sun, Jianzhong; Wang, Qianqian; Wu, Jian; Liu, Jun (2023b): Extraction of bioactive polysaccharide from *Ulva prolifera* biomass waste toward potential biomedical application. In: *International Journal of Biological Macromolecules* 235, S. 123852. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2023.123852.

Yu, Zhiming; Tang, Yingzhong; Gobler, Christopher J. (2023c): Harmful algal blooms in China: History, recent expansion, current status, and future prospects. In: *Harmful Algae* 129, S. 102499. DOI: 10.1016/j.hal.2023.102499.



Zeng, Boxin; Sun, Yonggen; Song, Wei; Wang, Zongling; Zhang, Xuelei (2023): Recurrence of the green tide in the Bohai Sea, China: A green tide caused by coastal reclamation projects. In: *Journal of Sea Research* 191, S. 102333. DOI: 10.1016/j.seares.2022.102333.

Zhang, H.; Liu, J.; Ye, X.; Bai, Y.; Sun, D.; Wang, S.; Dong, S. (2023a): Detecting Sargassum Bloom Directly From Satellite Top-of-Atmosphere Reflectance With High-Resolution Images. In: *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing* 61, S. 1–12. DOI: 10.1109/TGRS.2023.3295826.

Zhang, Peng; Shen, Min-Chong; Zhang, Xin-Yue; Wang, Hai-Ying; Wang, Zhi-Peng (2023b): Valorization of the pelagic Sargassum horneri for co-production of erythritol and alginate oligosaccharides. In: *Bioresource technology* 379, S. 128984. DOI: 10.1016/j.biortech.2023.128984.

Zhang, Yongyu; Liu, Dong; Jiao, Nianzhi (2023c): Tapping Carbon Sequestration Potential of Blooming Macroalgae to Mitigate Climate Change. In: *Ocean-Land-Atmos Res* 2, Artikel 0033. DOI: 10.34133/olar.0033.

Zhao, Chunyan; Sun, Jingyi; Shen, Yifei; Xia, Zhangyi; Hu, Meijuan; Wu, Tingjian et al. (2023a): Removable carbon and storage carbon of golden tides. In: *Marine pollution bulletin* 191, S. 114974. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2023.114974.

Zhao, Hui; Liu, Xuanhong; Jiang, Ting; Cai, Chuner; Gu, Kai; Liu, Yuling; He, Peimin (2023b): Activated abscisic acid pathway and C4 pathway, inhibited cell cycle progression, responses of *Ulva prolifera* to short term high temperature elucidated by multi-omics. In: *Marine environmental research* 183, S. 105796. DOI: 10.1016/j.marenvres.2022.105796.

Zhao, Shuang; Xia, Zhangyi; Liu, Jinlin; Sun, Jingyi; Zhang, Jianheng; He, Peimin (2023c): Morphology, growth, and photosynthesis of *Ulva prolifera* O.F. Müller (Chlorophyta, Ulvophyceae) gametophytes, the dominant green tide species in the Southern Yellow Sea. In: *Journal of Sea Research* 193, S. 102375. DOI: 10.1016/j.seares.2023.102375.

Zheng, Longxiao; Wu, Mengquan; Zhao, Jie; Luan, Shaopeng; Wang, Dongliang; Jiang, Wei et al. (2023): Effects of *Ulva prolifera* dissipation on the offshore environment based on remote sensing images and field monitoring data. In: *Acta Oceanol. Sin.* 42 (6), S. 112–120. DOI: 10.1007/s13131-022-2129-7.

Zhuo, Jintao; Wang, Hong; Du, Yifei; Shi, Mengmeng; Huan, Li; Wang, Guangce (2023): Transcriptomic Analysis of *Ulva prolifera* in Response to Salt Stress. In: *Water* 15 (1), S. 63. DOI: 10.3390/w15010063.