

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 2019-2020

Septembre 2020

Sylvain BALLU : Chef de projet (CEVA)

Bertrand JACQUEMIN : Chef de projet (CEVA)

Anthony LE BRIS : Ingénieur de Projet (CEVA)

Sophie RICHIER : responsable de Pôle « Ecologie & Environnement »

CEVA



## SOMMAIRE

### TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION .....	1
1. Contexte et objectifs .....	2
2. Contenu de la mission et réalisations .....	4
2.1. Information générale sur les marées vertes, leurs causes et les moyens de lutte .....	4
2.2. Appui aux collectivités : marées vertes et moyens de lutte.....	4
2.3. Participation aux différents cycles de réunions régionales sur l'eau et autres réunions .....	5
2.4. Analyse des données de suivis de la marée verte et des paramètres climatiques correspondant ...	5
2.5. Appui à la mise en œuvre de la disposition 10A2 du SDAGE .....	16
2.5.1. Contexte .....	16
2.5.2. Compilation des données.....	18
2.5.3. Méthodes de calcul de flux .....	18
2.5.4. Sélection des données.....	19
2.5.5. Interprétation des données.....	20
2.5.6. SAGEs étudiés et contacts .....	22
2.6. Veille thématique internationale .....	23
2.6.1. Contexte et objectif.....	23
2.6.2. Matériel et méthodes.....	23
2.6.3. Résultats .....	24
3. Conclusion – perspectives .....	76
ANNEXES.....	77



## TABLE DES ILLUSTRATIONS

### Figures

- Figure 1 : Flux moyens mensuels à l'exutoire des bassins versants concernés par les principales proliférations (moyenne des flux mensuels des 7 cours d'eau alimentant les sites du programme « Prolittoral 2002-2006 » + les trois cours d'eau du fond de baie de Saint Brieuc : Gouessant Urne Gouet + l'Horn + le Guillec). Seules certaines années ont été sélectionnées sur ces graphiques, ainsi que les moyennes pluriannuelles 2002-2018 et 2010-2018 (flux des années les plus récentes dont le niveau moyen est moins élevé). La figure 1a présente les flux sur l'ensemble de l'année tandis que la figure 1b présente les flux sur la période la plus sensible. 6
- Figure 2 : Ecart de flux mensuel, annuel et saisonnier aux exutoires des BV AV par rapport aux années antérieures (moyenne des sommes mensuelles pour tous les BV). Sur l'ensemble de la période annuelle le flux est de 35 % inférieur à la moyenne 2010-2018 (déficits les plus élevés en période hivernale, aux mois de janvier, novembre et mars) ; sur la période sensible « mai-août » le flux est de 18 % inférieur au flux moyen 2010-2018 (mai fortement déficitaire, juin légèrement excédentaire et juillet-septembre faiblement déficitaires, autour de 20 %). Ces valeurs régionales sont cependant assez variables selon les territoires. 7
- Figure 3 : Evaluation des flux d'azote inorganique de chaque BV estimés sur l'année en moyenne 2002-2019 (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 2002-2019 de 3 850 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 2002-2019 sur « mai-août » est estimé à 690 T. 7
- Figure 4 : Flux annuel spécifique moyen (2002-2019) 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 70 kg pour l'Horn/Guillec contre 18 sur le BV de la Fresnaye. L'importance de ces flux est en partie conditionnée par l'importance des lames drainantes des BV. 8
- Figure 5 : Ecart, par BV, entre flux d'azote inorganique dissous sur mai-août 2019 et les flux pluriannuels 2010-2018. Les différences observées s'expliquent principalement par les différences locales de pluviosité et les contextes géologiques locaux (+ impact du traitement de l'azote inorganique sur la Step de Saint Brieuc depuis 2006). Flux du Porzay à consolider (utilisation de données de débit de la station locale qui aurait subi un détarage à compenser après de nouvelles mesures). 9
- Figure 6 : Données MétéoFrance sur les différentes stations, en pluviosité (a) et en ensoleillement (b) ; pas de donnée disponible sur Ploumanac'h. 10
- Figure 7 : 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 11
- Figure 8 : Flux d'azote sur la période sensible (moyenne des flux de mai à août sur 8 baies du PLAV) et niveau de marée verte atteint 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 2019 sur la baie de Douarnenez et depuis 2006 sur l'est du département des Côtes d'Armor) ne sont pas comptabilisées ici. 11
- Figure 9 : 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 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 position de 2019 (encerclé de vert) est liée à une forte précocité en baie de Saint Brieuc et faible précocité sur la plupart des autres sites importants en surface. 12
- Figure 10 : 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 mais seuillées au-dessus de 3.5 m de houle ; (c) données de température de l'eau en baie de Morlaix entre 2000 et avril 2019 sur le point Astan au fond -60m (données SOMLIT fournies par la Station Biologique de Roscoff) ; (d) écart en nombre d'heures d'ensoleillement sur les stations MétéoFrance littorales suivies pour ce rapport. 13
- Figure 11 : 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 mais seuillées au-dessus de 3.5 m de houle ; (c) données de température de l'eau en baie de Morlaix entre 2000 et mars 2020 sur le point Astan au fond -60m (données SOMLIT fournies par la Station Biologique de Roscoff (du fait du Covid-19, aucune sortie en mer n'a pu être réalisée depuis le 4 mars...)) ; (d) pourcentage d'écart en nombre d'heures d'ensoleillement sur les stations MétéoFrance littorales suivies pour ce rapport. 14
- Figure 12 : Evaluation des biomasses en ulves sur la baie de Saint Michel en Grève 15



## INTRODUCTION

Dans le cadre du GP5, le CEVA conduit depuis 2008, en maîtrise d'ouvrage, 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 2019 sur une période de 12 mois (15 mars 2019 au 15 mars 2020).

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 2019 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.
- **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.  
Ce projet n'est pas en maîtrise d'ouvrage du CEVA cette année mais porté par l'Agence de l'Eau Loire Bretagne ; les données issues de ce suivi sont cependant exploitées 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 2018 revus à la baisse, autour d'actions dans la lignée des années précédente.

Pour l'année 2019, la proposition faite était de rester sur un niveau d'intervention comparable à ce qui était proposé depuis 2014, et qui permet de répondre, dans les grandes lignes, aux sollicitations des collectivités ainsi qu'aux acteurs impliqués dans la lutte contre les proliférations d'algues vertes. Comme cela avait été le cas les deux années précédentes, le programme 2019 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).

Lors de sa réunion bilan 2018/programme 2019, le 12 mars 2019, le comité de pilotage a demandé au CEVA d'ajouter un volet spécifique au programme 2019 pour appuyer les SAGEs concernés par la disposition 10 A2 du SDAGE 2016-2021 (algues vertes sur vasières) dans la définition des réseaux de mesure de flux de nutriments à mettre en œuvre afin de pouvoir répondre à cette disposition. Le CEVA a donc inclus un volet



spécifique en plus du programme plus classiquement déployé dans le programme « Actions d'expertise scientifique, d'information et de conseil technologique en faveur des programmes de maîtrise des marées vertes de Bretagne ».



## 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 marée verte observée. En 2019, 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. L'Annexe 1 reprend les principales interventions « formelles » du CEVA. Sur la période mars 2019 à mars 2020, ces interventions répertoriées représentent environ 110 interventions.

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

Cette action se poursuit avec des demandes qui restent soutenues, de la part des médias mais aussi des étudiants (nombreux sujets sur les algues vertes, les causes, moyens de lutte, voies de valorisation,...). L'information/formation des années précédentes permettra probablement à plus long terme de diminuer les demandes. En 2019, beaucoup de questions ont été motivées par la situation en baie de Saint Brieuc avec de gros échouages, précoces et la situation de saturation de la Plateforme de Launay Lantic et les putréfactions engendrées localement.

A noter également des demandes de la part d'étudiants (AgroCampusOuest, divers sujet de TIPE) et de la part de diverses structures contribuant à l'information sur l'environnement (ARS, bilan DREAL, Observatoire de l'Environnement en Bretagne,...).

Par ailleurs, un grand nombre de demandes, plus ponctuelles, font l'objet d'échanges (mail, 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 Brieuc en 2019 mais tardive ailleurs doivent donc pouvoir être expliquées et partagées en lien avec les mécanismes sous-jacents aux proliférations.

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 survols annuels (DCE surveillance et RCO) a réalisé une synthèse des observations effectuées. Cette synthèse s'appuie sur une première analyse visuelle des clichés (comparaison pour les sites en « suivi renforcé » du niveau de surface avec les 10 années antérieures ou pré digitalisation « rapide » sur les baies principales) afin d'estimer, avant la phase de digitalisation 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 leur rédaction rapide (rédaction 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 (bilan 2018 le 21 février 2019 puis bilan 2019 le 31/01/2020 consolidé le 4/03/2020).

Outre l'édition de bulletins d'information sur l'évolution de la prolifération, l'action d'appui aux collectivités a représenté environ 40 interventions formelles en 2019. 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 demandes proviennent principalement des structures de SAGE (Bas Léon, Haut Léon, Rance Frémur Baie de Baussais, Baie de Saint Briec, Pays Fouesnantais, Baie de Douarnenez, Golfe du Morbihan-Ria d'Étel, Baie de Lannion, Scorff-Blavet, Ouest Cornouailles, Argoat Trégor Goëlo ...), des comités thématiques algues vertes créés dans le cadre du plan gouvernemental, du groupe permanent de scientifiques en appui au PLAV et, dans une moindre mesure, des structures de bassin versant et des collectivités bretonnes (Syndicats mixtes, communes, communautés de communes, départements, région). La mise en place de l'évaluation environnementale conduite par la Cour des Comptes sur la politique environnementale « Algues vertes » a demandé plusieurs rencontres et de nombreux échanges de données en cours d'année. Le Ceva a été appelé à contribuer à nouveau en 2019 au groupe de travail « ad hoc » sur les machines et stratégies de ramassage innovants mis en place sur la Baie de Saint Briec suite aux putréfactions rencontrées sur cette baie en juin-juillet 2017 puis 2019 (saturation des moyens de ramassage « classiques »).

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 2019 environ 20 réunions. Les principales interventions sont reportées en Annexe 1. Le Ceva est intervenu à plusieurs occasions sur les problématiques de pollutions H<sub>2</sub>S (réunion locales en presqu'île de Rhuys mais aussi en baie de Saint Briec, auprès de l'ARS, de la Direccte) des ramassages (Olmix) ou autres projets de valorisation.

A noter que les moyens humains limités pour répondre aux demandes ont parfois impliqué des réponses plus succinctes ou différées dans le temps. Il semble néanmoins, en bilan annuel, que l'absence du Ceva sur certaines rencontres n'a pas freiné la mise en place d'actions de lutte contre les marées vertes.

### 2.4. Analyse des données de suivis de la marée verte et des paramètres climatiques correspondant

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 la marée verte, en particulier les données de flux d'azote, mais aussi les autres caractéristiques du milieu (houle, température de l'eau, notamment pour décrire la dispersion hivernale mais aussi éventuellement printanière et estivale). 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).

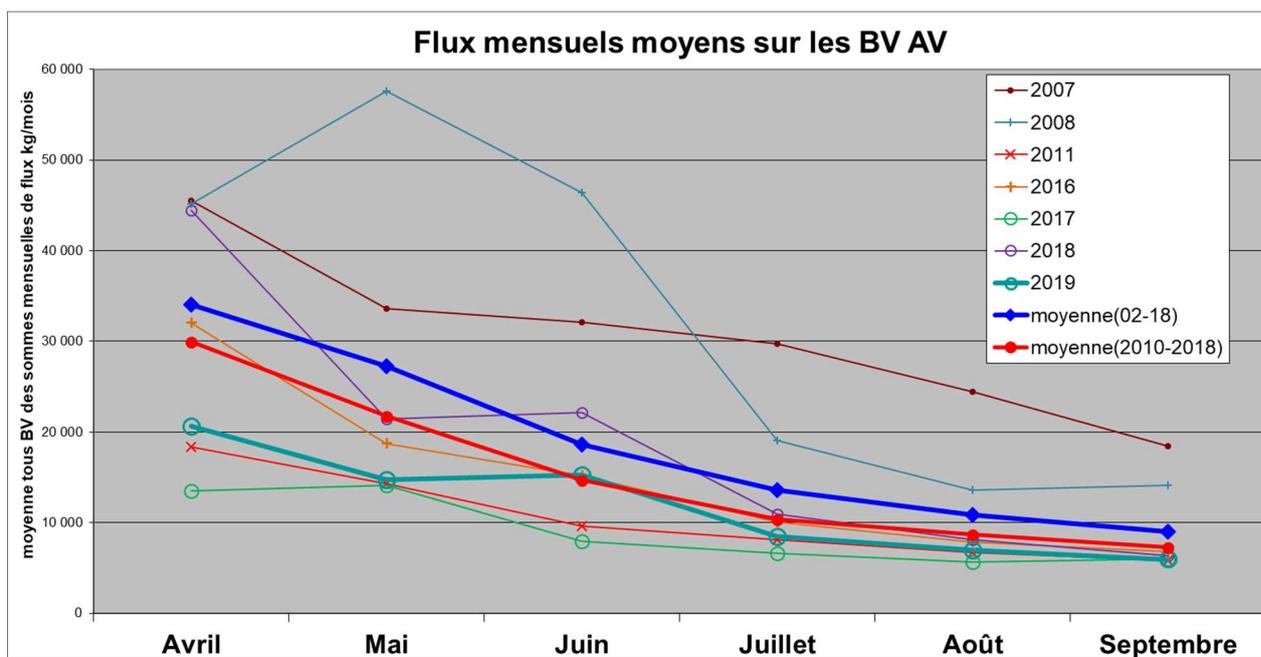
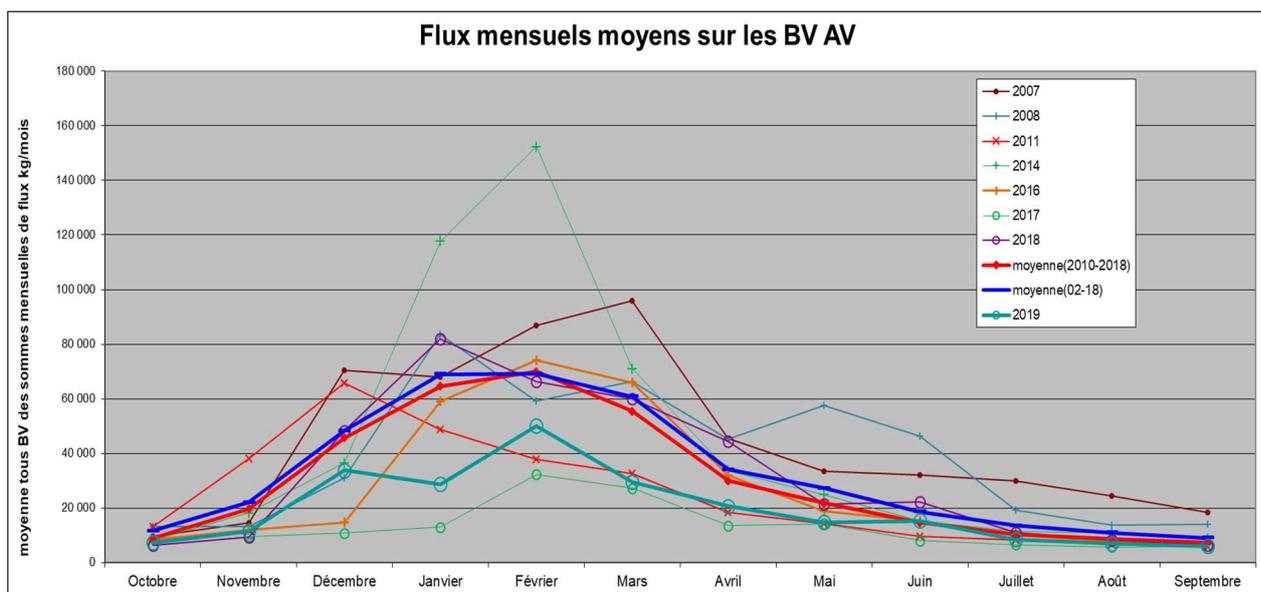


Figure 1 : Flux moyens mensuels à l'exutoire des bassins versants concernés par les principales proliférations (moyenne des flux mensuels des 7 cours d'eau alimentant les sites du programme « Prolittoral 2002-2006 » + les trois cours d'eau du fond de baie de Saint Briec : Guessant Urne Gouet + l'Horn + le Guillec). Seules certaines années ont été sélectionnées sur ces graphiques, ainsi que les moyennes pluriannuelles 2002-2018 et 2010-2018 (flux des années les plus récentes dont le niveau moyen est moins élevé). La figure 1a présente les flux sur l'ensemble de l'année tandis que la figure 1b présente les flux sur la période la plus sensible.

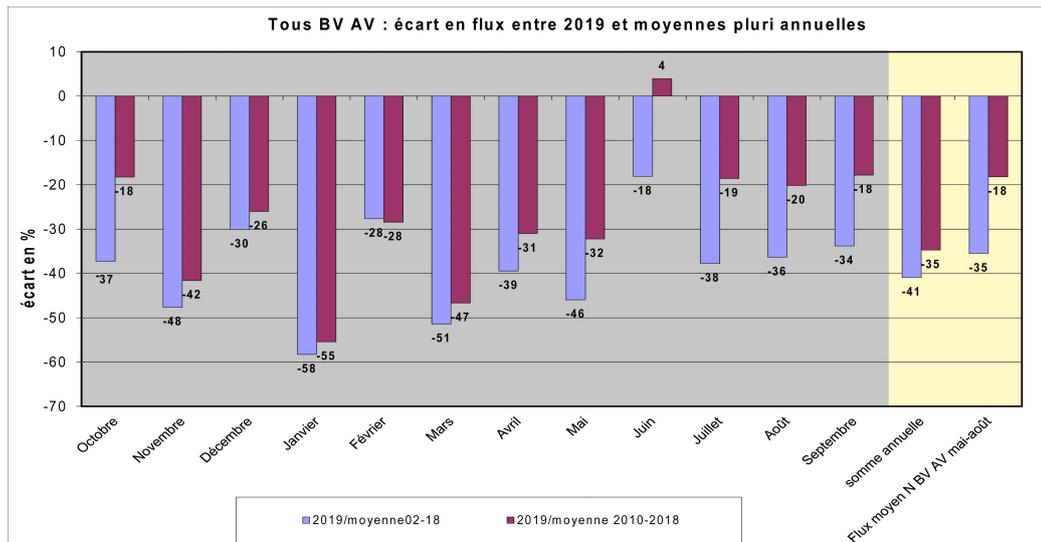


Figure 2 : Ecart de flux mensuel, annuel et saisonnier aux exutoires des BV AV par rapport aux années antérieures (moyenne des sommes mensuelles pour tous les BV). Sur l'ensemble de la période annuelle le flux est de 35 % inférieur à la moyenne 2010-2018 (déficits les plus élevés en période hivernale, aux mois de janvier, novembre et mars) ; sur la période sensible « mai-août » le flux est de 18 % inférieur au flux moyen 2010-2018 (mai fortement déficitaire, juin légèrement excédentaire et juillet-septembre faiblement déficitaires, autour de 20 %). Ces valeurs régionales sont cependant assez variables selon les territoires.

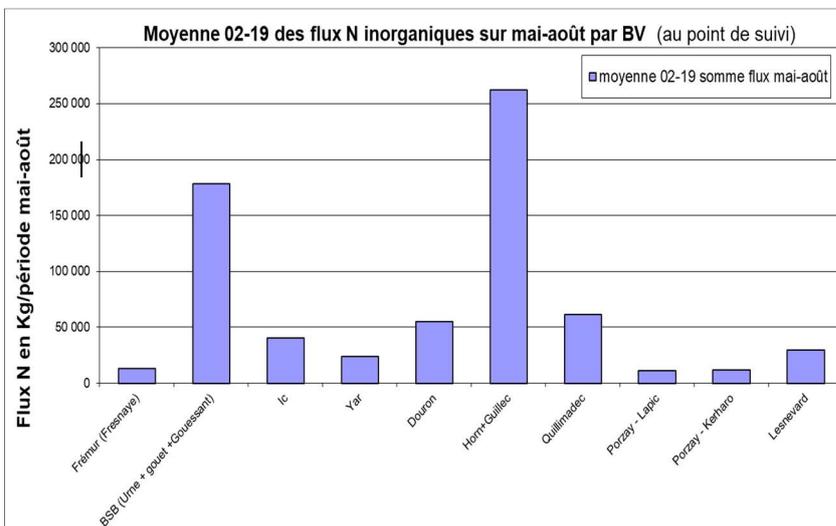
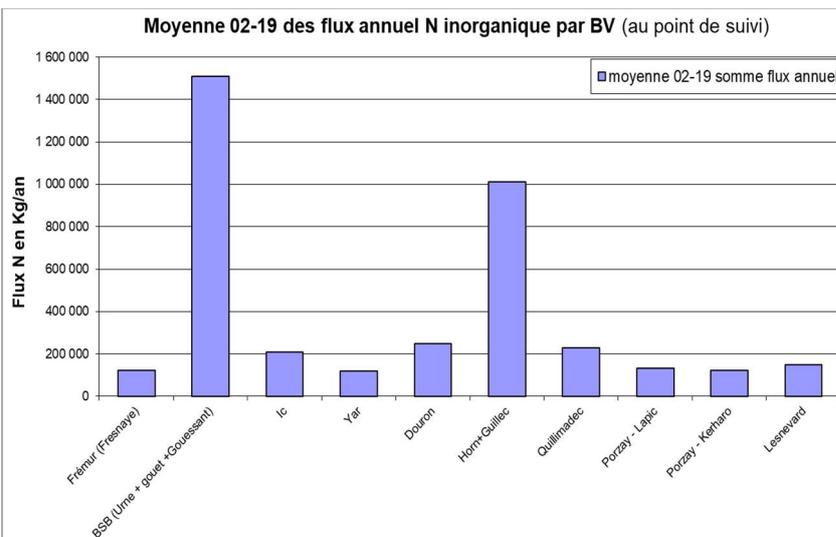


Figure 3 : Evaluation des flux d'azote inorganique de chaque BV estimés sur l'année en moyenne 2002-2019 (Figure 3a) pour la partie du BV suivie (point exutoire du cours d'eau ; ce qui peut être assez différent du flux total du BV dans le cas où plusieurs cours d'eau drainent les BV mais qui permet de visualiser la part de chaque cours d'eau au flux total régional moyen sur 2002-2019 de 3 850 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 2002-2019 sur « -mai-août » est estimé à 690 T.

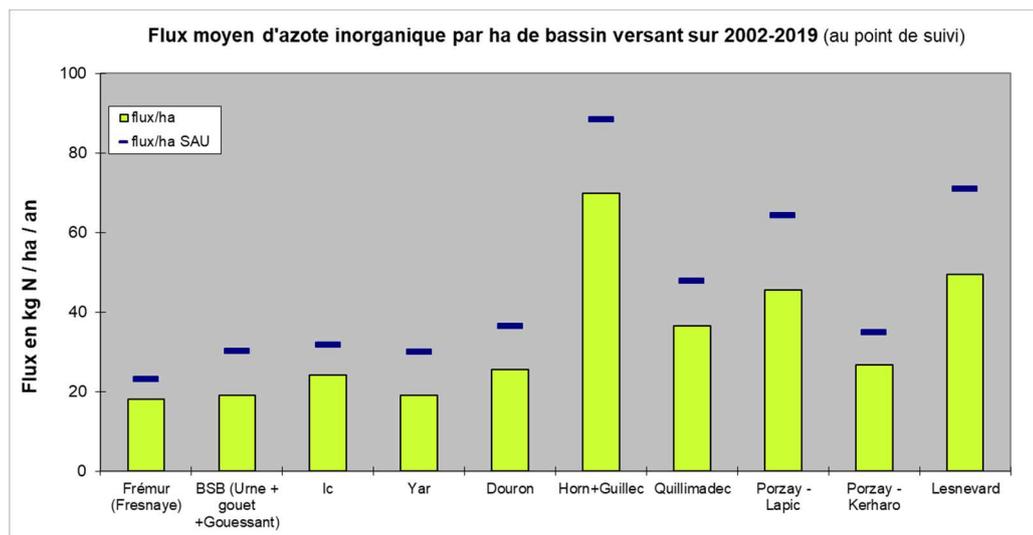


Figure 4 : Flux annuel spécifique moyen (2002-2019) d'azote inorganique de chaque BV (pour la partie du BV suivie ; point exutoire du cours d'eau, idem aux figures 3 a et b). On perçoit des flux spécifiques (par ha de BV ou par ha de SAU) particulièrement importants sur l'Horn+Guillec et sur les cours d'eau de l'ouest Bretagne de manière plus générale. On estime en particulier un flux par ha total de BV de 70 kg pour l'Horn/Guillec contre 18 sur le BV de la Fresnaye. L'importance de ces flux est en partie conditionnée par l'importance des lames drainantes des BV.

**Le flux de l'année hydrologique 2019 (Figure 2) est nettement déficitaire par rapport à la situation moyenne (- 41 % par rapport à 2002-2018 et - 35 % par rapport à 2010-2018).** Si tous les mois (sauf juin si l'on considère la référence 2010-2018) sont déficitaires par rapport à la moyenne, le défaut de flux est le plus important sur les **mois de janvier** (environ 50 à 60 %), **mars et novembre** (40 à 50 %). **Sur la « période sensible » aux proliférations, les niveaux sont plus proches des moyennes :** le flux mai-août est de 18 % inférieur au niveau moyen 2010-2018 (35 % si l'on compare à 2002-2018). Le niveau « moyen régional » mai-août résulte de situations locales **très différentes** (Figure 5) : des flux qui sont sur le Frémur (baie de la Fresnaye) et l'Ic nettement déficitaires (- 40 % par rapport à 2010-2018) alors qu'ils sont au niveau pluriannuel sur la somme des cours d'eau de la baie de Saint Brieuc. Les cours d'eau du nord Finistère et du Yar présentent des flux de 15 à 25 % inférieur au niveau moyen alors que sur le fond de baie de Douarnenez les flux seraient (calibration de la station limnigraphique à consolider) de 40 à 60 % inférieurs au niveau moyen et ceux du Lesnevard (baie de la Forêt) environ 30 % sous le niveau 2010-2018. Ces différences de comportement en flux sont en premier lieu à **mettre en relation avec les différences de pluviosité** sur les différents secteurs avec notamment des **pluies d'orages, en juin**, qui ont été intenses sur la baie de Saint Brieuc (également, mais dans une moindre mesure, sur le reste de la Bretagne). On enregistrait en particulier sur la station Météo France de Saint Brieuc 102 mm de pluie sur le mois de **juin** (dont 77 mm du 5 au 12 juin) **soit plus du double de la pluviosité « normale » mensuelle** (125 % de plus). La nature géologique des bassins versants intervient également dans la réaction en flux à ces pluviosités (réaction plus rapide sur les BV schisteux et plus tamponnée sur les BV granitiques). Et enfin, l'évolution des teneurs moyennes en nutriments ces dernières années jouent également sur les séries de référence de flux (en particulier sur 2002-2018).

**La distribution de ces flux au cours de la saison est, elle aussi, variable selon les bassins versants** comme le présente l'Annexe 2 en lien avec des pluviosités et contextes pédogéologiques différents. Sur les bassins versant de l'Est des Côtes d'Armor les flux augmentent fortement entre mai et juin alors qu'en moyenne pluriannuelle ils diminuent (sur l'ensemble de la baie de Saint Brieuc, les flux augmentent de 70 % quand en moyenne ils diminuent de 40 % et atteignent en juin la valeur « moyenne » de mai). Sur les autres bassins versants, on note également une inflexion entre mai et juin (moindre diminution de flux qu'en moyenne



pluriannuelle) mais pas de remontée de flux entre ces deux mois (bassins versants plus tamponnés de par leur géologie et pluies de juin moins soutenues). **Les situations nutritionnelles sont donc différentes selon les secteurs** avec toutefois des flux **bas en tout début de saison** (avril et mai période rarement limitante) **et un niveau qui devient élevé en juin sur les baies de l'est des Côtes d'Armor** (Saint Brieuc et dans une moindre mesure Fresnaye) à la faveur **d'orages intenses**. Sur les autres bassins versants plus à l'ouest les flux en saison de proliférations ont été plus proches des niveaux moyens (15 à 30 % sur les mois de juin à septembre). Sur la baie de Douarnenez, les flux auraient été très bas jusqu'en août, mois sur lequel ils deviendraient excédentaires (+ 12 % par rapport à 2010-2018). Le Lesnevard présente un profil un peu similaire avec des flux de l'ordre de 30 % inférieur au moyenne jusqu'en juillet devenant plus conformes aux moyennes en août puis septembre.

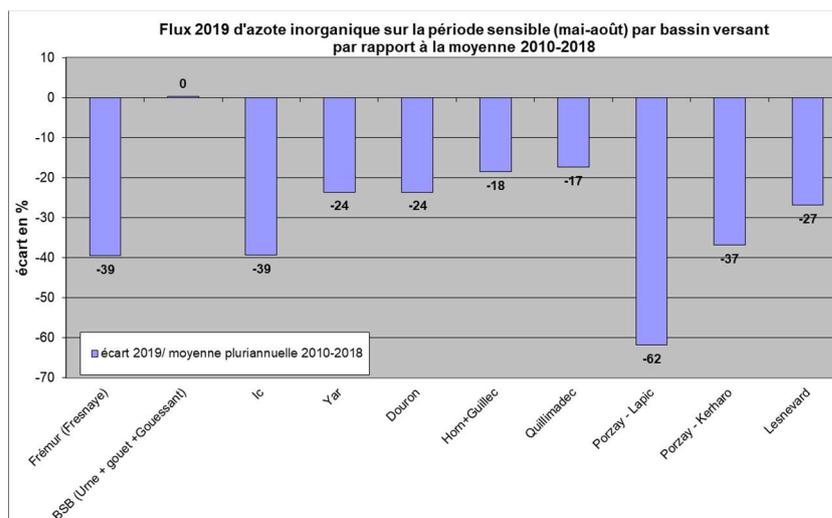


Figure 5 : Ecarts, par BV, entre flux d'azote inorganique dissous sur mai-août 2019 et les flux pluriannuels 2010-2018. Les différences observées s'expliquent principalement par les différences locales de pluviosité et les contextes géologiques locaux (+ impact du traitement de l'azote inorganique sur la Step de Saint Brieuc depuis 2006). Flux du Porzay à consolider (utilisation de données de débit de la station locale qui aurait subi un détarage à compenser après de nouvelles mesures).

La Figure 6 (a) présente la pluviosité sur 2019 par rapport aux normales (1981-2010). Logiquement les niveaux de pluviosité jouent directement sur les écoulements et flux présentés plus haut. Les **déficits de pluie de janvier à mai** (sauf ponctuellement pour janvier sur Dinard et de -13.5 % à -30 % sur le cumul janvier-mai suivant les stations) impliquent des débits qui sont **devenus très faibles au printemps** (flux de - 60 % à - 30 % inférieurs aux moyennes sur janvier à mai). Les pluies intenses en juin (en particulier sur la station de Saint Brieuc avec un excédent de + 120 % par rapport à la normale : 102 mm de pluie au lieu de 45 mm, en grande partie entre le 5 et le 12 juin) engendrent **des reprises d'écoulement et des flux** qui remontent partout et surtout sur les cours d'eau de la baie de Saint Brieuc (70 % de flux en plus sur juin 2019 qu'en moyenne 2010-2018). En juillet, les pluies sont fortement déficitaires alors qu'en août et septembre, les valeurs sont plus proches des normales (excédentaires à l'ouest et proche des normales voire déficitaire sur l'est). En octobre puis novembre, les pluies sont nettement excédentaires (près du double de la normale). La Figure 6 (b) permet de percevoir un **ensoleillement fortement excédentaire** de janvier à mai (de 15 % à 30 % sur le cumul des heures de janvier à mai, suivant les stations météorologiques). L'ensoleillement est également fortement excédentaire en juillet (comme ce fut le cas l'année précédente), proche des normales en juin, août et septembre et nettement déficitaire sur octobre novembre.

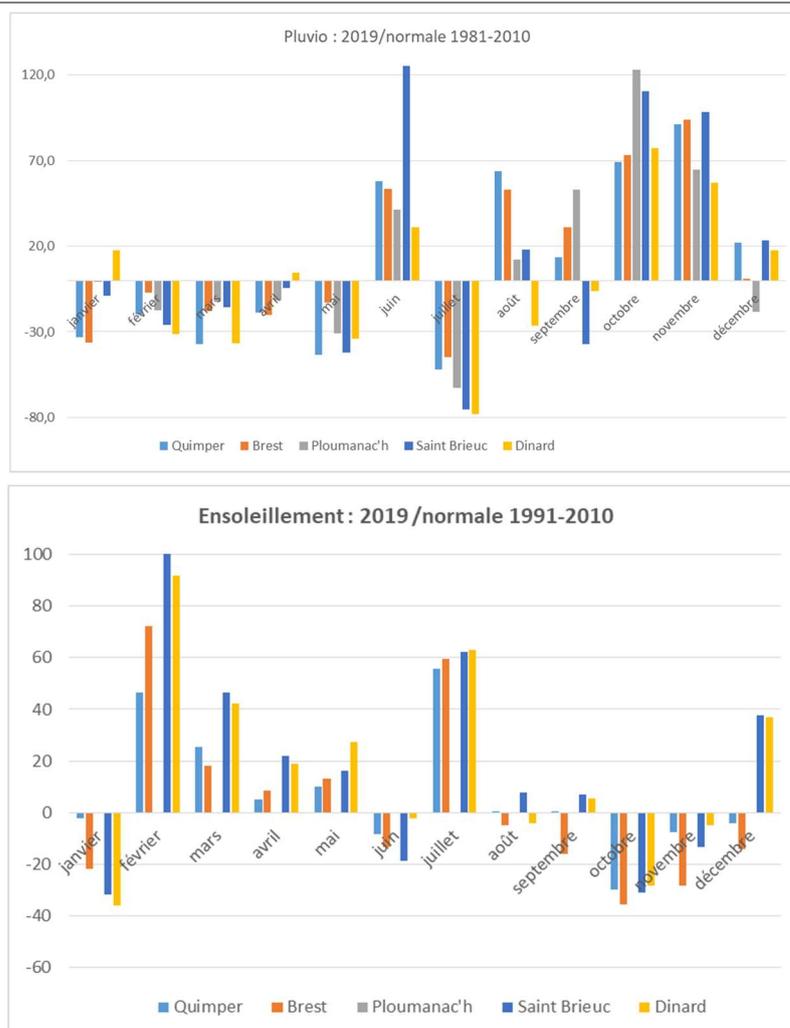


Figure 6 : Données MétéoFrance sur les différentes stations, en pluviosité (a) et en ensoleillement (b) ; pas de donnée disponible sur Ploumanac'h).

Le flux est également lié **aux concentrations** (nitrates et ammonium), même si ces dernières évoluent, à court terme, dans des intervalles beaucoup plus étroits que les débits des cours d'eau. En 2019 (année hydrologique) **les concentrations en nitrates** sont, sur une bonne partie des cours d'eau en **diminution sensible par rapport à l'année 2018** (sur l'Ic, le Gouet, l'Urne, le Gouessant, le Douron entre - 10 % et - 15 % ce qui est considérable, sur le Yar, le Kerharo, le Lopic, l'Horn et Guillec : entre -2 et - 6%). Seuls 3 cours d'eau (Fresnaye, Qillimadec et Lesnevard) voient leurs concentrations stagner (ou très légère hausse, de moins de 1.5 %). Les baisses sensibles des concentrations des cours d'eau, sont partiellement expliquées par la hausse assez généralisée survenue entre 2017 et 2018, en partie du fait d'écoulement plus importants (Figure 7). Les débits inférieurs aux moyennes sur l'année hydrologique 2018-2019 expliquent probablement, en partie, la baisse la plus importante des concentrations sur la plupart des cours d'eau (en particulier les cours d'eau schisteux dont les concentrations baissent davantage lors des étiages les plus sévères). Si l'on calcule 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) on aurait une diminution de 5.5 % (soit 1.8 mg/l sur la moyenne annuelle passant de 32 mg/l à 30.2 mg/l). Cet indicateur fait ressortir 2019 (année hydrologique) comme **année de plus faible concentration de la série**, légèrement inférieure à 2017. Outre l'évolution des concentrations en nitrates sur les différents cours d'eau, il convient de noter, pour la baie de Saint Brieuc, le fort abattement depuis 2006 des fournitures en ammonium (NH<sub>4</sub>) par la Step de la ville de Saint Brieuc (induisant une diminution de près de 500 kg/jours des flux d'azote ce qui est considérable, surtout dans le cas d'année sèche).

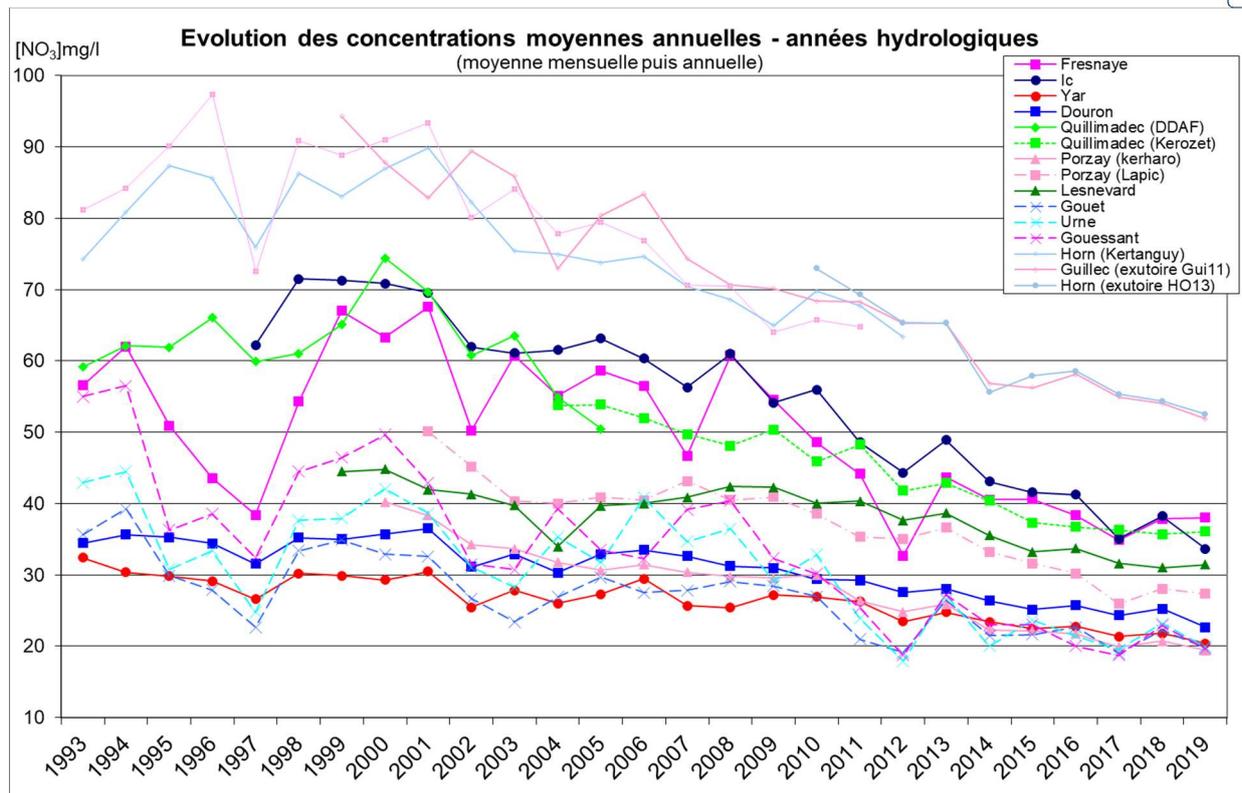


Figure 7 : Evolutions des concentrations en nitrates sur les cours d'eau suivis (moyennes mensuelles puis annuelles afin d'avoir le même poids pour chaque mois de l'année), sur tous les cours d'eau intégrés au suivi dans le cadre de ce rapport

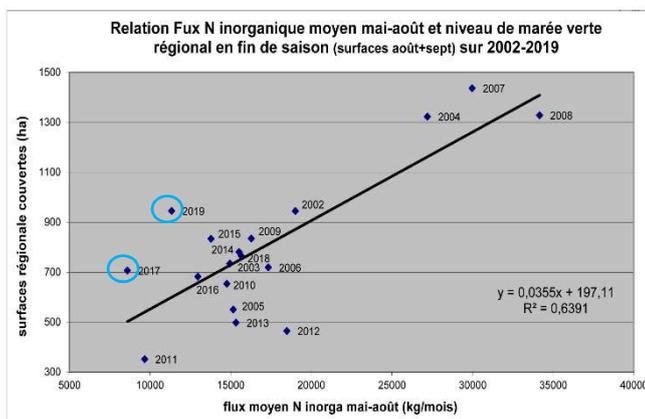
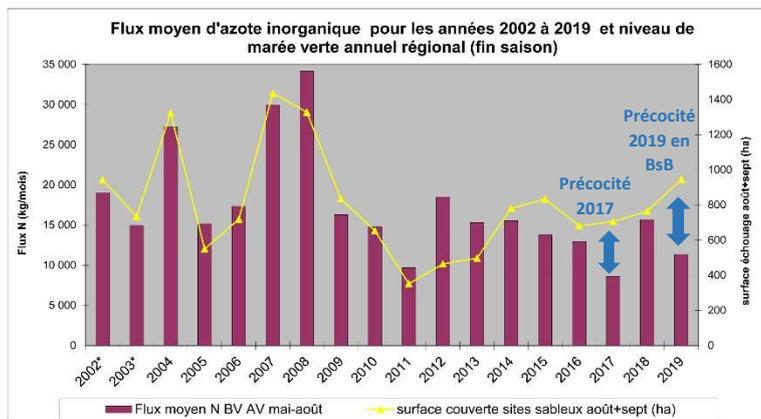


Figure 8 : Flux d'azote sur la période sensible (moyenne des flux de mai à août sur 8 baies du PLAV) et niveau de marée verte atteint en fin de saison (surface en août+septembre sur les plages bretonnes). Les surfaces couvertes par des algues brunes (ou rouges) filamenteuses notamment en 2011, 2012, 2013, 2015 et 2017 en baie de Saint Brieuc, en 2016 à 2019 sur la baie de Douarnenez et depuis 2006 sur l'est du département des Côtes d'Armor) ne sont pas comptabilisées ici.

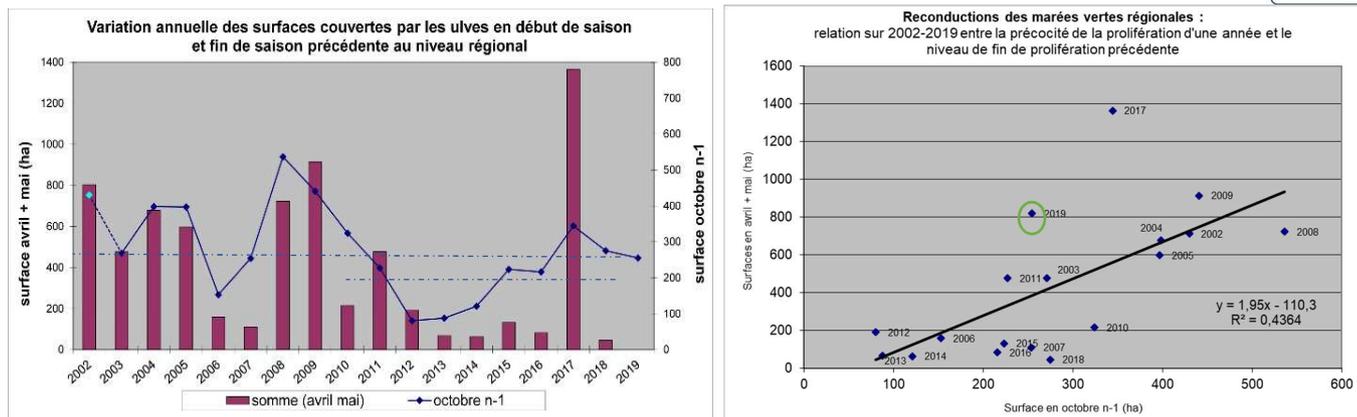


Figure 9 : Surfaces couvertes par les ulves en début de saison (avril+mai) et lien avec le niveau de couverture de la fin de l'année n-1. Les niveaux plus faibles qu'attendus en 2006, 2007, 2010, 2013, 2014, 2015, 2016 et 2018 s'expliquent par : des températures de l'eau plus froides en hiver/printemps 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 position de 2019 (encerclé de vert) 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.

✓ **Concernant la précocité de démarrage 2019**, le 19 avril 2019, les éléments ci-dessous étaient proposés :

- Les quantités présentes en fin 2018 étaient « au niveau régional » légèrement inférieures au niveau de 2017 et à la moyenne 2002-2017 (-6 %), mais très différentes selon les sites.
- La température de l'eau était, pour les mois de janvier à mars, sensiblement supérieure aux normales (réseau SOMLIT à Astan – 60 m de fond : près de 1 °C au-dessus de la moyenne pour mars),
- L'hiver est « moyennement » dispersif : l'hiver 2018-2019 (novembre à mars) présente 10 % de plus de jours de houle de plus de 2.5 m. Mais très peu d'épisodes « très intenses » (1 jour de + de 5.5 m contre 2.55 m en moyenne soit près de 3 fois moins). De plus, les conditions ont été très irrégulières (novembre décembre agités puis, après le 22 décembre, près d'un mois de calme suivi d'un épisode plus agité en fin janvier-mi-février, puis à nouveau une période de calme et un début mars agité pour finir sur une fin mars et un début avril très calme). Il est probable que de telles conditions hivernales suffisent à éloigner les ulves des baies les plus exposées (et les plus « petites ») mais ne suffisent pas pour disperser les ulves des baies moins exposées et plus vastes (baie de Saint Brieuc).
- Un hiver nettement plus lumineux que la normale : sur novembre-mars les stations MétéoFrance analysées indiquent un excédent d'ensoleillement, particulièrement marqué dans l'est des Côtes d'Armor (respectivement 32 % et 28 % d'heures de soleil en plus que la normale sur Saint Brieuc et Dinard ; 12 % et 13 % sur Quimper et Brest)

Les paramètres environnementaux (houle, lumière et température de l'eau, Erreur ! Source du renvoi introuvable. Figure 10) étaient donc plutôt favorables à une reconduction des stocks. Surtout pour les sites de grande taille, relativement abrités et présentant des stocks importants en fin 2018. C'est en particulier le cas de la baie de Saint Brieuc dont les stocks en octobre 2018 étaient très élevés (+ 50 % en octobre par rapport à 2002-2017 et + 130 % par rapport à 2010-2017). Ce qui n'était pas le cas de la baie de Saint Michel en Grève (50 % de surface en moins sur octobre qu'en moyenne 2002-2017) ou baie de Douarnenez (pour la première fois, 0 ha ulves en octobre).

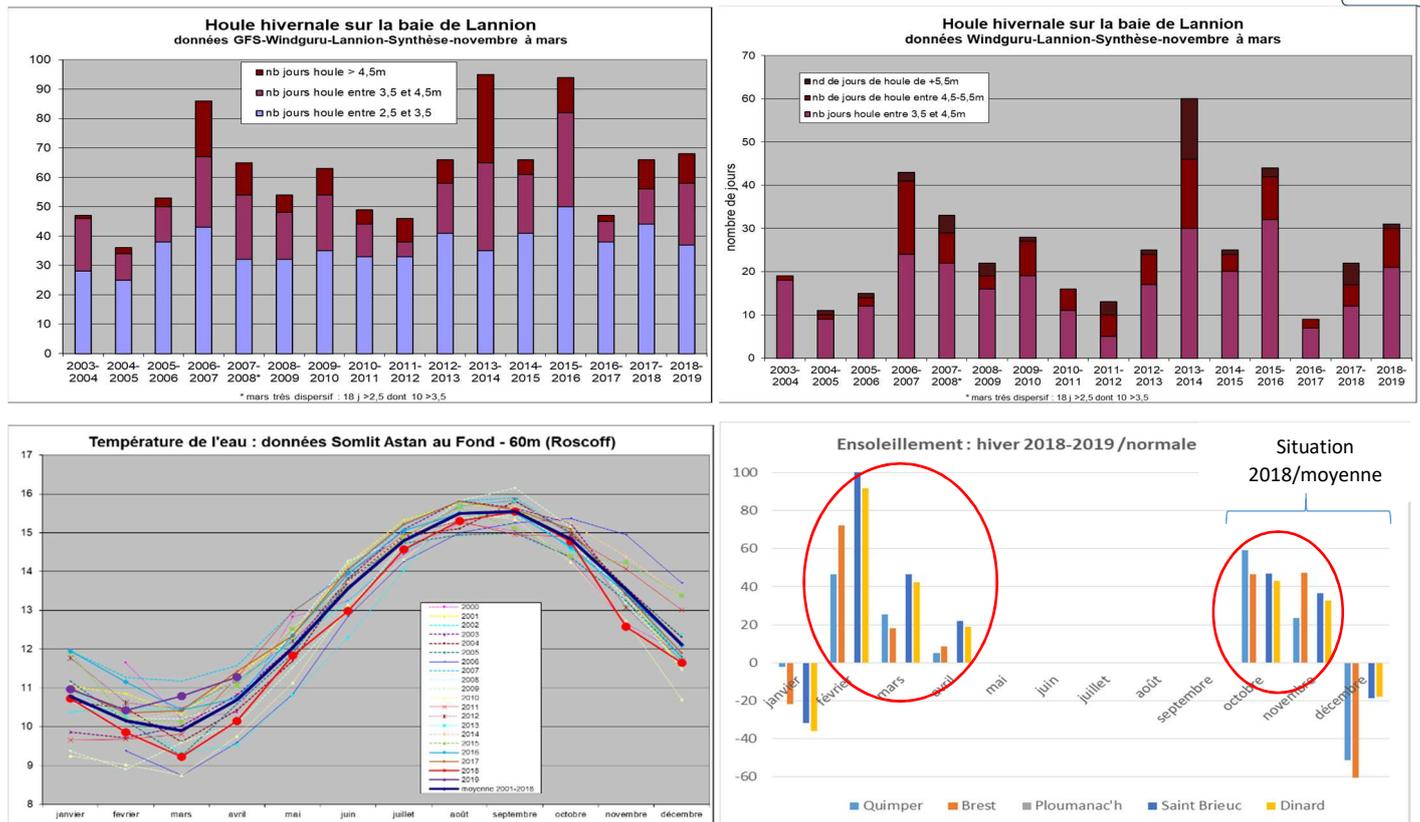


Figure 10 : Caractéristiques des hivers. (a) houle du modèle GFS /Windguru pour le site de Lannion par catégorie de hauteur de vague sur novembre à mars ; (b) mêmes valeurs mais seuillées au-dessus de 3.5 m de houle ; (c) données de température de l'eau en baie de Morlaix entre 2000 et avril 2019 sur le point Astan au fond -60m (données SOMLIT fournies par la Station Biologique de Roscoff) ; (d) écart en nombre d'heures d'ensoleillement sur les stations MétéoFrance littorales suivies pour ce rapport.

✓ **Concernant la précocité de démarrage 2020, les éléments proposés le 27 avril 2020, au niveau régional, sont les suivants :**

- Les **quantités présentes en fin 2019** étaient identiques à celles de 2018 et **proches de la moyenne 2002-2017** (-5%) mais sensiblement supérieures au niveau moyen des dernières années 2010-2018 (+ 30%). Les **surfaces étaient surtout importantes en baie de Saint Brieuc** (85 % de la surface totale régionale).
- **La température de l'eau, plutôt inférieure** à la normale jusqu'en fin décembre (en moyenne de décembre du réseau SOMLIT à Astan – 60 m de fond : - 0.3 °C) devenant légèrement supérieure sur janvier et février (+ 0.5°C). En mars une seule valeur est disponible (le 4 mars puis plus de prélèvement jusqu'en mai ? du fait du Covid-19) et il est difficile de la confronter à la moyenne de mars. La température serait donc « neutre » quant à la précocité de l'année 2020 (pas un facteur expliquant un caractère tardif à l'année).
- **L'hiver (novembre à mars) est nettement dispersif : + 35 % de jour de houle** au-dessus de 2.5 m et même **+ 80 % pour ce qui est des épisodes les plus intenses** (houle de +4.5 m ; 40 % si on considère les jours de houle de + de 3.5 m). Sur novembre à mars, l'hiver 2019-2020 est **donc parmi les plus dispersifs**. Au **troisième rang**, nettement derrière 2013-2014 et avant ou après 2015-2016 et 2006-2007, suivant les critères considéré (perception probablement sous-estimée pour 2019-2020 par changement de méthode d'archivage et d'analyse).
- **L'ensoleillement a été déficitaire** sur octobre, novembre, décembre sur la Bretagne (sauf Dinard et Saint-Brieuc excédentaire en décembre) et globalement **déficitaire sur novembre-février** pour l'ouest Bretagne (80 % et 86 % de la normale) mais **légèrement excédentaire sur l'est** (de 12 % sur St Brieuc et



4 % sur Dinard). En mars, et surtout du fait de la deuxième quinzaine, l'ensoleillement est, sur toutes les stations, excédentaire. Ce qui est encore le cas sur la première quinzaine d'avril.

**Les paramètres environnementaux** (houle, lumière) étaient donc **défavorables à une reconduction des stocks et en premier lieu le caractère dispersif de l'hiver**. Ces paramètres permettaient de prévoir, sur les baies sableuses une prolifération 2020 retardée. La baie de Saint Briec, partant de stocks importants (octobre 2019) serait la plus susceptible de repartir précocement mais l'hiver a été nettement dispersif sur cette baie et l'expérience des années antérieures ayant présenté des hivers aussi dispersifs (2015-2016 ; 2013-2014 et 2006-2007) nous permet d'y prévoir une prolifération retardée.

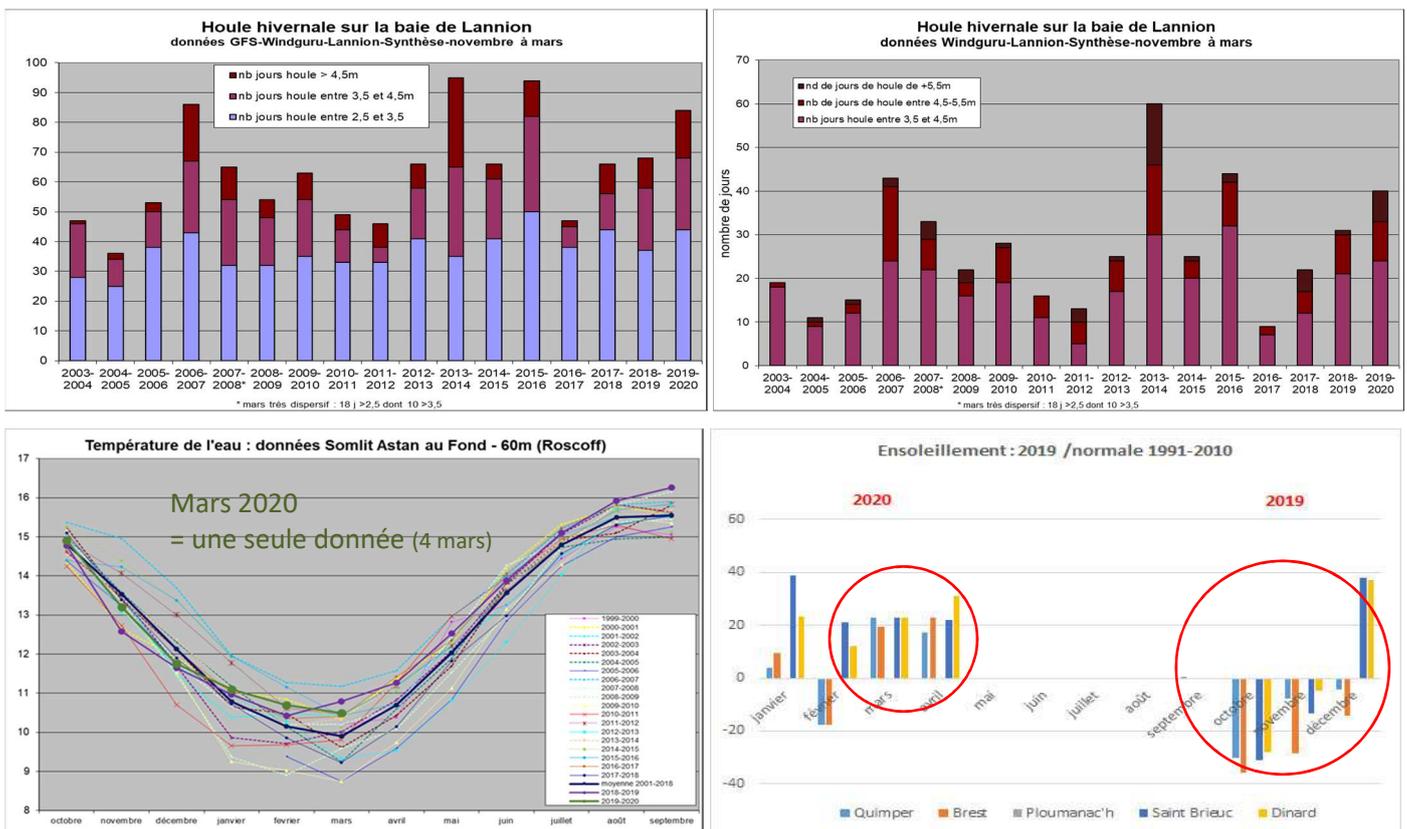


Figure 11 : Caractéristiques des hivers. (a) houle du modèle GFS /Windguru pour le site de Lannion par catégorie de hauteur de vague sur novembre à mars ; (b) mêmes valeurs mais seuillées au-dessus de 3.5 m de houle ; (c) données de température de l'eau en baie de Morlaix entre 2000 et mars 2020 sur le point Astan au fond -60m (données SOMLIT fournies par la Station Biologique de Roscoff (du fait du Covid-19, aucune sortie en mer n'a pu être réalisée depuis le 4 mars...)); (d) pourcentage d'écart en nombre d'heures d'ensoleillement sur les stations MétéoFrance littorales suivies pour ce rapport.

#### ✓ Premiers éléments de perception de la reconduction 2019 – 2020

Aucune estimation surfacique n'est prévue durant l'hiver (novembre-avril). Un survol des principales baies est cependant envisagé en fin d'hiver, uniquement en cas de période de calme, sur des coefficients importants (un survol dans des conditions perturbées ne montrerait rien). Il était prévu de réaliser ce survol autour du 10-15 février ou du 25 au 28 février.

Avant ce survol, des prospections terrain ont été effectuées par le CEVA le 27 janvier sur la baie de Saint Briec, baie la plus susceptible de présenter des algues à cette date en 2020. Même si les prospections de terrain seules (5-6 km « seulement » parcourus sur 3 000 ha potentiels) ne permettent pas de garantir l'absence de dépôt à



l'échelle de la baie, il semble que les stocks en baies sont fortement diminués. Les ulves perçues (en mélange avec du *Pylaiella*) étaient en très faibles densité (1 à 2 fragments par m<sup>2</sup>), régulièrement réparties et en fragments de très petites tailles. Les quantités perçues étaient très largement inférieures à ce qui avait été vu le 6 février 2019 et encore plus par rapport au 19 février 2019 (de l'ordre de 100 fois moins ?). Cette rapide perception semble donc attester d'une plus grande dispersion des stocks cette année du fait des conditions plus agitées et moins lumineuses. Il convient de rester prudent dans la mesure où des stocks peuvent avoir échappé aux observations (lieu non prospecté, voire algues dans le proche infralittoral).

Le survol prévu en février n'a pu être réalisé du fait de conditions trop agitées pour le survol et pour la perception des algues (pas d'intérêt à faire un survol juste quelques heures/jours après un temps dispersif car les algues ne seront pas ou pas obligatoirement revenues en dépôt dans les baies). Ce simple fait atteste bien des conditions très dispersives de cet hiver.... Il est à noter qu'aucun report de quantité significative d'ulves ne nous est parvenu, ce qui semble consolider la bonne dispersion des stocks.

Il a finalement été possible de survoler les sites principaux le 13 mars 2020. Les conditions, plus calmes depuis une dizaine d'heures étaient relativement propices pour ce survol ; mais celui-ci intervient néanmoins dans une période assez perturbée (vent en rafales jusqu'à 65 km/h, la veille). Le survol et quelques opérations de terrain ciblées sur Saint Michel en Grève (le 10/03) et sur Saint Briec (le 9/03 et 13/03 en même temps que le survol) permettent de valider la très faible présence d'algues vertes en ce mois de mars. En baie de la Forêt (Cabellou et anse du St Laurent et Saint Jean), les faibles dépôts semblent constitués de débris végétaux ou algues brunes (pas de terrain), pas d'échouage sur la baie de Douarnenez, très peu (brun) sur le Moulin Blanc et Guissény. La baie de Saint Michel en Grève présentait de très faibles dépôts d'algues en bas de plage, sur sa partie est. Ces dépôts sont très largement constitués d'algues brunes (laminaires et fucales) et de débris végétaux. Parmi ces algues, on trouve de très rares fragments d'ulves d'arrachage (très nettement moins de 1 % voire 0.1 %). Les quantités sont donc minimales sur cette baie, utilisée depuis des années **comme indicatrice du report régional**. La baie de Saint Briec était elle aussi quasiment exempte de tout dépôt. De très faibles traces d'échouage étaient perçues en bas d'estran. Ces échouages ont pu être trouvés sur le terrain (au moment du vol) ce qui a permis de confirmer qu'outre une quasi-absence d'échouage, les ulves étaient très peu présentes dans les dépôts (quelques fragments perçus lors des contrôles de terrain). La situation 2020 semble **donc infiniment plus favorable que les années précédentes** et surtout que les années 2019 et 2017 très précoces. Cela semble donc bien confirmer que les conditions dispersives de cet hiver ont permis de « nettoyer » cette baie, pourtant particulièrement difficile à « déstocker » .

La baie de la Fresnaye présentait des échouages relativement étendus pour la saison, de couleur brune très probablement constitués d'algues de type *Ectocarpales/Pylaiella*.

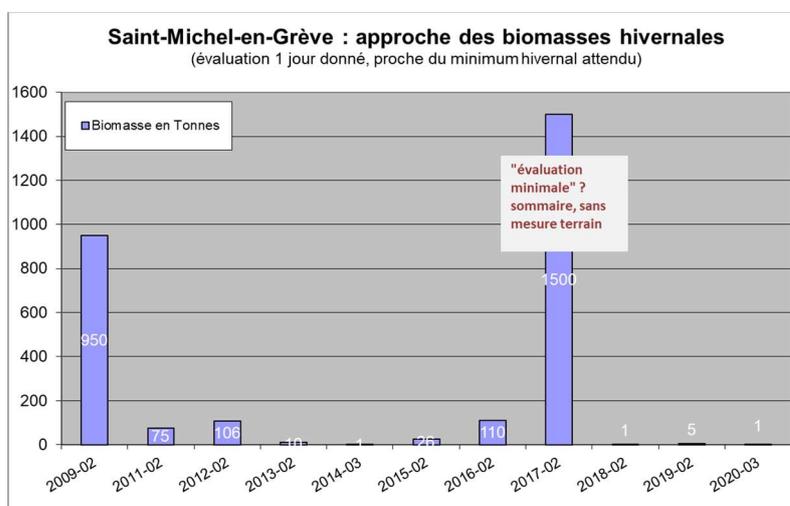


Figure 12 : Evaluation des biomasses en ulves sur la baie de Saint Michel en Grève



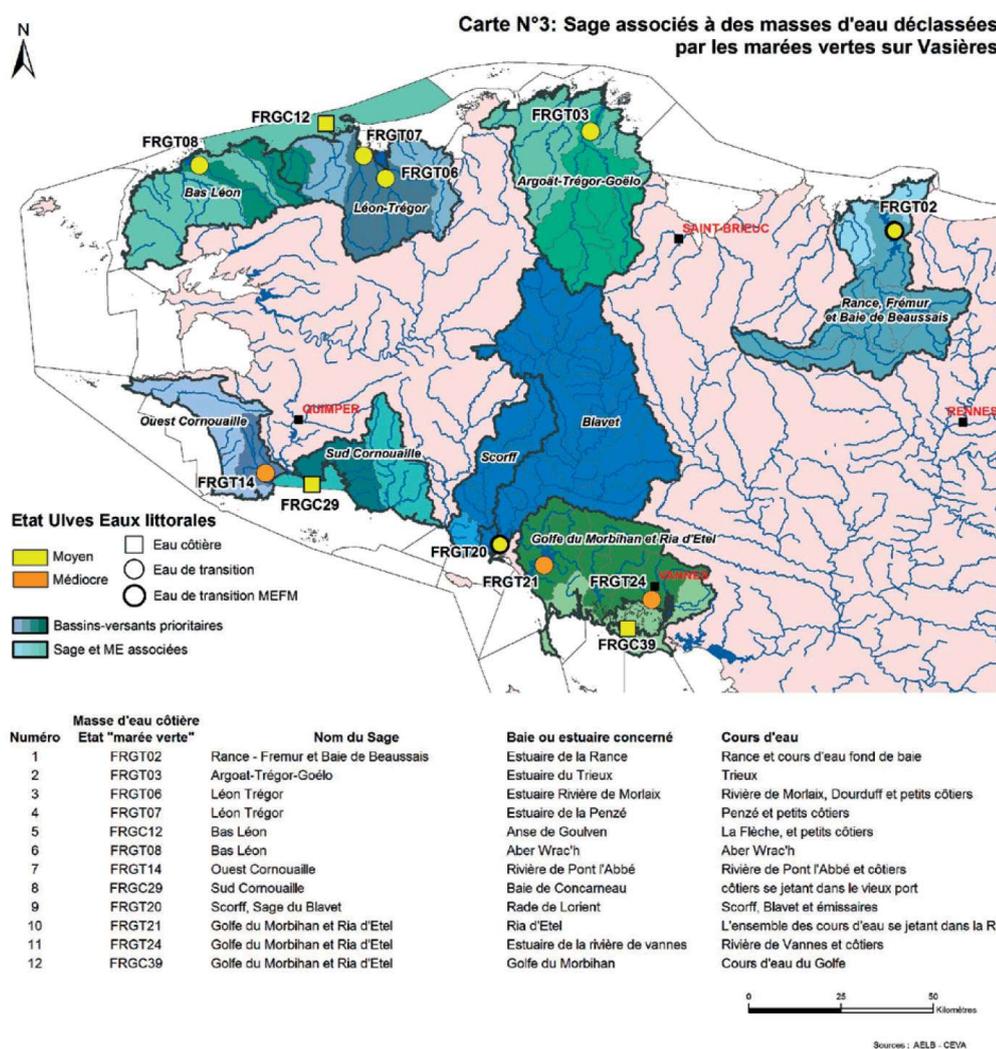
## 2.5. Appui à la mise en œuvre de la disposition 10A2 du SDAGE

### 2.5.1. Contexte

La disposition 10A2 du SDAGE 2016 – 2021 demande aux SAGEs dont le territoire est sujet à une prolifération d'algues vertes sur vasières, entraînant un déclassement de la masse d'eau correspondante :

- d'établir un programme de réduction des flux d'azote parvenant sur les sites concernés ;
- d'engager avant le 31 décembre 2017 des études d'identification des flux d'azote contributifs, notamment ceux issus du relargage sédimentaire.

Cette disposition concerne directement 8 SAGEs et 12 sites, reportés sur la carte 3 du document du SDAGE.



Le 23 juin 2017, le STB (Secrétariat Technique de Bassin) a écrit aux SAGEs concernés pour leur rappeler leurs obligations relatives au SDAGE. Il leur était en particulier demandé, d'ici fin 2017 :

- d'améliorer la connaissance des flux terrigènes et compléter les suivis des petits cours d'eau pouvant impacter la croissance des ulves,
- de rapporter auprès du STB un récapitulatif de l'ensemble des travaux mis en œuvre pour répondre à cette demande et de préciser l'organisation de son réseau (station, fréquence, lieux de stockage des données).



La réponse des différents SAGEs a été assez hétérogène et concrètement, pour différentes raisons, aucun des territoires n'a pu mettre en œuvre avant fin 2017 (et même fin 2018) de mesures complémentaires de flux qui répondent aux objectifs de la disposition.

Compte tenu de sa connaissance des proliférations algales et des besoins de données d'entrée pour analyser les proliférations observées (allant jusqu'à la réalisation modélisation du phénomène), le CEVA a été identifié par le Comité de Pilotage du volet Algues vertes du programme APC comme étant la structure la plus à même d'appuyer les SAGEs dans la définition des réseaux complémentaires qui seraient, le cas échéant, à déployer, probablement au cours de l'année 2020.

Afin de répondre à cette demande le CEVA avait proposé :

- de faire un point cartographique des cours d'eau potentiellement concernés (proximité des dépôts), de leurs bassins versants associés, des localisations des points de mesure de flux existants (concentrations, débits). Le travail de synthèse réalisé par le CRESEB + DREAL en 2017 ainsi que les mises à jour proposées par certains des SAGEs avaient été identifiés comme base de connaissance.
- de rencontrer les animateurs des SAGEs en charge du suivi de qualité de l'eau pour valider ces cartes et récupérer toutes les données « récentes » existantes. Une attention particulière devait être portée aux éventuelles STEP en « rejet direct » ou du moins qui ne seraient pas en amont d'un point de mesure dont le flux est « bien documenté ». Dans cette configuration, il était prévu que les flux de ces STEP soient récupérés par les SAGEs afin de pouvoir les intégrer en plus des flux de « bassin versant ».
- d'analyser les données existantes et conclure à leur possible exploitation pour les estimations des flux engendrant les proliférations. Pour cela, il était proposé de croiser plusieurs critères : proximité de l'exutoire considéré d'un dépôt d'algues fréquent (base cartographie « statistique des dépôts réalisée par le CEVA), dispersion « attendue » des nutriments en fonction de la configuration courantologique, stabilité des concentrations mesurées vs variabilité importante de celles-ci, première évaluation de l'importance des flux issus de l'exutoire (base : concentration « moyenne » ou « attendue » par cours d'eau, débits moyens attendus en saison de prolifération au prorata des surfaces de BV, ajout le cas échéant des flux de STEP).
- en fonction des points ci-dessus, de proposer, pour chacun des SAGEs, des points d'acquisitions complémentaires (avec indication du niveau de « priorité »), des paramètres à mesurer et leur fréquence. Cette priorisation des mesures complémentaires repose sur la connaissance « a priori » de l'implication des différentes sources aux proliférations observées (un petit cours d'eau de faible concentration se déversant dans une zone a priori pas trop confinante n'aura pas besoin d'être aussi bien évalué qu'un exutoire dont les flux sont a priori importants et se déversant à proximité d'un dépôt d'algues).
- de reporter les informations recueillies sous formes de cartographie, de tableaux des données existantes et des acquisitions à entreprendre pour répondre à la disposition 10A2. Afin de restituer ces informations il était envisagé que le CRESEB organise, en lien avec l'APPCB, une journée à destination des SAGEs concernés.
- Afin de pouvoir mettre en œuvre sur la saison 2020, les mesures complémentaires qui seraient préconisées, le CEVA prévoyait de faire en sorte de mener l'étude avant le mois de novembre 2019.
- Sur les territoires des SAGEs du Golfe du Morbihan, Ria d'Étel et du Blavet, des études de modélisation des proliférations d'ulves ont déjà été réalisées par le CEVA. Dans la mesure où il n'est pas envisagé de renouveler ces études à court termes, celles-ci étant globalement « acceptées » localement, le travail prévu sur ces territoires est allégé. Il était prévu d'y reprendre, sous forme de carte et tableau, les



données de flux mesurés de façon homogène avec les autres territoires. Il était prévu de soumettre ces sorties aux animateurs des SAGEs pour valider et actualiser, le cas échéant, la connaissance reportée. Par contre sur ces territoires, il n'était pas envisagé de déployer l'analyse des données et de soumettre « des préconisations de nouvelles mesures à entreprendre ».

### 2.5.2. Compilation des données

Dans un premier temps, le CEVA a réalisé une compilation des localisations des points de mesure associées aux cours d'eau potentiellement concernés par le phénomène de marée verte et de leurs données de débits et de concentrations en nutriments (nitrates, ammonium et phosphates).

Cette compilation s'est basée sur un travail de synthèse mené par le CRESEB et la DREAL en 2017. Le CEVA a sollicité courant 2019 les animateurs des SAGEs en charge du suivi de qualité de l'eau pour actualiser ce travail de synthèse, et collecter de nouvelles données plus récentes.

Les STEP en « rejet direct » ou en aval d'un point de mesure de qualité de l'eau référence ont également été identifiées afin de pouvoir intégrer leurs flux à ceux des cours d'eau des bassins versants. Conformément au programme, ce sont les animateurs des SAGEs qui étaient chargés de fournir ces données. Cette phase, plus longue qu'envisagé, a généré un retard dans l'ensemble de la démarche (plusieurs mois pour obtenir les retours des STEP).

Les exutoires en milieu marin ou en estuaire de tous les cours d'eau référencés dans la base Carthage et signalés par les SAGE de la zone d'étude ont été identifiés, ainsi que les exutoires de stations d'épuration (en rejet direct).

Les débits mesurés aux stations limnimétriques localisées en aval des cours d'eau de la zone d'étude ont été collectés via la banque de données HYDRO (<http://www.hydro.eaufrance.fr/>). Les concentrations en nutriments (nitrates, ammonium et phosphates) sont issues des bases de données OSUR (<http://osur.eau-loire-bretagne.fr/exportosur/index.jsp>), de la DDTM et de l'ARS. En complément, des données locales de débits et de concentrations en nutriments issus de programmes de suivis plus ponctuels ont été récupérées lorsqu'existantes (par exemple celles du Projet VibRance pour le SAGE Rance-Frémur-Baie de Beausseis).

### 2.5.3. Méthodes de calcul de flux

Les calculs de flux de nutriments journaliers ont été réalisés en interpolant les concentrations pour reconstituer des valeurs journalières. Le flux journalier est alors le produit du débit journalier et de la concentration en nutriment considérée pour ce même jour j :

Flux j = concentration j x débit j.

Deux corrections ont été apportées aux débits mesurés en un point donné du cours d'eau, qui peut être relativement éloigné de l'exutoire :

- La première correction prend en compte le rapport des surfaces respectives des bassins versants à la station de jaugeage des débits et au point de calcul du flux à l'exutoire en mer.
- La deuxième correction redresse la différence de lame drainante entre la partie jaugeée et non jaugeée (différences d'écoulements liées à des différences de pluviosité par unité de surface avec souvent un gradient marqué entre le littoral et l'arrière-pays plus arrosé).



Les flux des STEP éventuellement présentes en aval du point de mesure de la qualité de l'eau sont évalués séparément pour être ajoutés aux flux de cours d'eau calculés.

Le flux en nutriment à l'exutoire a alors été obtenu par l'équation suivante :

$$\text{Flux Ex} = \text{DébitSJ} \times (\text{SurfEX/SurfSJ}) \times (\text{LDEX/LDSJ}) \times \text{CREF} + \text{Flux STEP}$$

Où Flux Ex : Flux en nutriment à l'exutoire, DébitSJ : Débit à la station de jaugeage, SurfEX : Surface du bassin versant de l'exutoire, SurfSJ : Surface du bassin versant à la station de jaugeage, LDEX : Lame drainante moyenne sur le bassin versant de l'exutoire, LDSJ : Lame drainante moyenne sur le bassin versant à la station de jaugeage, CREF : Concentration en nutriment à la station de référence, et Flux STEP : Flux en nutriment de la STEP en aval de station de référence de concentration.

Les surfaces de bassin versant ont été obtenues à partir de la BD Carthage de l'Agence de l'Eau Loire Bretagne. Dans le cas où les bassins versants côtiers contenaient plusieurs exutoires, le sous-bassin versant associé à chaque cours d'eau a été tracé sur le logiciel ArcGis (interprétation des écoulements d'après les courbes de niveau sur l'IGN SCAN25). Les données de lames drainantes sont issues des données de MétéoFrance relevées en région Bretagne sur les 30 dernières années.

Les flux annuels et saisonniers (de mai à septembre) moyens ont été estimés à chaque exutoire à partir des flux journaliers calculés sur les trois dernières années à disposition (i.e. de 2016 à 2018 ou de 2017 à 2019 selon les SAGEs).

#### 2.5.4. Sélection des données

À partir des données rassemblées, une procédure de sélection a été mise en œuvre afin d'identifier les stations limnimétriques et de mesure de qualité de l'eau à utiliser pour le calcul des flux terrigènes de chaque cours d'eau. Plusieurs critères ont été analysés :

- La proximité géographique du point de mesure à l'exutoire (localisation sur le même cours d'eau, si ce n'est pas le cas, proximité entre la station exutoire et les stations de référence de qualité voisines).
- Le nombre d'observations disponibles et la fréquence des mesures par station (journalière, mensuelle, ou ponctuelle).
- La variabilité des paramètres (constance des valeurs, évolution saisonnière, forte variabilité).
- Les caractéristiques hydromorphologiques et l'occupation des bassins versants (activités agricoles, zone urbaine).
- La corrélation (ou bonne concordance) avec des données locales ponctuellement enregistrées.

Pour les cours d'eau ne disposant pas de station de jaugeage, le débit du cours d'eau a été estimé par extrapolation par rapport à des cours d'eau voisins supposés de fonctionnement hydrologique proche, et tenant compte des rapports de surfaces et des rapports de lame drainantes (LD). Pour les cours d'eau ne disposant pas de mesure de leur concentration en nutriments, une extrapolation spatiale des concentrations par rapport à des stations de référence voisines a été réalisée. En absence de station de mesure de débits ou de concentrations en nutriments pour un cours d'eau donné, le CEVA a sollicité les animateurs des SAGEs pour vérifier la représentativité des données du point de mesure envisagé pour le calcul des flux.

Dans certains cas, des données locales étaient ponctuellement disponibles sur de petits cours d'eau non-suivis par les différents réseaux cités plus-haut. Ces données ont été utilisées pour :



- déterminer un coefficient entre les concentrations ponctuelles en nutriments et les concentrations régulièrement relevées à une station de mesure de la qualité de l'eau de la zone d'étude sur la même période.
- choisir la station limnimétrique la plus représentative pour l'estimation des débits d'un cours d'eau non suivis ou avec peu de données de mesures disponibles.

Au vu de la disparité des données de concentrations en nutriments disponibles, cette étude a ciblé les flux de nitrates ; les mesures des concentrations en ammonium et en phosphates étant généralement moins documentées. Les flux sur les autres paramètres ont également été calculés en utilisant les mêmes méthodes quand des mesures existaient.

Le tableau de l'Annexe 3 présente pour chaque Sage et chaque exutoire les données qui ont été utilisées et les résultats principaux (flux moyen, évaluation de la qualité de la donnée ayant conduit à ces estimations).

### 2.5.5. Interprétation des données

Les données de flux annuels et saisonniers en nitrates moyennés sur les trois dernières années pour chaque exutoire d'une zone donnée ont été représentées sous forme de cartographies, et ont été mises en relation avec la localisation des dépôts d'algues vertes (base cartographie « statistique des dépôts réalisée par le CEVA).

Afin d'analyser les données existantes pour répondre à la disposition 10A2 et d'intégrer le degré d'incertitude sur le calcul des flux lié aux extrapolations et interpolations réalisées à partir des jeux de données à disposition, un système de notation a été mis en place. Ce système de notation est basé sur trois critères, chacun associé à un score allant de 0 à 5 (Tableau 1) :

- Le critère 1 prend en compte la proximité de l'exutoire à un dépôt d'algues vertes, l'importance de ce dépôt (échouage secondaire, représentant > 50 % ou < 50 % de l'échouage principal), et la configuration courantologique (milieu confiné/dispersif) de la zone pouvant influencer la dispersion des nutriments dans le milieu.
- Le critère 2 évalue la fiabilité de la donnée de débit utilisée pour le calcul des flux journaliers, et prend en compte la localisation de la station limnimétrique par rapport à l'exutoire, la fréquence des données de débits, l'existence de mesures ponctuelles de débit sur le cours d'eau évalué, le degré de connaissance et de similitude des caractéristiques hydrologiques des deux bassins versants (e.g. géologie, occupation du territoire).
- Le critère 3 évalue la fiabilité de la donnée de concentration en nitrates utilisée pour le calcul des flux journaliers, et prend en compte la localisation de la station de mesure de la qualité du milieu par rapport à l'exutoire, la fréquence des données de concentrations, l'existence de mesures ponctuelles de concentration sur le cours d'eau évalué, le degré de connaissance et de similitude des caractéristiques des deux bassins versants (notamment occupation du sol par l'agriculture, espaces naturels, pluviométrie, géologie).

La fiabilité des données utilisées pour le calcul des flux en nitrates a été évaluée à partir de la moyenne des scores des critères 2 et 3. Cet indice de fiabilité a été ajouté à la carte représentant les flux de nitrate saisonniers moyennés sur les trois dernières années et la localisation des dépôts d'algues vertes, de manière à déterminer visuellement pour chaque cours d'eau : l'importance de sa contribution aux apports terrigènes de la zone étudiée, son implication dans les proliférations d'algues vertes, ainsi que la fiabilité des données de concentrations en nutriments et de débits utilisées pour le calcul des flux. L'objectif étant



d'identifier, pour chacun des SAGEs, des points d'acquisitions complémentaires avec indication du niveau de « priorité », paramètres à mesurer et leur fréquence. Une cartographie plus détaillée des trois critères du système de notation a également été réalisée. L'ensemble des cartes et tableaux de calculs ont été délivrés aux animateurs des SAGEs en charge du suivi de qualité de l'eau pour validation (des modifications ont été réalisées si nécessaire). Cette base est a priori suffisante pour que les SAGEs, à partir des moyens financiers mobilisables localement puissent choisir les points et paramètres (débits, qualité de l'eau) sur lesquels acquérir, en priorité, les données. Le CEVA pourra se rendre disponible pour compléter l'information des SAGEs sur ces points.

Tableau 1. Système de notation basé sur trois critères, chacun notés de 0 à 5. Une description associée à chaque score est fournie.

CRITERE 1 : Proximité d'un dépôt d'algues vertes		CRITERE 2 : Estimation des débits		CRITERE 3 : Concentrations en nutriments	
Score	Description	Score	Description	Score	Description
5	Eloigné d'un échouage d'algues vertes	5	Estimation des débits de cet exutoire à partir d'une station de mesure du débit : - localisée sur le cours d'eau de cet exutoire - débits moyens journaliers (validés DREAL...) - proche de l'exutoire (surface de BV à la station de mesure > 75%)	5	La mesure des nutriments de l'exutoire est : - localisée sur le cours d'eau évalué - mesures quotidiennes avec calibration labo - proche de l'exutoire (surface de BV > 75%)
4	A proximité d'un échouage secondaire : - échouage local qui représente une faible proportion par rapport à l'échouage principal de la ME - milieu peu confiné/dispersif	4	Estimation des débits de cet exutoire à partir d'une station de mesure du débit : - localisée sur le cours d'eau de cet exutoire - débits moyens journaliers (validés DREAL...) - plus éloignée de l'exutoire (surface de BV à la station de mesure < 75%)	4	La mesure des nutriments de l'exutoire est : - localisée sur le cours d'eau évalué - mesures hebdomadaires à mensuelles (si peu variables/cohérentes), labo - proche de l'exutoire (surface de BV > 75%)
3	A proximité d'un échouage secondaire : - échouage local qui représente une faible proportion par rapport à l'échouage principal de la ME - milieu confiné	3	Estimation des débits à partir d'une station de jeaugeage : - localisée sur un autre cours d'eau - mesures de débit ponctuelles/historiques au niveau de l'exutoire avec une bonne fréquence de mesure - corrélation des mesures ponctuelles/QJM satisfaisante avec la station de jeaugeage choisie	3	La mesure des nutriments de l'exutoire est : - localisée sur le cours d'eau évalué - mesures hebdomadaires à mensuelles (si peu variables/cohérentes), labo - plus éloignée de l'exutoire (surface de BV entre 50 et 75%) mais contexte a priori proche CAS PARTICULIER : - localisée sur un cours d'eau voisin - mesures ponctuelles existantes sur le cours d'eau évalué (e.g. mensuelles sur 1 année) mais peu variables/cohérentes (comparaison possible et fiable avec une station de référence)
2	A proximité de l'échouage principal de la ME : - l'échouage représente une proportion faible (< 50%) de l'échouage de la ME - milieu peu confiné	2	Estimation des débits à partir d'une station de jeaugeage : - localisée sur un autre cours d'eau - mesures de débit ponctuelles/historiques au niveau de l'exutoire avec peu de fréquence de mesure - corrélation des mesures ponctuelles/QJM moins satisfaisante avec la station de jeaugeage choisie	2	La mesure des nutriments de l'exutoire est : - localisée sur le cours d'eau évalué - mesures hebdomadaires à mensuelles (si peu variables/cohérentes), labo - plus éloignée de l'exutoire (surface de BV entre 50 et 75%) mais contexte inconnu ou différent (urba littorale...) CAS PARTICULIER : - localisée sur un cours d'eau voisin - mesures ponctuelles existantes sur le cours d'eau évalué (e.g. mensuelles sur 1 année) mais variables/peu cohérentes (comparaison peu fiable avec une station de référence)
1	A proximité de l'échouage principal de la ME : - l'échouage représente une proportion faible (< 50%) de l'échouage de la ME - milieu très confiné	1	Estimation des débits à partir d'une station de jeaugeage : - localisée sur un autre cours d'eau - aucune donnée au niveau de l'exutoire - caractéristiques hydrologiques (géologique, occupation sol, pente...) connues et "a priori" équivalentes entre le BV de l'exutoire et le BV de la station de mesure - estimation du débit au prorata de la surface du BV et de la lame drainante moyenne locale	1	La mesure des nutriments de l'exutoire est : - localisée sur un cours d'eau voisin - contexte a priori proche (i.e. agricoles, occupation du territoire, pluvio, pentes...) - mesures hebdo/mensuelles, labo
0	A proximité de l'échouage principal de la ME : - l'échouage représente une proportion élevée (> 50%) de l'échouage de la ME - milieu très confiné	0	Estimation des débits à partir d'une station de jeaugeage : - localisée sur un autre cours d'eau - aucune donnée au niveau de l'exutoire - caractéristiques hydrologiques (géologique, occupation sol, pente...) inconnues - estimation du débit au prorata de la surface du BV et de la lame drainante moyenne locale	0	La mesure des nutriments de l'exutoire est : - localisée sur un cours d'eau voisin - contexte inconnu ou différent (i.e. agricoles, occupation du territoire, pluvio, pentes...) - mesures hebdo/mensuelles, labo



## 2.5.6. SAGEs étudiés et contacts

Le tableau synthétise l'état d'avancement du volet « appui à la mise en œuvre de la disposition 10A2 du SDAGE » à la date du 01 octobre 2020, et fournit les structures et contacts qui ont été impliqués dans le travail réalisé.

Tableau 2. Contacts des SAGEs impliqué dans le volet « appui à la mise en œuvre de la disposition 10A2 du SDAGE » et état d'avancement.

SAGE	Nom du contact	Fonction du contact	Etat d'avancement / actions réalisées
<b>Rance-Frémur-Baie de Beussais</b>	Gael KERVAREC	Animateur littoral de la Commission Locale de l'Eau EPTB	Compilation des données en septembre 2019 Rencontres/réunions en septembre 2019, janvier 2020 et février 2020 Délivrance des cartes et tableaux en février 2020
<b>Léon-Trégor</b>	Karine BLOC'H	Responsable Cellule Non-agricole-Morlaix Communauté	Compilation des données en octobre-décembre 2019 Rencontre/réunion en janvier 2020 Délivrance des cartes et tableaux fin janvier 2020
	Valérie SIBIRIL	Directrice animatrice SMHL	
<b>Bas-Léon</b>	Valérie HORYNIECKI	Chargée de mission SAGE du Bas-Léon , syndicat des eaux du Bas-Léon	Compilation des données en octobre-décembre 2019 Rencontre/réunion en janvier 2020 Délivrance des cartes et tableaux en février 2020
<b>Ouest Cornouaille</b>	Tifenn NEVEU	Animatrice milieux littoraux, Syndicat mixte du SAGE -OUECO	Compilation des données en octobre-avril 2020 Points téléphoniques réalisés mi-mai et mi-juin 2020 Délivrance des cartes et tableaux en mai 2020
<b>Sud Cornouaille</b>	Brice GUESDON	Technicien milieux aquatiques	Compilation des données en mars-avril 2020 Points mails réalisés mars-avril 2020 Délivrance des cartes et tableaux été 2020
<b>Argoat-Trégor-Goëlo</b>	Émilie KOLODZIEJCZYK	Chargé de mission SAGE ATG	Compilation des données de mars à juin 2020 Rencontre et point téléphonique en juillet 2020 Délivrance des cartes et tableaux en juillet 2020
	Gaëlle LE QUELLENNEC	Adjointe au chef du Service Eau et performances, Guingamp-Paimpol Agglomération	
	Emmanuel THERON	Technicien milieux aquatiques et prévention des inondations, Guingamp-Paimpol Agglomération	
	Stéphane GUICHARD	Directeur du service eau et assainissement, Lannion-Trégor communauté	
<b>Blavet - Scorff</b>	Annie LE LURON	Directrice CLE-SAGE du Blavet	Cartes et tableaux réalisés avec les données à disposition Délivrance des cartes et tableaux fin juin 2020
<b>Golfe Morbihan - Ria Etel</b>	Laurent THIBAUT		interrogation sage sur mesures qualité eau depuis 2015, demande info sur association exutoire-BV référence Cartes et tableaux en cours de réalisation
	Beatrice NVOY		

L'ensemble des cartes délivrées à ce jour aux SAGEs est fourni en Annexe 3.



## 2.6. Veille thématique internationale

### 2.6.1. Contexte et objectif

Cette veille thématique permet de suivre l'évolution du phénomène de prolifération des algues opportunistes en dehors de la région Bretagne et 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.

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

### 2.6.2. Matériel et méthodes

#### 2.6.2.1. Veille documentaire

La veille documentaire a été réalisée à travers la consultation principalement 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», «prolifération», «macroalgae», «seaweed», «Ulva», «Green algae», «Sargassum», «Solieria», «Asparagopsis», «Gracilaria».

La recherche documentaire a été effectuée sur la période du 1<sup>er</sup> janvier au 31 décembre 2019 et complétée par le début de l'année 2020. Au total, 145 articles pertinents ont été retenus pour alimenter cette revue bibliographique.

#### 2.6.2.2. 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.



## 2.6.3. Résultats

### 2.6.3.1. Effets généraux de l'eutrophisation côtière sur les équilibres biologiques

Auteurs	Localisation	Sujet/Principaux résultats
Becherucci et al. (2019)	Baie de San Antonio / Argentine	Utilisation des <b>signatures isotopiques du C et N</b> dans les compartiments de la chaîne alimentaire afin d'évaluer les sources de nutriments dans une baie macrotidale impactée par des apports en nutriments anthropiques variables. Les résultats montrent une <b>augmentation de la signature du <math>\delta^{13}\text{C}</math> chez les producteurs primaires et du <math>\delta^{15}\text{N}</math> dans tous les niveaux</b> de la chaîne alimentaire benthique, des producteurs primaires aux prédateurs. La part d'azote fournie par <b>les apports terrigènes anthropiques est incorporée dans la chaîne trophique côtière</b> .
Gladyshev & Gubelit (2019)	Globale (Russie)	Description générale de l'eutrophisation et des processus favorisant les marées vertes avec comme exemple, 3 espèces d'algues vertes ( <b>Ulva, Cladophora et Spirogyra</b> ). L'étude décrit les caractéristiques morphologiques et physiologiques qui expliquent leur capacité de former des blooms. Cette étude souligne <b>l'importance des apports excessifs en nutriments</b> dans l'apparition des marées vertes mais suggère une part importante d'autres sources de flux nutritifs, provenant du ruissellement de surface, des <b>eaux souterraines</b> et de la <b>redirection biogénique</b> des flux internes de N et P depuis le pélagique vers le benthique (= <b>Benthification</b> ).
Zheng et al. (2019b)	Ile Xiamen / Chine	Etude menée sur l'analyse spatio-temporelle de la chlorophylle-a, du carbone organique, du rapport COT (Carbone Organique Total) / Chl-a, ainsi que de la composition isotopique de la MOP (Matière Organique Particulaire), de la MO sédimentaire, des microalgues benthiques, de <i>U. lactuca</i> et des feuilles en décomposition des mangroves. Comparaison de 4 sites et 2 saisons : mars (dominé par les Ulves) et septembre (dominé par le phytoplancton). Les résultats ont montré des <b>variations importantes des isotopes de la POM en raison de changements de sources de carbone</b> . La POM du canal de dérivation est originaire de <b>MO terrestre</b> en mars et septembre. La POM du canal principal est composée du phytoplancton lagunaire en septembre mais régulée par de la <b>MO externe en mars</b> .

### 2.6.3.2. Description des Proliférations macroalgales

#### 2.6.3.2.1. Télédétection

Auteurs	Localisation	Sujet/Principaux résultats
Cao et al. (2019)	Mer Jaune / Chine	Traitements d'images <b>MODIS</b> avec un indice de végétation (NDVI) afin de cartographier les variations spatio-temporelles des marées vertes de la Mer Jaune entre 2016 et 2018 et calculer des <b>probabilités d'occurrences</b> . Les cartes permettent d'évaluer les caractéristiques morphologiques des marées vertes (régularité, mouvement, direction, origine). Le vent de surface est un



facteur important du mouvement de la marée verte. Le but est de pouvoir prédire l'intensité et la localisation de la marée verte.

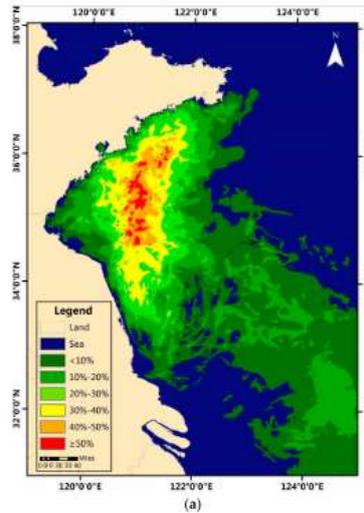


Figure 13. Distribution de la probabilité des occurrences des marées vertes en Mer Jaune de Chine.

Chen et al. (2019a) Lac Taihu / Chine

**Adaptation de l'index FAI** (Floating Algae Index) au nouveau satellite **Himawari-8** (H8) Japonais équipé du capteur **AHI** composé de 6 bandes spectrales (460, 510, 640, 860, 1610, 2257 nm). La capacité de détection de la couverture des algues a été comparée à partir de 18 images exploitables AHI et des images MODIS avec un coefficient de corrélation de 0.92 et de 0.91 avec 80 images avec le satellite GOCI.

Utilisation de données satellites à **haute précision spatiale** pour détecter les patchs de **Sargasses flottants**. Application du NDVI et comparaison des bandes utiles pour la détection des Sargasses (pics à 580 et 650 nm) avec celles utilisées pour la détection des Ulves (pic à 550 nm). Production de cartes spatio-temporelles pour évaluer et prédire la localisation des Sargasses. Une analyse des facteurs environnementaux a montré que la chlorophylle-a et la température de surface de l'eau sont supérieures à la normale.

Chen et al. (2019b) Mer Jaune / Chine

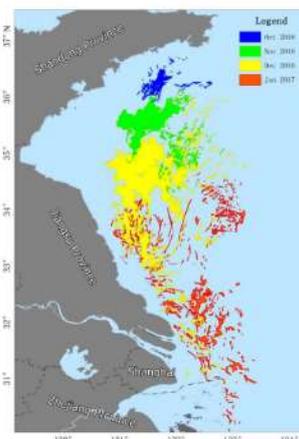


Figure 14. Cartographie spatio-temporelle des marées dorées de Sargasses.



Di Wu et al. (2019)	International / indéterminé	<b>Etat de l'art</b> de l'utilisation de drones pour la détection, le suivi et la mise en place de système de prévention des évènements de blooms algaux. Comparaison des techniques d'imageries et des méthodes utilisées (correction géométriques/atmosphériques, indices de végétation).
Hu et al. (2019)	Mer Jaune / Chine	Proposition d'une <b>méthode objective pour améliorer l'évaluation de la surface et de la biomasse</b> des marées vertes par images satellites. Une comparaison des indices Mer Jaune / Chine, NDVI et DVI a montré que le NDVI n'a pas une relation linéaire avec la biomasse et que le DVI est plus dépendant des conditions atmosphériques. Sur la base d'images MODIS en FAI, l'outil permet de mieux définir les pixels en eau ou les pixels d'algues à partir de la construction d'une image en gradient corrigée (cGFAI) et d'une image suil représentant les pixels en eau. Les pixels ainsi détectés en algues sont convertis en biomasse à partir d'équations préétablies.
Huang et al. (2019)	Mer Jaune / Chine	Comparaison des données <b>GOCI</b> et <b>Landsat-8</b> et de plusieurs indices de végétation (AFAI, DVI, EVI, IGAG, NDVI) pour améliorer les seuils de détection des algues. Le seuil de l' <b>indice AFAI</b> semble le plus stable pour la région de la Mer Jaune pour la détection des algues.

Proposition de 2 méthodes d'estimation de la biomasse des algues vertes fixées sur les filets des nurseries (**GAAN**) ou fixées sur les cordes (**GAAR**). La méthode GAAN implique l'utilisation d'images issues de drones/satellites et de données statistiques d'archives, tandis que la méthode GAAR nécessite des images satellites et des données terrain. Ainsi, 8868 tonnes et 2974 tonnes d'algues vertes ont respectivement été évaluées sur les filets et sur les cordes. Ces données peuvent aidées à la **prévention des marées vertes**.

Jiang et al. (2020)  
Mer Jaune / Chine

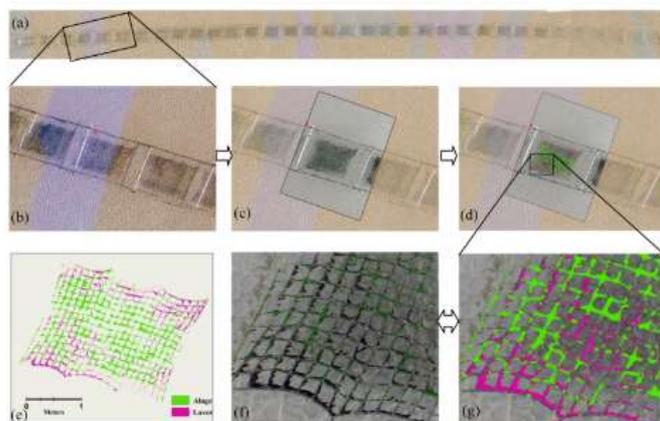


Figure 15. Traitement des images drone acquises sur les filets des nurseries de Pyropia.

Kim et al. (2019b)  
Mer Jaune / Chine

Traitements d'images **GOCI**, **Landsat-8** et **MODIS** entre 2008 et 2017 pour évaluer l'**historique de la distribution spatio-temporelle** des **marées vertes** et **dorées** dans la partie est de la Mer Jaune. La migration des algues flottantes est comparée avec le modèle de courants de surface HYCOM. La **quantité** d'algues vertes à l'est peut **varier** de 4% à 45% de la quantité d'algues vertes trouvées à l'ouest de la Mer Jaune. Les marées dorées à l'est ont augmenté graduellement comme à l'ouest de la Mer Jaune. La comparaison avec le modèle HYCOM suggère que les migrations d'algues ne sont pas identiques aux directions des courants et sont considérablement affectées par les courants océaniques de l'est de la Mer Jaune.



Li et al. (2019a)	Mer Jaune / Chine	Utilisation d'images <b>MODIS</b> et <b>GaoFen-1</b> et de données pour évaluer la <b>migration</b> , la <b>direction</b> , la <b>vitesse</b> , la <b>dissipation</b> , l' <b>impact</b> , la <b>densité</b> et la <b>distribution</b> spatiale des marées vertes de 2013 à 2018. Les cartographies permettent de définir les zones les plus à risques et de définir des <b>points de collecte</b> .
Lu et al. (2019)	Mer Jaune / Chine	Développement d'un indice <b>FAI calibré par rapport à des mesures en laboratoire</b> avec différentes biomasses par unité de surface (BPA). Une relation statistique a été utilisée entre le BPA et FAI pour déterminer qu'un FAI <0,2 correspond à un BPA <1.81kg/m <sup>2</sup> et FAI >0.2 à un BPA >1.81kg/m <sup>2</sup> . On associe donc un <b>endmember</b> à une <b>densité d'algues</b> . Cependant le FAI des images MODIS est souvent <0.2 due aux effets de mélanges spectraux et engendre des incertitudes pour estimer les biomasses par imagerie. La cause de l'incertitude est principalement due à l'épaisseur de la marée verte. Une incertitude de 36% de la biomasse totale a été évaluée, dont 43 était la contribution de peu de pixels avec un FAI fort.
Salarux & Kaewplang (2020)	Thaïlande	Utilisation d' <b>images drones</b> et comparaison des indices <b>NDVI</b> et <b>GRVI</b> pour estimer la biomasse des blooms algaux dans un réservoir urbain. Des modèles mathématiques (linéaire, polynomial et exponentiel) ont été utilisés pour déterminer les corrélations entre les 2 indices et des échantillonnages terrain. <b>40 échantillons</b> de biomasses ont été utilisés pour la <b>calibration</b> et <b>40 pour la validation</b> . La fonction exponentielle a donné de meilleurs résultats avec un <b>R<sup>2</sup>=0.72 (NDVI) et 0.64 (GRVI)</b> et l'indice <b>NDVI</b> est plus performant que le GRVI.
Tao et al. (2019)	Chine	Proposition d'une méthode d' <b>extraction d'endmembers</b> d'algues vertes à partir d'images satellites géostationnaires multispectrales. Cette méthode améliore l'outil d'extraction d'endmembers car il exploite une matrice de cofacteurs afin de chercher le plus grand volume <b>simplex</b> et il obtient les endmembers optimum avec peu d'itérations basé sur la mise à jour de la matrice. Cette méthode obtient les <b>mêmes résultats</b> qu'avec la méthode précédente N-FINDR mais de façon <b>plus efficace</b> .
Xiao et al. (2019)	Mer Jaune / Chine	Comparaison de plusieurs <b>indices de végétation</b> (NDVI, FAI, RVI, EVI, OSABI, KOSC) en relation avec la biomasse par unité de surface en utilisant des données <i>in situ</i> à partir d'un réservoir expérimental. Les indices EVI, NDVI, FAI ont une relation exponentielle avec la biomasse par unité de surface. Ces relations sont étudiées à partir d'images satellites afin d'observer l'impact des conditions atmosphériques et des pixels en mélange. Les résultats montrent que l'atmosphère a un impact faible avec l'EVI et peut donc être utilisé au sommet de l'atmosphère (TOA). <b>L'EVI</b> est également légèrement impacté par les pixels mixtes et a donc été appliqué à la <b>série historique d'images MODIS</b> pour extraire la biomasse maximale entre 2007 et 2016. Le maximum de la biomasse a été atteint en 2016 (1.17 millions de tonnes) et le minimum en 2012 (0.074 millions de tonnes). <b>L'apport en nutriment</b> est le facteur important qui explique ces variations de biomasses.
Yu et al. (2019)	Mer Jaune / Chine	Traitements d'images <b>MODIS</b> avec un indice de végétation (NDVI) afin de cartographier les variations spatio-temporelles des marées vertes de la Mer Jaune entre 2008 et 2017. Selon les caractéristiques de densité et couverture des algues, la marée verte est divisée en 3 stades : <b>déclenchement</b> , <b>développement rapide et épuisement</b> . Ces 3 stades sont mis en relation avec des données de <b>température de surface</b> de l'eau, <b>précipitation</b> et de <b>radiation solaire</b> . Durant la période de déclenchement, avec une température supérieure à 15°C, les précipitations peuvent stimuler la marée verte. La période de développement rapide est caractérisée par une



température de l'eau de 16-21°C, des précipitations importantes et une radiation de 250-280 W/m<sup>2</sup>. La phase d'épuisement est caractérisée par une température de l'eau de 22-26°C (**facteur le plus important** ; et la marée verte disparaît avec T>26°C), et une radiation de 240-260 W/m<sup>2</sup>.

Zhang et al. (2019a) Mer Jaune / Chine

Proposition de l'**algorithme simplifié** Floating Green Tide Index (**FGTI**) applicable par des personnes non-expertes. Le FGTI a montré des résultats **similaires** aux indices VB-FAH (Virtual-Baseline Floating macroAlgae Height) et **FAI** (Floating Algae Index) et **meilleurs que le NDVI** qui est plus dépendant des conditions environnementales (géométrie, réverbérations solaires, perturbations des nuages...). Le FGTI peut être appliqué aux images en **Comptes Numériques**, sans corrections atmosphériques préalables et à **différents types de capteurs**, aux résolutions spectrales différentes.

Descriptions spatiales et composition spécifique des marées dorées de Sargasses en mer de Chine qui surviennent depuis 2017. Les observations **morphologiques et moléculaires** (extraction d'ADN total et amplification) ont montré qu'il s'agissait de blooms **monospécifiques (Sargassum horneri)**. Les données satellites MODIS ont montré que la province de Zhejiang est l'**origine** supposée de ces marées dorées.

Zhang et al. (2019c) Mer Jaune / Mer de l'Est / Chine



Figure 16. Cartographie des marées vertes et des marées dorées en mer Jaune de Chine.

#### 2.6.3.2.2. Descriptions locales du phénomène des marées vertes

##### Asie

Auteurs	Localisation	Sujet/Principaux résultats
---------	--------------	----------------------------



La publication se base sur les marées vertes et sur la colonisation biofouling des algues vertes en Chine pour décrire les phénomènes d'**agrégation conspécifique** par le recrutement des spores d'ulves. Des composés bioactifs ont été isolés à partir d'extraits d'Hexane et dichlorométhane des frondes d'**Ulva tepida**. Ces composés, **C16 :4** et **di-n-butyl phthalate**, induiraient le **recrutement et la fixation des spores**.

Agusman et al. (2019) Côtes de Qingdao & Xiamen / Chine

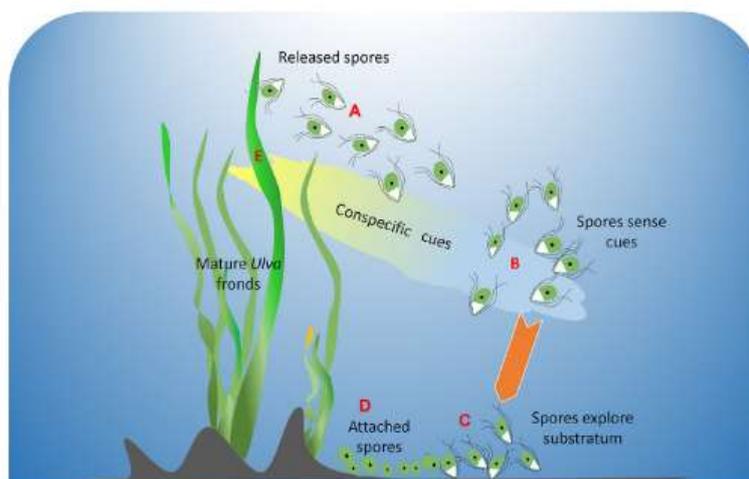


Figure 17. Schéma conceptuel de l'agrégation conspécifique.

Cao et al. (2019) Mer Jaune / Chine

L'étude décrit l'évolution spatio-temporelle des marées vertes d'*Ulva prolifera* dans la mer Jaune à partir d'images **MODIS** entre 2016 et 2018. Le traitement des images a permis de calculer les **probabilités d'occurrences** et les caractéristiques morphologiques (à partir du SDE – Standard deviation ellipse). Sur la série étudiée, les plus grandes surfaces de couverture d'algues vertes ont été observées en **2016 avec 2906 km<sup>2</sup>**. L'origine de la prolifération semble être la côte de la province de **Jiangsu** suivi d'un déplacement de la marée verte vers le nord puis au niveau de Qingdao dans la province de Shandong identifiée comme une région à haut risque.

Chen et al. (2019a) Lac Taihu / Chine

Utilisation d'une série d'images **MODIS** et de l'indice **FAI** (Floating Algae Index) pour détecter et décrire les surfaces d'algues flottantes à la surface de l'eau dans le lac de Taihu. Les traitements permettent de suivre l'évolution du patch d'algues à différents moments d'une journée. Les observations mettent en évidence qu'une partie du lac, au niveau de **Meiliang Bay est plus fréquemment touchée** par ces biomasses d'algues flottantes.

Cho et al. (2019) Jeju / Corée

Chaque année, des marées vertes (*Ulva conglobata* et *U. pertusa*) se produisent sur les côtes de l'île de **Jeju** en Corée, notamment dans la baie de Bangdu. Des analyses isotopiques (<sup>222</sup>Rn ; δ<sup>15</sup>N and δ<sup>18</sup>O) ont montré que **l'infiltration rapide les engrais** azotés dans les sols suivi des résurgences sous-marines d'eaux souterraines seraient à **l'origine** de l'apparition massive de marée verte sur les côtes de Jeju.

Cui et al. (2019) Mer Jaune / Chine

Des prélèvements d'ulves ont été effectués au niveau de la zone océanique de Rudong, au sud de la mer Jaune (**aire d'origine**) afin d'en évaluer des paramètres physiologiques comme la concentration en **chlorophylle, la fluorescence, le taux de croissance et les caractères reproductifs**. Les valeurs relatives à ces paramètres sont considérablement **plus élevées à Rudong** que dans la zone de Qingdao, sauf pour l'abondance des propagules qui y est plus élevée.

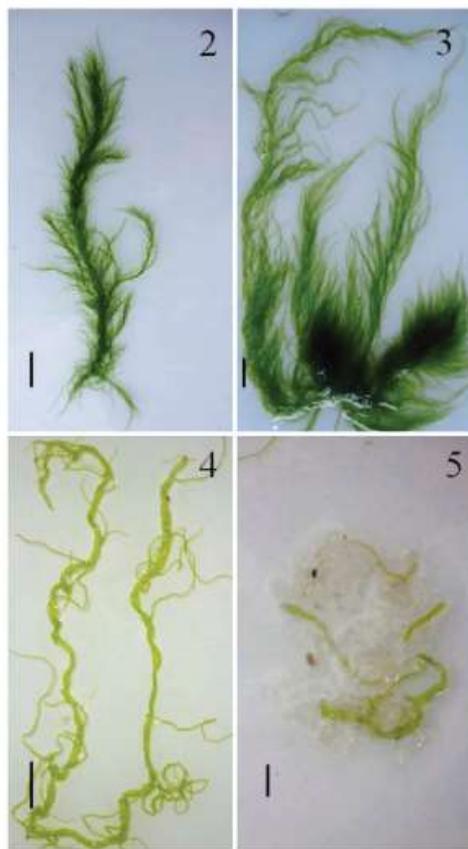


Figure 18. Variations morphologiques des thalles d'*Ulva prolifera*.

Du et al. (2019)	Mer Jaune / Chine	Etude des successions temporelles de la structure des populations d'ulves fixées aux installations aquacoles de <i>Pyropia</i> dans le Mer Jaune de Chine. La population pérenne est principalement constituée de <b><i>Ulva flexuosa</i> et <i>U. lifera</i></b> . Le stade de développement change selon la saison avec une dominance de <b>sporophytes</b> en hiver et printemps tandis que les <b>gamétophytes</b> prédominent en été et automne. Il y a donc <b>plusieurs phases</b> de blooms d'algues formant les marées vertes avec <b>différentes générations</b> qui <b>coexistent</b> continuellement.
Fu et al. (2019)	Mer Jaune / Chine	Cette étude évalue la <b>capacité de flottabilité</b> des ulves lors des marées vertes en Mer Jaune de Chine, en comparaison avec d'autres espèces, notamment l'espèce <i>Pyropia yezoensis</i> qui est cultivée. est une caractéristique génétique des algues étroitement corrélée à l'intensité lumineuse, la morphologie et le statut physiologique de l'algue. L'étude a montré que les ulves ( <b><i>Ulva prolifera</i></b> ) ont une <b>capacité et une force de flottabilité plus importante</b> que d'autres espèces.
Geng et al. (2019)	Mer Jaune / Chine	L'origine de la région d'implantation des marées vertes a été retracée à partir de <b>28-isofucosterol</b> présents dans le sédiment comme biomarqueur des algues vertes. La région potentielle d'implantation a été identifiée au <b>sud-est de la péninsule de Shandong</b> .
Han et al. (2019)	Mer de Bohai / Chine	Les côtes de Qinhuangdao, situées à l'ouest de la Mer de Bohai en Chine sont régulièrement impactées par des marées vertes depuis 2015. La « source » algale (micro-propagules incluant les gamètes, les spores, les micro-germes et les fragments végétatifs) est étudiée. Des observations mensuelles sont



		réalisées <b>proches des côtes</b> et en <b>offshore</b> pour évaluer l'évolution spatio-temporelle. Les <b>micro-propagules</b> sont principalement distribuées dans les eaux côtières ( <b>inshore</b> ) avec une abondance <b>décroissante</b> vers les eaux <b>offshore</b> . La biomasse est élevée en juillet et août et faible en hiver. Les zones affectées par les marées vertes ont montré une abondance plus élevée des micro-propagules qui peuvent servir de <b>stock de semence</b> pour la marée verte.
He et al. (2019b)	Province de Zhejiang / Chine	Des algues vertes ( <i>Ulva prolifera</i> ) ont été collectées dans la Province de Zhejiang en Chine afin d'évaluer la dynamique des métabolites, notamment durant les phases de fragmentation. La <b>fragmentation</b> induit un <b>processus de reproduction</b> chez l'ulve avec des changements des différents métabolites : <b>sucres, acides organiques, alcools</b> . Les niveaux de ces métabolites évoluent après un <b>stress thermique</b> (choc basse température) ou selon la photopériode. Les fragments induisent la formation de <b>sporanges</b> et l'accumulation complexe de métabolites. Cette stratégie a probablement été adoptée par les ulves pour faire face à la fragmentation en milieu naturel.
He et al. (2019a)	Mer Jaune / Chine	Etude comparative du transcriptome d'ulves issu d'individus d'ulves flottants et des individus fixés sur les installations aquacoles de culture de <i>Pyropia</i> . <b>L'expression des gènes</b> est plus <b>importante</b> pour les individus <b>flottants</b> . L'activité métabolique est donc plus vigoureuse pour ces individus pour s'adapter aux conditions de l'environnement.
Hiraoka et al. (2019)	Baie de Tosa / Japon	La baie de Tosa au Japon subit des changements de communautés notamment à cause du réchauffement de l'eau. Les surfaces colonisées par les <b>algues brunes</b> de climat tempéré ont été <b>occupées</b> par des espèces <b>tropicales</b> . Les blooms d'algues vertes ( <i>Ulva ohnoi</i> ) sont aussi concernés par la « tropicalisation ». Cette espèce qui formait des blooms depuis 2007 est progressivement remplacée par l'ulve tropicale <i>Ulva reticulata</i> , qui prédomine désormais dans les marées vertes.
Hu et al. (2019)	Mer Jaune / Chine	Cette étude décrit, à partir du traitement <b>d'images satellites</b> , l'évolution spatio-temporelle des marées vertes flottantes dans le Mer Jaune. Les <b>surfaces</b> recouvertes sont traduites en <b>biomasse d'algues</b> . Ces informations précises et régulières sur la couverture et la biomasse des algues vertes sont importantes pour le gouvernement dans l'organisation, la prise de décisions et les actions à mener.
Huang et al. (2019)	Mer Jaune / Chine	L'étude permet de cartographier, à partir de traitements <b>d'images satellitales</b> géostationnaires, les <b>surfaces</b> d'algues vertes dans la Mer Jaune. Des seuils ont été appliqués aux <b>différents algorithmes</b> proposés. Il semble que le seuil appliqué à l'algorithme <b>AFAI</b> est le plus stable, en fonction des conditions atmosphériques et de la distribution de la marée verte en Mer Jaune.
Jiang et al. (2019c)	Ile Nan'ao, Shantou / Chine	Des algues vertes ( <i>Ulva lactuca</i> ) ont été collectées à différentes zones sur l'estran de l'île Nan'ao afin d'évaluer les pigments photosynthétiques et les comportements photosynthétiques selon différentes densités de tapis d'algues. Les contenus en pigments et l'activité photosynthétique ( $P_{max}$ ) sont <b>supérieurs dans la zone basse estran</b> . Sous un tapis de faible épaisseur, le $P_{max}$ , l'efficacité photosynthétique et la respiration à l'obscurité augmentent tandis que les phénomènes de saturation de l'irradiance diminuent. Cependant, le $P_{max}$ du haut et des zones intermédiaires de l'estran est plus <b>élevé</b> avec une <b>densité élevée du tapis</b> d'algues. Ces variations des taux photosynthétiques selon les densités et les zones suggèrent des capacités différentes de l'utilisation du $HCO_3^-$ .



Jiang et al. (2020)	Mer Jaune / Chine	Cette publication évalue les <b>biomasses</b> d'algues vertes fixées sur différentes installations aquacoles : <b>filet versus cordes</b> . Les estimations sont réalisées à partir du traitement <b>d'images</b> acquises par <b>drone</b> et par <b>satellite</b> . En 2017, <b>8868</b> et <b>2974 tonnes</b> ont respectivement été évaluées sur les filets et les cordes. Ces informations sont importantes pour la prévention des marées vertes et pour les prévisions des bénéfices de <i>Porphyra yezoensis</i> .
Kachur et al. (2019)	Mers de Okhotsk et Bering / Russie	Description des pollutions liées à l'exploitation des <b>gisements de minerais et d'hydrocarbures</b> en Russie. Les marées vertes sont un des exemples des problèmes environnementaux. <b>La pollution engendrée par ces activités ont impacté les communautés algales</b> (réduction de la composition spécifique) dans la baie d'Avacha favorisant le développement d'algues vertes et <b>l'apparition de marées vertes</b> .
Kang et al. (2019)	Ile de Jeju / Corée	Des campagnes de terrain autour de l'île de Jeju en Corée ont été effectuées afin d'analyser <b>215</b> échantillons d'algues prélevés sur <b>23 sites</b> différents. L'analyse phylogénétique basée sur le séquençage de 2 marqueurs moléculaires ( <b>tufA et ITS</b> ) de l'ADNr, a permis d'identifier 193 spécimens comme <b>9 espèces d'ulves</b> , <b>14</b> spécimens comme étant <i>Blidingia spp.</i> et <b>8</b> échantillons restés <b>inconnus</b> . Les espèces <i>Ulva australis</i> , <i>U. ohnoi</i> et <i>U. procera</i> étaient dominantes avec des abondances relatives de 34.4 % sur les 23 sites, 21.9 % sur 16 sites et 14 % sur 11 sites respectivement. Cette étude permet de mieux caractériser les marées vertes qui se produisent en Corée.
Kim et al. (2019b)	Mer Jaune / Chine	Les marées vertes en Mer Jaune de Chine sont décrites à travers le traitement <b>d'images satellites GOCI, MODIS et Landsat</b> . L'évolution spatio-temporelle entre 2008 et 2017 permet de suivre la formation, le déplacement et l'extinction des <b>marées vertes</b> ainsi que des <b>marées dorées de Sargasses</b> depuis 2017.
Lee et al. (2019)	Ile de Jeju / Corée	Plusieurs prélèvements à 8 sites différents autour de l'île de Jeju en Corée ont été effectués afin de réaliser une étude <b>taxonomique</b> des ulves basée sur des méthodes de <b>barcoding de l'ADN (tufA and rbcL)</b> . Cinq espèces sont à l'origine de marées vertes issues d'algues d'arrachage ( <i>Ulva australis</i> , <i>U. lactuca</i> , <i>U. laetevirens</i> ) ou libre flottante ( <i>U. ohnoi</i> et une nouvelle espèce <i>U. pseudo-ohnoi sp. nov.</i> ).
Li et al. (2019a)	Mer Jaune / Chine	Les marées vertes qui se produisent depuis 2007 en Mer Jaune de Chine sont étudiées à partir d'images satellites <b>MODIS et GaoFen-1</b> . Les <b>trajectoires</b> , les <b>vitesse</b> s, la <b>dissipation</b> et les <b>densités</b> ont été examinées entre 2013 et 2018. La plus grande partie de la marée verte se déplace vers le nord-est jusque dans les eaux côtières de Rongcheng Chengshanjiao. Les vitesses interannuelles de déplacement et de dissipation sont comparables. La distribution et la densité sont les plus élevée et à risque dans la partie sud de Rongcheng.
Li et al. (2019d)	Qingdao / Chine	Des analyses isotopiques des sources et des taux d'absorption de l'azote par les ulves ont été menées dans la province de Shandong au niveau des côtes de Qingdao dans la Mer Jaune de Chine afin de mieux comprendre et caractériser les marées vertes d' <i>Ulva prolifera</i> . Cette espèce possède un <b>avantage compétitif pour l'absorption de l'azote</b> qui peut l'assimiler simultanément selon différentes sources avec une préférence pour l'azote inorganique : <b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (nitrate) &gt; NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (ammonium) &gt; CO (NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub> (urée) &gt; C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>NO<sub>2</sub> (glycine) C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>NO<sub>2</sub> (alanine)</b> . Cette étude met en évidence les apports en azote organique des fermes aquacoles qui soutiennent la croissance des proliférations.



Li et al. (2019b)	Mer Jaune / Chine	Description des marées vertes qui se produisent dans le sud de la Mer Jaune de Chine. Ces algues forment de larges panaches flottants qui se décomposent à la surface de l'eau. L'étude met en relation ces <b>marées vertes</b> avec les différents <b>paramètres abiotiques</b> de l'eau ( <b>salinité, chlorophylle a, carbone organique dissous, matière organique dissoute...</b> ), au cours d'une saison, entre avril et septembre 2017.
Li et al. (2019c)	Chine	Etude en laboratoire de l'effet de <b>l'obscurité</b> , de la lumière et d'une diminution de la température et de la salinité sur la <b>croissance</b> , la teneur en <b>eau, l'activité</b> enzymatique de la superoxyde dismutase ( <b>SOD</b> ), les <b>protéines</b> solubles totales et la teneur en <b>glucides</b> de l'espèce <b>Ulva prolifera</b> . L'algue présente <b>un taux de croissance et une activité SOD élevés</b> lors de la phase <b>d'obscurité</b> à 25°C mais pas à 15°C. Avec une salinité de 15 et une température de 15 ou 25°C à la lumière, les thalles présentent un taux de croissance, et des valeurs d'O <sub>2</sub> photosynthétique élevés. Les résultats montrent donc qu'à <b>l'obscurité</b> et aux basses températures nocturnes, les algues ont une <b>croissance rapide</b> .
Liu et al. (2019a)	Mer Jaune / Chine	Analyse du génome mitochondrial et utilisation de la séquence du gène rps2-trnL pour discriminer les différentes espèces d'ulves. Une découverte qui permet de gagner du temps et de l'argent, tout en fournissant des données basiques pour la prévention et le contrôle des marées vertes.
Liu et al. (2019b)	Baie de Xincun / Chine	L'enrichissement des eaux provoque des blooms de macroalgues qui perturbent les écosystèmes et notamment au niveau des herbiers marins comme c'est le cas dans la baie de Xincun. L'étude compare l'activité enzymatique dans un herbier marin avec la présence ou non d'algues vertes (de type <i>Cladophora</i> spp.) en décomposition ainsi que les contenus en carbones labiles et séquestrés dans le sédiment. De manière générale, la <b>décomposition des algues stimule la transformation du SOC</b> et par conséquent, n'est <b>pas bénéfique pour sa séquestration</b> .
Lu et al. (2019)	Mer Jaune / Chine	Les traitements <b>d'images satellites</b> couplés à des expérimentations en laboratoires permettent d'évaluer les <b>biomasses</b> d'algues vertes en Mer Jaune de Chine. Les biomasses évaluées présentent tout de même quelques <b>incertitudes</b> en raison des <b>mélanges spectraux</b> et de <b>l'épaisseur</b> des proliférations.
Nakamura et al. (2019)	Baie de Tokyo / Japon	Des expérimentations en laboratoire ont été menées sur les espèces <i>Ulva ohnoi</i> et <i>U. pertusa</i> , différenciées par une méthode de polymorphisme de taille de fragments de restriction (RFLP), afin d'évaluer leurs caractéristiques physiologiques en réponse à différentes conditions (irradiance, température...). <b>U. ohnoi</b> présente des taux de <b>photosynthèse</b> et de <b>croissance supérieurs</b> tandis que les taux de respiration ne sont pas différents. <i>U. ohnoi</i> est donc plus adaptée aux eaux peu profondes lors des proliférations massives.
Otani et al. (2020)	Baie de Hiroshima / Japon	Estimation de la production primaire de <i>Ulva</i> spp., des herbiers de <i>Zostera marina</i> et <i>Z. japonica</i> . Les biomasses augmentent du printemps à l'été et diminuent en hiver. La <b>production primaire</b> est <b>plus importante</b> pour <i>U. spp.</i> et <i>Z. marina</i> . La présence de ces macrovégétaux a probablement <b>limité les marées rouges</b> . En se décomposant les herbiers apportent de la matière organique dans les zones côtières mais également dans les zones subtidales moins riches en éléments nutritifs.



Samanta et al. (2019b)	Ile de Jeju / Corée	Plusieurs prélèvements <i>in situ</i> ont été effectués autour de l'île de Jeju en Corée afin d'identifier les différentes sources d'azote contribuant aux marées vertes locales. Les <b>signatures isotopiques</b> des algues ( $\delta^{13}\text{C}$ , $\delta^{15}\text{N}$ , $\delta^{18}\text{O}$ ), de l'azote et du carbone tissulaire ont permis de déterminer les sources d'azote : <b>azote organique du sol mélangé avec les déchets d'élevage, engrais synthétiques, rejets d'eaux usées et déchets aquacoles.</b>
Shen et al. (2019)	Mer Jaune / Chine	Analyses <b>PCR</b> de l' <b>ADN</b> d' <i>Ulva prolifera</i> et <i>Blidingia spp.</i> issues des marées vertes en Chine. Les échantillons d'ulves de <b>différentes morphologies</b> prélevées sur la zone côtière à Qingdao, à Jiangsu et dans la mer Jaune ont montré qu'il s'agissait de la <b>même espèce</b> <i>U. prolifera</i> et avait la <b>même origine.</b>
Song Duan (2019)	& Mer Jaune / Chine	Chapitre extrait d'un livre <b>consacré à la Mer Jaune de Chine</b> en présentant les <b>caractéristiques générales</b> telles que la localisation, les paramètres physiques (température, salinité, courants...), les changements climatiques saisonniers, les différents habitats environnementaux (herbiers, estuaires, estrans...) et les menaces liées au changement climatique (augmentation du niveau de la mer, de la température, du pH, des tempêtes, de la fonte des glaces) et aux activités humaines (démographie, pollutions terrestre et marine, érosion...).
Song et al. (2019a)	Mer de Bohai / Chine	Déclaration d'une nouvelle marée verte depuis 2015 sur les côtes de Qinhuangdao sur la mer de Bohai (nord de la Chine). Les échantillonnages <i>in situ</i> d'algues vertes et rouges ont permis de caractériser les espèces présentes à partir de <b>marqueurs génétiques</b> ( <b>ITS</b> , <b>rbcl</b> , <b>tufA</b> et <b>5S spacer</b> et <b>COI</b> , <b>LSU</b> et <b>UPA</b> ). Les résultats montrent la présence dominante de <b><i>Ulva pertusa</i></b> , <b><i>Bryopsis plumosa</i></b> et <b><i>Ulva prolifera</i></b> lors des 3 stades de la marée verte.
Song et al. (2019b)	Mer de Bohai / Chine	L'origine des marées vertes dans la mer de Bohai en Chine est située localement, à partir de <b>macroalgues fixées</b> sur les différentes <b>structures côtières</b> ( <b>brise-lames</b> , <b>îles artificielles</b> de Lianhua et Hailuo et <b>installations aquacoles</b> ). Les 2 espèces <i>Bryopsis plumosa</i> et <i>Ulva prolifera</i> , qui étaient fixées sur les <b>gisements d'algues naturelles</b> , étaient identiques à celles retrouvées à la surface de l'eau lors de la marée verte. Cela indique <b>l'origine</b> de cette marée verte.
Sun et al. (2020)	Province de Fujian / Chine	L'étude concerne des proliférations d'algues vertes de type <i>Enteromorpha prolifera</i> dans des étangs de culture de crevettes à Putian, dans la province de Fujian en Chine. Ces algues vertes <b>affectent l'abondance</b> et la <b>composition des communautés microbiennes</b> et peuvent donc avoir un impact néfaste important sur les systèmes aquacoles.
Wang et al. (2019c)	Province de Jiangsu / Chine	Expérimentations physiologiques en laboratoire afin d'évaluer les paramètres d'absorption d'azote et de phosphore d' <i>Ulva prolifera</i> selon différentes conditions de nutriments. En laboratoire les <b>taux d'absorption du nitrate ou du phosphate diffèrent selon les concentrations en nutriments</b> . Ces résultats ont alimenté un <b>modèle de croissance</b> dont la <b>concentration minimale</b> requise pour les algues est de <b>6.5 <math>\mu\text{mol.L}^{-1}</math></b> de nitrate et <b>0.27 <math>\mu\text{mol.L}^{-1}</math></b> de phosphate.
Wang et al. (2019b)	Mer Jaune / Chine	Afin de mieux comprendre et caractériser les marées vertes de la Mer Jaune de Chine, une étude génétique a été menée sur 4 espèces <b><i>U. prolifera</i></b> , <b><i>U. linza</i></b> , <b><i>U. flexuosa</i></b> et <b><i>U. compressa</i></b> . Ces espèces partagent un ensemble de <b>gènes de base</b> . Cependant, l'analyse de <b>6 voies métaboliques clés</b> ont révélé la présence d'une large diversité de gènes relatifs à la croissance <b>chez</b>



			<p><b>U. prolifera</b> ce qui expliquerait son succès lors des proliférations sur les autres espèces.</p>
Wei et al. (2019)	Mer Jaune / Chine		<p>Etude basée sur les caractéristiques hydrologiques de la masse d'eau côtière au niveau de Qingdao. On observe la présence d'un <b>upwelling</b> au large qui <b>enrichit</b> la colonne d'eau en <b>nutriments</b> favorisant la croissance du phytoplancton mais réduit la concentration en oxygène dissous et le pH dans le fond. Cet upwelling pourrait <b>favoriser la croissance des ulves</b>. Les limites entre les eaux froides et chaudes créent des fronts physiques avec des variations de nutriments et de chlorophylle-a.</p>
Xiao et al. (2019)	Mer Jaune / Chine		<p>Le traitement <b>d'images satellites</b> couplé avec des expérimentations <i>in situ</i> pour calibrer des algorithmes d'évaluation de la <b>biomasse</b> algale a permis d'estimer les biomasses d'ulves lors des proliférations en mer de Chine. Ces biomasses ont été comparées aux <b>apports nutritifs des rivières</b>, ainsi qu'à la <b>surface couverte</b> et au <b>stock d'algues cultivées</b> (<i>Porphyra</i>) afin d'identifier les principaux facteurs contributeurs.</p>
Xiu et al. (2019)	Qingdao / Chine		<p>Une campagne en Mer Jaune de Chine a été réalisée dans les eaux côtières de Qingdao. L'objectif est d'utiliser des isotopes stables pour étudier la biodisponibilité de l'azote organique dissous (NOD) et inorganique dissous (NID) pour les algues vertes (<i>Ulva prolifera</i>) responsables des marées vertes locales. Les résultats montrent que le <b>NOD</b>, et notamment <b>l'urée</b> et les <b>acides aminés</b> peuvent jouer un rôle important dans la <b>nutrition des algues vertes</b> et favorisent donc leur <b>prolifération</b>.</p>
Yang et al. (2019a)	Qingdao / Chine		<p>Des prélèvements d'ulves (<i>Ulva prolifera</i>) dans l'eau de la Mer Jaune ont été effectués afin d'évaluer les réponses antioxydantes de ces algues sous différentes conditions de températures. L'augmentation de température induit l'expression des enzymes superoxyde dismutase (<b>SOD</b>), catalase (<b>CAT</b>) et L-ascorbate peroxydase (<b>APX</b>), et ainsi les concentrations en <b>chlorophylle-a</b>, peroxyde (<b>H2O2</b>) et malondialdéhyde (<b>MDA</b>).</p>
Yu et al. (2019)	Mer Jaune / Chine		<p>Les évolutions spatio-temporelles des marées vertes ont été évaluées par <b>traitements d'images</b> satellites <b>MODIS</b> dans la Mer Jaune de Chine entre 2008 et 2017. Les images permettent de définir les <b>3 stades de déclenchement</b>, de <b>prolifération</b> et <b>d'épuisement</b> des marées vertes qui peuvent être mis en relation avec les paramètres abiotiques (température, précipitation, irradiance). Le déclenchement à partir d'une température d'eau de <b>15°C</b> peut être stimulé par les précipitations. Les proliférations commencent avec une température d'eau entre <b>16 et 21°C</b> et l'épuisement avec des températures supérieures à <b>22°C</b>.</p>
Zhang et al. (2019a)	Mer Jaune / Chine		<p>Cette étude propose un <b>algorithme simplifié</b> pour le traitement des images satellites afin de cartographier les <b>couvertures</b> d'algues vertes flottantes à la surface de l'eau. Cet algorithme semble plus performant pour détecter les algues et peut être appliqué à <b>différents types de capteurs</b>.</p>
Zhang et al. (2019d)	Mer Jaune / Chine		<p>Les données de surfaces des <b>marées vertes</b> de 2008 à 2017 ainsi que des <b>marées dorées</b> de Sargasses depuis 2017 ont été croisées aux données de <b>température de surface</b> de l'eau (estimée par télédétection), et à la présence et la <b>surface</b> des zones <b>aquacoles</b> de <i>Pyropia</i>. La croissance des marées vertes a été limitée en 2017 par les Sargasses, et notamment sur les installations aquacoles qui ont été envahies par les Sargasses.</p>



Zhang et al. (2019f)	Mer Jaune / Chine	Une analyse des facteurs biotiques et abiotiques impliqués dans les proliférations des marées vertes en Chine a été menée. Les auteurs avancent que les <b>augmentations du CO<sub>2</sub> atmosphérique</b> et de la <b>température globale</b> , causées par la <b>surpopulation</b> et les <b>activités anthropiques</b> , sont les principaux facteurs qui facilitent l' <b>expansion des marées vertes</b> . L'interaction combinée des activités aquacoles (avec l'apport excessif de nutriments), les conditions physicochimiques locales, les caractéristiques physiologiques des algues, le réchauffement des eaux et les interactions biologiques a contribué aux proliférations entre 2007 et 2017. Ces marées vertes et leur décomposition causent des dommages importants ( <b>hypoxie, acidification...</b> ), peuvent <b>favoriser les marées rouges</b> et modifient les cycles du carbone de l'écosystème.
Zhao et al. (2019b)	Mer Jaune / Chine	Etude du <b>cycle de vie</b> des ulves ( <i>Ulva prolifera</i> ) des marées vertes présentes en Chine. Pour les individus flottants, les observations ont montré qu'il s'agissait que de <b>sporophytes</b> avec des cycles de reproduction <b>sexués</b> . L'espèce maintient donc une <b>croissance végétative</b> en début de floraison, d'avril à juin. L'analyse des chromosomes indique que les sporophytes diploïdes comptent 18 chromosomes tandis que les gamétophytes haploïdes comptent 9 chromosomes.

## Amérique

Auteurs	Localisation	Sujet/Principaux résultats
Chávez-Sánchez et al. (2019)	Baie de La Paz / Golfe de Californie / Mexique	Comparaisons morphologiques et anatomiques de 8 blooms distincts formés par des Ulves. <b>Les séquençages d'ADN</b> utilisant une approche multi-gènes (rbcL, ITS2 et tufA) ont montré qu'il y avait <b>4 espèces distinctes</b> (différentes de celles attribuées par observations morpho-anatomiques). Les morphotypes <b><i>Ulva lactuca</i></b> et <b><i>rigida</i></b> correspondent à <b><i>U. ohnoi</i></b> ; <b><i>U. intestinalis</i></b> correspond à <b><i>U. tepida</i></b> ; <b><i>U. clathrata</i></b> et <b><i>flexuosa</i></b> correspondent à <b><i>U. torta</i></b> et <b><i>U. acanthophora</i></b> ne correspond à aucune espèce décrite. Les séquençages des espèces qui correspondraient à <b><i>U. lobata</i></b> et <b><i>nematoidea</i></b> ont échoué.
Lamb et al. (2019)	Baie de Jamaica / New York / USA	Etude descriptive des espèces d'ulves présentes dans la baie de Jamaica sur 8 sites de prélèvements et 1 site dans la baie de Long Island. Les espèces dominantes sont <b><i>U. compressa</i></b> , <b><i>U. clathratioides</i></b> , <b><i>U. prolifera</i></b> , <b><i>U. stipitata</i></b> , <b><i>U. laetevirens</i></b> et <b><i>U. lactuca</i></b> . <i>Ulva stipitata</i> , espèce tubulaire, est présente dans la baie de Jamaica et c'est aussi la seconde occurrence de cette espèce dans l'Atlantique nord-ouest. Etant donné que les potentiels stockages d'azote des ulves sont connus, cette étude permet de <b>développer des mesures de gestion</b> , notamment pour les côtes de la ville de New York et pour la gestion des blooms d'algues vertes.
Schaefer et al. (2019)	Indian River Lagoon (IRL) / Floride	Le Lagon de « Indian River », situé sur la côte de Floride est un écosystème riche mais impacté par des blooms phytoplanctoniques récurrents. Cette étude propose une <b>approche multidisciplinaire intégrée</b> afin de suivre et <b>surveiller ces blooms</b> , à partir de données <b>d'observations in situ</b> (composition du phytoplancton, analyses régulières de la qualité de l'eau), de <b>technologies innovantes</b> et de <b>sentinelles biologiques</b> avec également un partage ouvert des données, l'éducation et l'engagement du public.



## Océanie

Aucun élément trouvé cette année pour cette catégorie.

## Europe

Auteurs	Localisation	Sujet/Principaux résultats
Bermejo et al. (2019)	Estuaires de Tolka et Argideen / Irlande	Deux estuaires Irlandais ont été comparés en fonction de la répartition spatiale et temporelle de la biomasse de 2 morphologies d'ulves. Les analyses sont basées sur des marqueurs génétiques qui permettent de caractériser les espèces présentes dans les blooms. Les espèces rencontrées sont <b>Ulva prolifera</b> , <b>U. compressa</b> ( <b>tubulaires</b> , mode de vie principalement fixé) et <b>U. rigida</b> (en <b>lame</b> , mode de vie principalement flottant). Une saisonnalité a été mise en évidence pour les 2 sites avec une succession des espèces tubulaires au printemps et début de l'été puis une co-dominance des espèces tubulaires et en lame à partir de la fin de l'été jusqu'à l'automne. Les espèces <b>tubulaires</b> semblent s'étendre sur une plus large emprise spatiale et une <b>biomasse plus importante</b> . Les biomasses sont variables d'une année sur l'autre avec une <b>augmentation globale</b> depuis les 2 dernières décennies.
Fort et al. (2020)	Irlande	Des échantillons d'ulves intertidales/subtidales et de blooms/non-blooms ont été collectés en Irlande, Pays-Bas, France (Bretagne), Portugal et Espagne afin de comparer les croissances et le métabolisme des algues. Des analyses génétiques sont réalisées et permettent de mettre en évidence des traits propres aux algues de blooms. L'étude confirme que les algues issues des <b>blooms</b> ont une <b>croissance fissulaire plus rapide</b> , <b>plus de pigments</b> et de <b>protéines</b> et <b>moins d'amidon</b> que les autres ulves.
		<p>Figure 19. Schéma conceptuel de la sélection de souche d'ulves proliférantes.</p>
Jones et al. (2019)	Mer d'Iroise / France	L'étude compare de 2 sites : impacté (baie de Douarnenez) versus non impacté (anse de Dinan, Crozon) par des marées vertes afin de mettre en évidence <b>l'impact sur les juvéniles de poissons plats</b> (soles, plies, turbot). L'étude est menée avec l'utilisation des <b>isotopes stables</b> , les <b>contenus digestifs</b> et des analyses de communautés sur les individus de poissons plats



			et leurs proies. Des changements trophiques similaires aux 3 espèces ou spécifiques ont été observés dans la baie sableuse impactée par des marées vertes. Les <b>juvéniles</b> ont présentés des <b>comportements plus opportunistes</b> . La sole et le turbot ont présenté un <b>changement de régime alimentaire</b> plus important que la plie sur le site impacté.
McGovern et al. (2019)	Estuaire Argideen / Irlande		L'estuaire d'Argideen et la baie de Courtmacsherry drainent un bassin versant d'environ 150 km <sup>2</sup> dominé par des terres agricoles. Un <b>modèle biophysique</b> de cette zone a été calibré en fonction du <b>régime climatique</b> et de la <b>charge en nutriments</b> selon 6 scénarios différents pour simuler l'effet sur l'ampleur des marées vertes. Les relations entre les charges et les flux de nutriments ont également été étudiés entre 2010 et 2016 pour évaluer les améliorations liées aux meilleures pratiques de gestion. La différence entre accélérer ou retarder l'amélioration des pratiques se traduit par une variation de <b>5 % de la charge en DIN et de 233 % de la charge en DIP</b> . Avec cette charge, le modèle prévoit une augmentation de l'ampleur de la marée verte de <b>381 tonnes à 1391 tonnes</b> .
Osseni et al. (2019)	Bretagne / France		L'étude porte sur l'estimation de la volonté des communes côtières à payer pour réduire les niveaux de pollution engendrés par les marées vertes. L'estimation est basée sur la méthode de tarification hédonique pour le cas du marché immobilier rural en Bretagne. <b>En moyenne, les résidents situés à 20 km d'une plage polluée étaient disposés à payer ~208€ / habitant / an</b> pour atteindre les niveaux de quantité minimums d'algues sur les côtes bretonnes. Cependant, les caractéristiques agricoles, l'hétérogénéité spatiale et les effets de contiguïtés peuvent biaiser l'analyse avec une augmentation de la volonté à payer de 18 à 46 %.
Steinhagen et al. (2018)	Mer Baltique et Mer du Nord / Allemagne		Analyse de la distribution et de la morphologie de l'espèce <b>Ulva compressa</b> dans la Mer Baltique, la <b>Mer du Nord</b> , la <b>Mer des Wadden</b> et l'île de <b>Helgoland</b> à partir <b>d'analyses moléculaires</b> et phylogénétiques. Les résultats confirment la présence d' <i>U. compressa</i> sur les côtes allemandes jusqu'à une <b>salinité de 15 PSU</b> dans la mer Baltique. Cependant, la morphologie diffère entre la Mer du Nord qui présente des individus tubulaires ramifiés et fixés tandis qu'ils sont en lames et libres dans la Mer Baltique. Des formes dérivantes ont aussi été observées en Mer des Wadden mais pas à Helgoland. Les formes <b>fixées tubulaires</b> de la Mer Baltique et des Wadden sont <b>identiques</b> aux formes en <b>lames dérivantes</b> qui présentent un risque de nuisance.
Thorsen et al. (2019)	Lagon Gyldensteen / Danemark		Les côtes agricoles qui bordent le lagon de Gyldensteen ont été réinondées en 2014 pour s'adapter à l'élévation du niveau de la mer. Un <b>suivi isotopique</b> a été réalisé afin de suivre le développement des algues vertes ainsi que les sources d'azote dans l'eau. <b>L'inondation</b> de 2014 a créé une <b>prolifération</b> importante d'algues vertes l'été suivant, à cause du <b>surplus d'azote</b> dont l'origine provenait des <b>engrais agricoles</b> . Le développement de la marée verte a été plus faible les années suivantes en raison du balancement des marées qui a limité les apports excessifs de nutriments (dilution).

## Afrique

Auteurs	Localisation	Sujet/Principaux résultats
Barnes (2019)	Estuaire Knysna /	Etude de l'impact de marées vertes successives sur les communautés de faune et flore estuarienne (échantillonnage avant/après les marées vertes) :



Afrique du Sud 1/ **disparition d'un herbier marin** ; 2/ **diminution de la composition spécifique** (systématiquement et spatialement uniforme) de la **macrofaune** mais **augmentation de l'abondance** ; 3/ la biodiversité de la macrofaune (nombre d'espèce, diversité taxonomique) est comparable entre des sites sans végétation et les sites laissés de vase nue à cause des marées vertes ; 4/ impact de la **perte de crustacés** à la base de la chaîne alimentaire du site de **nurserie et de nourricerie**.

### 2.6.3.2.3. Descriptions locales d'autres proliférations macroalgales

#### Sargassum spp.

Auteurs	Localisation	Sujet/Principaux résultats
---------	--------------	----------------------------

Etude de la **composition génétique** des populations de **Sargassum horneri** dérivantes à partir du gène *cox3* de l'ADN mitochondrial et de 7 microsatellites. Une comparaison est effectuée entre 14 échantillons de populations flottantes de *S. horneri* et 5 échantillons provenant des populations benthiques coréennes. **L'origine des marées dorées serait la côte sud-est de la Chine.** Les analyses microsatellites ont montré 2 groupes distincts comprenant des populations flottantes et benthiques. **Les populations flottantes proviendraient de multiples sources génétiques.**

Byeon et al. (2019)  
Mers Japon-Est / Chine / Corée

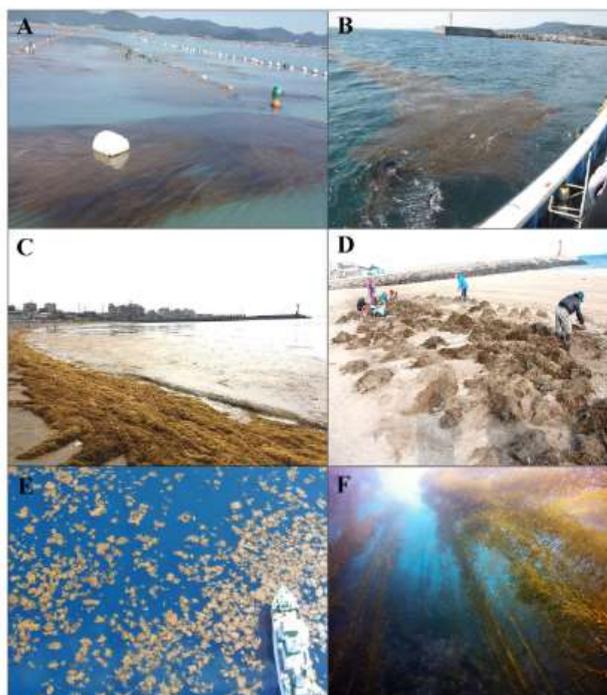


Figure 20. Impact des marées dorées de Sargasses.



Chen et al. (2019b)	Mer Jaune / Chine	Analyse spatio-temporelle par les moyens de <b>téledétection</b> spatiale pour cartographier les <b>marées dorées</b> de Sargasses et leurs déplacements. L'apparition des marées dorées semble corrélée à la <b>température de surface</b> de l'eau et les déplacements au <b>vent</b> . L'origine des marées dorées en 2016 est la mer de Rongcheng-Haiyang, de la péninsule de Shandong, et se déplace vers le sud et l'ouest. En décembre 2016 les sargasses affectent la mer de Yancheng de la province de Jiangsu puis arrivent dans le Jiangsu Shoal avant d'entrer dans la rivière de Yangtze en janvier 2017.
Jiang et al. (2019b)	ND / Chine	<b>Etude physiologique d'une algue commerciale <i>Sargassum fusiforme</i>.</b> Des jeunes sporophytes sont cultivés sous 3 conditions de CO <sub>2</sub> différentes (faible : 20µatm ; ambiante : 400µatm ; forte : 1000µatm) afin d'observer l'effet sur l'efficacité du photosystème II (Fv'/Fm'), la pente initiale des courbes de lumière (α) et le taux de transport d'électron (rETR <sub>m</sub> ) selon différentes lumières et températures. <b>Les 2 conditions (faible et forte en CO<sub>2</sub>) réduisent significativement le taux de croissance mais de façon plus importante pour la condition faible en CO<sub>2</sub>.</b> Les autres paramètres restent stables selon toutes les conditions avec 300 µmol photons/m <sup>2</sup> /s. Cependant, <b>l'efficacité photosynthétique (Fv'/Fm') chute de 72% avec 62 µmol photons/m<sup>2</sup>/s</b>
Kim et al. (2019b)	Mer Jaune / Chine	En plus des marées vertes se produisant depuis 2008 dans la mer Jaune, surviennent les marées dorées depuis 2013. L'étude se focalise sur la cartographie spatio-temporelle des marées vertes et dorées par téledétection (GOCI et MODIS). Sur la partie est de la mer jaune <b>la plus grande quantité de Sargasses est survenue en 2017 et a augmenté progressivement.</b>
Mei et al. (2019)	Mer Jaune / Chine	Etude des marées dorées avec <b>séquençage à haut débit de la région hypervariable V5-V7 du gène ARNr 16S</b> . Les analyses moléculaires ont montré la présence <b>d'une seule espèce (<i>Sargassum horneri</i>)</b> . Sa couleur était brune sur le littoral et jaune au large avec une diminution de la teneur en chlorophylle (indicateur d'un stress physiologique). Des analyses structurales et fonctionnelles des communautés bactériennes associées ont montré que les Sargasses ont une <b>sélectivité sur les bactéries</b> selon l'eau de mer environnante. Les communautés bactériennes diffèrent phylogénétiquement mais ont la même fonction, celle d'apporter de <b>l'azote et du fer</b> favorisant la floraison des Sargasses. Les bactéries endophytes sont principalement composées de <b>Bacillus</b> et <b>Propionibacterium</b> alors que la composition des bactéries épiphytes est variable selon le statut physiologique de l'hôte (protection contre un stress).
Wu et al. (2019)	Mer Jaune / Chine	Etude sur l'impact de <b>l'émission des gaz à effet de serre</b> sur la <b>croissance des Sargasses (<i>Sargassum horneri</i>)</b> et les marées dorées. Pour cela, les sargasses sont cultivées dans <b>4 conditions différentes</b> (ambiante : 10°C, 400 µatm ; température élevée : 14°C, 400 µatm ; CO <sub>2</sub> élevé : 10°C, 1000 µatm et effet de serre : 14°C, 1000 µatm). La condition <b>température élevée</b> exerce une influence <b>positive</b> plus importante que CO <sub>2</sub> élevée sur la <b>croissance</b> , les <b>performances photosynthétiques</b> et <b>l'assimilation du carbone inorganique</b> . La croissance augmente à température modérée notamment avec du CO <sub>2</sub> élevé suggérant que l'impact de <b>l'effet de serre</b> est <b>bénéfique</b> pour l'apparition des <b>marées dorées</b> .
Zhang et al. (2019c)	Mer Jaune / Mer de l'Est / Chine	L'étude a pour but d'identifier la composition spécifique, les relations phylogénétiques et les origines des <b>marées dorées</b> en mer Jaune et mer de l'est de la Chine. <b>L'ADN</b> total a été extrait en utilisant des kits Qiagen ADNsecure Plant. Les régions sélectionnées pour la PCR étaient ITS2 et <i>cox I</i> et <i>cox III</i> . Les amorces utilisées sont décrits dans Yoshida et al. (2000). <b>Tous les échantillons</b> sont regroupés dans <b>le clade d'une seule espèce <i>Sargassum horneri</i></b> .



Figure 21. Colonisation des structures aquacoles de *Pyropia* par les Sargasses.

En plus de la cartographie des marées vertes dans la région de Sansha (Mer Jaune, Chine), cette étude décrit les blooms de Sargasses qui prennent de plus en plus d'importance. En 2017, la **marée dorée de Sargasses a été beaucoup plus importante** que la marée verte et a causé de lourds problèmes aux installations d'aquaculture des algues *Pyropia*. Les sargasses et les Ulves sont probablement en **compétition pour les nutriments**.

Zhang et al. (2019d) Mer Jaune / Chine



Figure 22. Morphologie des Sargasses.

Zhang et al. (2019f) Mer Jaune / Chine

Les auteurs décrivent les marées vertes et dorées de Sargasses qui impactent les côtes de la mer Jaune en Chine. La surface et biomasse des algues vertes ont fortement diminué en 2017. L'une des causes serait la **prolifération plus importante des Sargasses** selon des **conditions météo particulières** cette année et qui ont limité la croissance des ulves par **compétition pour les nutriments** et la colonisation des structures aquacoles qui a **limité la fixation des ulves**.

### *Solieria sp.*

Aucun élément trouvé cette année pour cette catégorie.



*Pylaiella spp.*

Aucun élément trouvé cette année pour cette catégorie.

*Asparagopsis spp.*

Aucun élément trouvé cette année pour cette catégorie.

*Gracilaria spp.*

Aucun élément trouvé cette année pour cette catégorie.

2.6.3.3. *Impacts des proliférations*

2.6.3.3.1. *Sur les organismes et les populations sauvages*

Auteurs	Localisation	Sujet/Principaux résultats
Baldrighi et al. (2019)	Bretagne / France	Les marées vertes, une des conséquences des pressions anthropiques et de l'eutrophisation, menacent les <b>plages de sable ouvertes</b> dont les <b>fonctions écologiques</b> sont importantes pour la biodiversité. La prolifération des ulves a pour conséquences, une <b>augmentation de l'abondance totale de la méiofaune et de la diversité des nématodes et une augmentation de l'indice de diversité de la méiofaune</b> . Ce résultat <b>inattendu</b> est probablement dû à la dynamique des plages ouvertes qui évite l'appauvrissement en O <sub>2</sub> dans le sédiment. La variabilité de la biomasse et de la composition de la méiofaune et de la diversité des nématodes est principalement due aux <b>changements saisonniers naturels</b> .
Barnes (2019)	Estuaire Knysna / Afrique du Sud	Les marées vertes récurrentes depuis 2015 dans la baie estuarienne de Knysna ont causé la <b>disparition</b> d'un vaste <b>herbier marin</b> . La <b>macrofaune</b> intertidale de la vase est <b>moins spécifique, plus uniforme mais plus abondante</b> et constituée davantage de <b>polychètes</b> (de 50% à 90%) au détriment des petits crustacés malacostracés et les microgastéropodes. L'augmentation de l'abondance des vasières devenues nues à cause des marées vertes est cependant comparable à l'abondance des vasières alentours. La perte des malacostracés peut également avoir des <b>répercussions sur l'aire d'alimentation des populations de poissons adultes et juvéniles</b> .
Cheney et al. (2019)	New Bedford Harbor, Massachusetts, USA	Cette étude évalue la <b>teneur en PCB dans <i>Ulva rigida</i></b> dans des zones eutrophes. Alors que le taux en PCB relevé est de <b>95-99 mg/kg sec près du site contaminé, il diminue à 2-4 mg/kg sec lorsqu'on s'éloigne de 2.5 km vers le sud</b> . L'effet de ces teneurs en PCB sur le réseau trophique a été testé et des valeurs significatives de bioaccumulation ont été détectées dans différentes espèces d'invertébrés brouteurs et d'un poisson prédateur de ces brouteurs. <b>Les blooms d'ulves jouent donc un rôle important dans le réseau trophique, tant en termes de ressource pour les consommateurs primaires que pour la diffusion de polluants le long de la chaîne alimentaire</b> .
Gladyshev & Gubelit (2019)	Russie	Les auteurs tentent d'identifier les causes du potentiel <b>proliférant</b> des 3 classes d'algues vertes <b><i>Ulva</i>, <i>Cladophora</i></b> et <b><i>Spirogyra</i></b> . Les caractéristiques morphologiques des algues et la formation des blooms sont décrites avec l'identification de <b>l'eutrophisation</b> (azote et phosphore des terres agricoles et eaux usées) et des flux externes de nutriments inorganiques (ruissellement de surface ou déversement des eaux souterraines) comme causes à ces



		proliférations. Quelques informations sont données sur l' <b>impact</b> de ces marées vertes sur les <b>activités récréatives, économiques</b> , et sur la <b>biologie</b> (régression des herbiers de zostères et des ceintures de fucales, diminution de la macrofaune et perturbation de la chaîne trophique).
Harris et al. (2019)	Baie de Shelly / Nouvelle Zélande	Des expérimentations <i>in situ</i> ont été menées pour évaluer l' <b>impact</b> des proliférations d'ulves et des <b>amas en décomposition</b> sur les <b>communautés benthiques et sur le milieu</b> . Deux sites sont comparés avec des caractéristiques sédimentaires identiques mais une abondance et diversité de la faune différente. La présence d'ulves n'a <b>pas le même impact sur l'érosion</b> et cela dépend du sédiment du site. La présence des ulves <b>impacte</b> également la <b>macrofaune</b> et le <b>microphytobenthos</b> .
Jones et al. (2019)	Mer d'Iroise / France	Mise en évidence de l'impact des marées vertes sur les <b>juvéniles de poissons</b> plats à travers une comparaison comportementale de populations issues d'un site concerné par des marées vertes et un autre site non impacté. Un <b>changement des régimes alimentaires</b> a pu être observé pour la sole, le turbot et la plie.
Lamb et al. (2019)	Baie de Jamaica / USA	L'étude porte sur l'identification moléculaire et <b>génétique</b> des blooms d' <i>Ulva</i> spp. afin de mieux <b>caractériser les espèces</b> et mieux comprendre les dynamiques des blooms en fonction des capacités de stockage des algues. Les résultats peuvent <b>alimenter des modèles</b> qui aideront à la gestion des proliférations des algues vertes qui peuvent causer des dommages sur les herbiers de zostères, et sur la régression de poisson ou bivalves.
Liu et al. (2019b)	Baie de Xincun / Chine	L'enrichissement des eaux provoque des blooms de macroalgues qui perturbent les écosystèmes et notamment au niveau des herbiers marins comme c'est le cas dans la baie de Xincun. La décomposition des algues vertes ne semble pas avoir d'influence sur l'activité enzymatique de la déshydrogénase et $\beta$ -glucosidase des herbiers mais <b>augmente</b> celle de la <b>polyphénol oxydase</b> et de l' <b>invertase</b> . La <b>composition du carbone dans le sédiment</b> est également <b>modifiée</b> en présence d'algues vertes en décomposition. De manière générale, la décomposition des algues stimule la <b>transformation du SOC</b> et par conséquent, n'est pas bénéfique pour sa séquestration.
Qu et al. (2019)	Mer Jaune / Chine	Les marées vertes d' <i>Ulva prolifera</i> en Chine induisent des changements dans la succession des structures des <b>communautés bactériennes marines</b> dans <b>l'eau et les sédiments</b> . Une <b>réduction de l'abondance</b> et de la <b>diversité</b> de la communauté bactérienne a été observée dans la région de Qingdao, avec des changements plus importants dans les sédiments que dans l'eau. L'assemblage est dominé par <i>Deltaproteobacteria</i> , <i>Bacteroidia</i> et <i>Flavobacteria</i> dans les sédiments. La marée verte a également <b>perturbé</b> les <b>bactéries fonctionnelles offshore</b> telle que les bactéries SRB (bactéries sulfato-réductrices), CFB (Cytophaga-Flavobacter-Bacteroides) et les bactéries hétérotrophes et algicides ( <i>Alteromonadaceae</i> ).
Shafay et al. (2019)	Côtes d'Alexandrie / Egypte	Etude des <b>effets allélopathiques</b> entre une algue verte ( <i>Ulva fasciata</i> ) et plusieurs espèces de microalgues formant des blooms néfastes en Egypte : <b>Skeletonema costatum</b> (Bacillariophyta, diatomée centrique), <b>Nitzschia longissima</b> (diatomée pennée), <b>Scrippsiella trochoidea</b> , <b>Alexandrium minutum</b> (Dinophyta) et <b>Heterosigma akashiwo</b> (Raphidophyta). En présence d'algues vertes, la <b>croissance</b> des microalgues est <b>diminuée</b> donc elles auraient un effet allélopathique d'algicide sur ces organismes.



L'allélopathie n'est cependant pas prouvée et d'autres facteurs environnementaux peuvent influencer ces résultats.

Sun et al. (2020) Province de Fujian / Chine Les proliférations d'**Enteromorpha prolifera** ont un impact sur l'abondance et la **composition des communautés microbiennes** avec une dominance de bactéries hétérotrophes (Actinomycetales et les Flavobacteriales). Les virus ont joué un rôle important en affectant les taxons : *Rhodobacteraceae*, *Synechococcus* et *Prochlorococcus*. Les proliférations d'algues vertes modifient donc la structure et le fonctionnement des communautés bactériennes et **impact les systèmes aquacoles**.

Wang et al. (2019e) Mer Jaune / Chine Analyse de la variabilité temporelle de la communauté de zooplancton et de son lien avec les marées vertes au large des côtes de Qingdao. Les conditions environnementales étaient comparables avec ou sans les marées vertes. Les proliférations d'algues vertes semblent **réduire l'abondance du zooplancton** et notamment avec une diminution de l'abondance relative de 10 % des **copépodes**, mais une **augmentation de 6.4 % du zooplancton gélatineux** (appendiculaires, les chaetognathes et les méduses). Les espèces dominantes du méroplancton (larves de décapodes et de bivalves) sont substituées par des larves de polychaeta et d'échinodermes. La présence des algues semble également **diminuer la diversité en taille**.

#### 2.6.3.3.2. Sur le milieu abiotique

Auteurs	Localisation	Sujet/Principaux résultats
Harris et al. (2019)	Baie de Shelly / Nouvelle Zélande	Des expérimentations <i>in situ</i> ont été menées pour évaluer l'impact des proliférations d'ulves et des amas en <b>décomposition</b> sur les <b>communautés benthiques</b> et sur le milieu. Le ramassage des dépôts d'ulves a engendré une <b>érosion</b> du sédiment qui s'est stabilisé au bout de 14 jours (comparable au témoin). Sur l'autre site, l'ajout d'un dépôt d'algues a permis de <b>stabiliser</b> le sédiment pendant les 14 jours. La stabilité des sédiments se reflète sur le benthos, notamment sur <b>l'abondance</b> , la <b>diversité</b> et la <b>résilience des communautés</b> .
Li et al. (2019b)	Mer Jaune / Chine	Des prélèvements d'eau de la Mer Jaune ont été effectués afin de mesurer les nutriments, le carbone organique dissous (COD) et la matière organique dissoute fluorescente (MODF). Dans les <b>zones touchées</b> par les marées vertes, la <b>concentration en COD a augmenté</b> d'environ 1.2 fois. La <b>MODF a également augmenté</b> , notamment pendant la période d'extinction où les intensités de la fluorescence des 3 composants de type humus et d'un composant de type protéine étaient 1.8 et 1.3 fois plus élevé.
Liu et al. (2019b)	Baie de Xincun / Chine	La <b>décomposition</b> des algues vertes (de type <i>Cladophora spp.</i> ) a une influence sur les <b>activités de séquestration</b> du carbone dans le sédiment. Une comparaison menée sur la présence d'algues en décomposition dans un <b>herbier marin</b> semble montrer une augmentation <b>du contenu en carbone extractable du sel (SEC)</b> , du <b>rapport SEC/SOC</b> (Sediment Organic Carbon) et de la <b>libération du CO<sub>2</sub></b> . De manière générale, la décomposition des algues <b>stimule la transformation du SOC</b> et par conséquent, n'est <b>pas bénéfique</b> pour sa séquestration.
Miyamoto et al. (2019)	Lagon de Nakaumi / Japon	Une expérimentation est menée dans la lagune eutrophisée de Nakaumi afin d'observer l'effet combiné de la présence des algues vertes et du réchauffement de l'eau sur la <b>fréquence</b> et <b>l'intensité de l'hypoxie</b> côtière. Les <b>profils en oxygène</b> sont <b>variables</b> au cours d'un cycle mais les résultats



montrent une **augmentation** des apparitions **d'hypoxies** et de leur **intensité** avec l'effet combiné des algues + température élevée. L'oxygène minimum dissous a diminué plus fortement avec le réchauffement et la présence d'algues.

Zhang et al. (2019f) Mer Jaune / Chine Les marées vertes d'ulves ont un impact important sur le milieu abiotique. Durant les premiers stades de la prolifération, le **pH augmente**, jusqu' 8.6 au centre du bloom. La décomposition des algues augmente la consommation d'oxygène et créer des **zones d'hypoxies** (avec un impact sur les espèces cultivées et les organismes benthiques). La putréfaction relargue également du **carbone, azote et phosphore** et donc **diminue la qualité** de l'eau. Cela entraîne une activité bactérienne importante qui diminue le pH, **acidifiant** les eaux côtières.

### 2.6.3.3.3. Sur les activités humaines

Auteurs	Localisation	Sujet/Principaux résultats
Chen et al. (2019b)	Mer Jaune / Chine	La publication décrit l' <b>impact des marées dorées</b> sur les sites <b>d'algocultures</b> ( <i>Porphyra yezoensis</i> ) de la province de Jiangsu, causant des <b>pertes</b> économiques importantes (environ <b>500 million CNY</b> ).
Li et al. (2019a)	Mer Jaune / Chine	L'étude des marées vertes par <b>images satellites</b> (MODIS et GaoFen-1) dans la Mer Jaune de Chine montrent que la <b>densité</b> et la <b>distribution</b> sont les plus <b>élevées</b> dans la partie sud de <b>Rongcheng</b> avec des nuisances sévères. Ainsi, 13 % des zones aquacoles sont touchées annuellement, 82 % ont été touchées en 2014, 2015 et 2017 et 5 % n'ont pas été affectées.
Liu et al. (2020)	Baie de Huiquan / Chine	La fixation des <b>algues vertes</b> sur les installations aquacoles de culture de <i>Pyropia</i> peut entraîner de graves pertes économiques en <b>réduisant</b> le <b>rendement</b> , la <b>récolte</b> et la <b>qualité des cultures</b> . L'étude a testé une méthode pour <b>éliminer les algues</b> vertes tout en gardant l'activité de <i>Pyropia</i> , avec un traitement à l' <b>acide citrique</b> et une <b>forte irradiance</b> .
Osseni et al. (2019)	Bretagne / France	Les marées vertes sur les côtes bretonnes peuvent engendrer des nuisances sur les activités humaines et sur le tourisme. Entre 2010 et 2016 un plan de lutte d'environ <b>134 millions d'euros</b> contre ces proliférations en Bretagne a été lancé suite aux différents incidents (mort d'un cheval et de sangliers). Cette étude porte donc sur la <b>volonté des communes, habitants ou professionnels à payer pour réduire le niveau des marées vertes</b> .
Shan et al. (2019)	Baie de Jiaozhou / Chine	Les marées vertes dans la Mer Jaune de Chine engendrent des problèmes sur l'équilibre écologique océanique, sur l'environnement marin et les activités récréatives des zones côtières (menace les compétitions olympiques de voile en 2008, limite la présence des touristes sur les plages ...). Cette étude <b>socio-économique</b> a permis <b>d'évaluer la volonté du public à payer</b> pour la gouvernance des marées vertes. Les résultats montrent une hétérogénéité des préférences pour les attributs écologiques de restauration. En moyenne, les ménages étaient prêts à payer <b>environ 215 Yuans chinois (CNY) par an</b> pour la restauration écologique des marées vertes.



Zhang et al. (2019c) Mer Jaune / Mer de l'Est / Chine En plus des marées vertes, **depuis 2017, des marées dorées de Sargasses** se produisent sur les côtes de la Chine. Ces algues causent des problèmes lorsqu'elles atteignent les sites d'aquaculture de *Pyropia*. En 2017, environ la **moitié de la production de *Pyropia* a été sauvée.**

#### 2.6.3.4. Facteurs contribuant au développement des marées vertes

##### 2.6.3.4.1. Facteurs anthropiques

- Apports excessifs en nutriments

Auteurs	Localisation	Sujet/Principaux résultats
		<p>Chaque année, des marées vertes (<i>Ulva conglobata</i> et <i>U. pertusa</i>) se produisent sur les côtes de l'île volcanique de <b>Jeju</b> en Corée, notamment dans la baie de Bangdu. Le <b>radio-isotope (<math>^{222}\text{Rn}</math>)</b>, et les isotopes stables (<math>\delta^{15}\text{N}</math> et <math>\delta^{18}\text{O}</math>), ont été utilisés sur des échantillons provenant d'eau de mer, d'eau souterraine, d'eau de fermes aquacoles de poissons et d'ulves (<i>Ulva</i> spp.). Les résultats ont montré que les <b>déversements d'eau souterraine contribuaient à plus de 70 % de l'azote dissous</b> avec des ajouts additionnels provenant des <b>fermes aquacoles et des sédiments</b>. Les principales sources du <math>\text{NO}_3^-</math> sont les engrais des cultures terrestres.</p>
Cho et al. (2019)	Jeju / Corée	
Li et al. (2019d)	Qingdao / Chine	<p>L'avantage compétitif d'<i>Ulva prolifera</i> pour l'utilisation de l'azote en a fait l'algue dominante lors des blooms récurrents d'algues vertes de 2007 à 2017. Une analyse <b>isotopique</b> révèle que <i>U. prolifera</i> est capable d'absorber simultanément l'azote de différentes sources avec les taux <b><math>\text{NO}_3^-</math> (nitrate) &gt; <math>\text{NH}_4^+</math> (ammonium) &gt; <math>\text{CO}(\text{NH}_2)_2</math> (urée) &gt; <math>\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}_2</math> (glycine) &gt; <math>\text{C}_3\text{H}_7\text{NO}_2</math> (alanine)</b>. L'algue préfère l'azote sous <b>forme inorganique</b> mais l'assimilation du <math>\text{NH}_4^+</math> est inhibée lorsqu'il y a plusieurs sources d'azote. Les sources d'azote inorganique sont donc préférentiellement utilisées et consommées au début de la marée verte tandis que les <b>sources organiques contribuent à maintenir la croissance des ulves</b>. Les <b>activités aquacoles</b> peuvent augmenter significativement l'azote organique et être la <b>principale cause</b> des marées vertes. Des ajustements des modes d'aquaculture et des échelles spatiales pourraient réduire l'ampleur des blooms.</p>



McGovern et al. (2019)	Estuaire Argideen / Irlande	Dans le cadre de la DCE et des objectifs de meilleure gestion des bassins hydrographiques, un <b>modèle biophysique</b> a été développé et calibré pour simuler l'ampleur des marées vertes selon différents scénarios <b>climatiques et charges en nutriments</b> . L'étude est menée sur l'estuaire de Courtmacsherry qui draine un territoire d'environ 150 km <sup>2</sup> dominé par des terres agricoles dont les eaux côtières ont été <b>classées en mauvais état écologique</b> .
Samanta et al. (2019b)	Ile de Jeju / Corée	Les signatures <b>isotopiques</b> des algues ( $\delta^{13}\text{C}$ , $\delta^{15}\text{N}$ , $\delta^{18}\text{O}$ ), de l'azote et du carbone tissulaire ont été analysées pour identifier les différentes sources de nutriments. Des variations plus ou moins fortes ont été mises en évidence selon les sites de prélèvement. <b>Les sources dominantes d'azote proviennent de l'azote organique du sol mélangé avec les déchets d'élevage, des engrais synthétiques, des rejets d'eaux usées et des déchets aquacoles</b> . Ces sources d'azote sont en lien avec les croissances des ulves proliférantes.
Thorsen et al. (2019)	Lagon Gyldensteen / Danemark	Une analyse <b>isotopique</b> $\delta^{15}\text{N}$ menée sur les ulves proliférantes lors de la marée verte de 2014 au Danemark a montré que la <b>source principale</b> de l'azote provenait des <b>engrais synthétiques</b> utilisés pour les cultures agricoles de la zone de Gyldensteen. Cette source d'azote a été lessivée par les marées ce qui a limité l'apport en nutriments et la croissance des algues les années suivantes.
Xiu et al. (2019)	Qingdao / Chine	Des analyses des eaux côtières de Qingdao ont été réalisées afin d'évaluer la <b>biodisponibilité de l'azote organique dissous (NOD) et inorganique dissous (NID)</b> et de leur contribution pour alimenter les marées vertes d' <i>Ulva prolifera</i> . Les isotopes stables ont montré que la contribution du <b>NOD</b> était <b>supérieure</b> à 50 % dont les composants labiles (urée, acides aminés) représentaient 30 %. Le NOD et NID ont été utilisés par les ulves qui absorbent l'azote préférentiellement sous la forme $\text{NH}_4 > \text{urée} > \text{NO}_3 > \text{acides aminés}$ . Le NOD joue donc un rôle important dans la nutrition des ulves.
Zhang et al. (2019f)	Mer Jaune / Chine	Une analyse des facteurs biotiques et abiotiques impliqués dans les proliférations des marées vertes en Chine a été menée. Les auteurs avancent que les augmentations du <b>CO<sub>2</sub> atmosphérique</b> et de la <b>température globale</b> , causées par la surpopulation et les activités anthropiques, sont les <b>principaux facteurs</b> qui facilitent l'expansion des marées vertes. Les concentrations <b>d'azote et de phosphore fluviaux</b> ont également été <b>3 à 5 fois plus élevées</b> entre 2007 et 2012 qu'entre 2004 et 2006 dans la province de Jiangsu.
Zheng et al. (2019a)	Mer Jaune / Chine	Expérimentations en laboratoire pour étudier les effets de différentes sources d'azote et de la salinité sur la croissance des ulves ( <i>Ulva prolifera</i> ). En comparaison de l'impact des variations de salinité de 25 à <b>15 sur la croissance</b> , il n'y a <b>pas de différence de croissance pour les 3 concentrations d'azote</b> ( $\text{N}_0 = 0.1235 \text{ mg.L}^{-1}$ , $\text{N}_1 = 0.6 \text{ mg.L}^{-1}$ et $\text{N}_2 = 4.4 \text{ mg.L}^{-1}$ ), cependant pour la <b>salinité 35</b> , il y a une <b>diminution de la croissance</b> pour $\text{N}_0$ et $\text{N}_2$ . Pour toutes les salinités et avec de <b>fortes concentrations</b> en azote, le <b>contenu pigmentaire</b> est plus <b>élevé</b> . Une concentration élevée d'azote augmente le taux d'évolution photosynthétique d'oxygène. Pour $\text{N}_0$ , avec une salinité de 15, la <b>respiration à l'obscurité augmente</b> . L'activité superoxyde dismutase est améliorée avec un haut niveau d'azote ainsi que le contenu en carbohydrate (avec une salinité de 35 et pour $\text{N}_0$ et $\text{N}_1$ ).

- Aquaculture



Auteurs	Localisation	Sujet/Principaux résultats
Du et al. (2019)	Mer Jaune / Chine	Les espèces d'ulves fixées aux installations de culture de <i>Pyropia</i> dans le nord de Jiangsu sont considérées comme l'une des causes principales des proliférations des marées vertes en Mer Jaune de Chine. Les radeaux de culture de <i>Pyropia</i> hébergent à la fois des <b>phases de sporophytes et gamétophytes sur plusieurs générations</b> . Les fréquences <b>varient</b> selon les <b>saisons</b> , avec davantage de gamétophytes en été et automne. Les <b>sporophytes</b> ont la capacité d'accumuler <b>plus de mutations</b> ce qui permet d'augmenter la diversité génétique et de développer de nouveaux génotypes.
Jiang et al. (2020)	Mer Jaune / Chine	Les algues vertes fixées sur les radeaux aquacoles de <i>Pyropia</i> seraient à l'origine des biomasses initiales des algues vertes responsables des proliférations en Chine. Pour suivre l'ampleur des marées vertes, cette étude estime la biomasse des algues à partir de <b>traitements d'images</b> avec la méthode <b>GAAN</b> (algues vertes fixées sur les <b>filets des nurseries</b> ) et <b>GAAR</b> (algues vertes <b>fixées sur les cordes</b> ). Les résultats indiquent des biomasses de <b>8868 tonnes</b> et de <b>2974 tonnes</b> estimées respectivement sur les filets et sur les cordes.
Xiao et al. (2019)	Qingdao, Mer Jaune, Chine	En combinant des données de télédétection et de modélisation, il apparaît que les variations de biomasse des radeaux d'ulve sont <b>significativement et positivement corrélées aux apports en Nutriment</b> depuis la rivière Sheyang <b>et à l'activité aquacole produisant l'algue rouge <i>Porphyra spp.</i></b>
Zhang et al. (2019f)	Mer Jaune / Chine	Dans la province de Jiangsu en Chine, les activités aquacoles participent à l'expansion des marées vertes. Cette région est <b>la plus grande zone aquacole</b> pour la crevette et le crabe avec des <b>milliers de bassins d'élevage</b> le long des côtes. Plus de <b>50 000 tonnes de fertilisants</b> riches en azote et phosphore sont déversés dans ces bassins et enrichissent la Mer Jaune en nutriments.
Zhang et al. (2019d)	Mer Jaune, Chine	Analyse par <b>télédétection de l'évolution de la biomasse en fonction de la présence de Sargasses engendrant les marées dorées, la SST, l'action humaine de récolte d'une partie de la biomasse d'ulves ainsi que l'activité aquacole</b> . Les résultats montrent que des SST élevées, une récolte significative de biomasse ainsi que la compétition avec d'autres macroalgues proliférantes sont autant de facteurs limitant le développement des radeaux d'ulves. Néanmoins, <b>la croissance de l'activité aquacole produisant <i>Porphyra spp.</i> est positivement corrélée à l'expansion des radeaux d'ulve</b> .

- Autres facteurs d'origine anthropique

Auteurs	Localisation	Sujet/Principaux résultats
Kachur et al. (2019) Kachuretal.(2019)	Mers de Okhotsk et Bering / Russie	Les marées vertes qui surviennent dans l'Extrême-Orient Russe, en mer d'Okhotsk et en mer de Béring occidentale peuvent être liées au développement de l'utilisation des ressources et notamment à <b>l'exploitation des gisements d'hydrocarbures</b> (mer d'Okhotsk) et des <b>matières premières de minerai</b> (côte du Kamchatka). Ces activités engendrent des dommages sur la <b>ressource halieutique, une pollution</b>



**des eaux fluviales et côtières et une augmentation des déchets industriels et domestiques**

Thorsen et al. (2019)	Lagon Gyldensteen / Danemark	La gestion du réalignement par inondation des zones côtières du Danemark par rapport au niveau de la mer, a nécessité <b>d'inonder les terres agricoles</b> de Gyldensteen en 1871 et en 2014. L'inondation en <b>2014</b> a provoqué une marée verte durant l'été dont les sources principales en azote provenaient des <b>engrais synthétiques</b> utilisés sur les terres agricoles. <b>Les marées vertes se sont naturellement résorbées les années suivantes en raison du lessivage par les marées.</b>
-----------------------	------------------------------	--

2.6.3.4.2. Facteurs environnementaux abiotiques

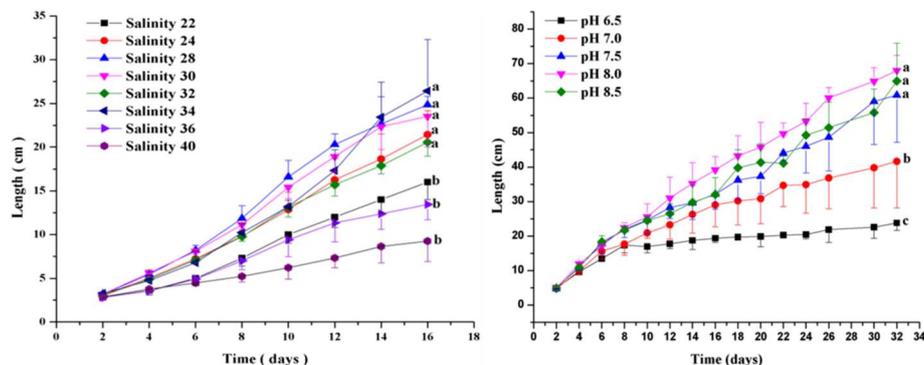
Auteurs	Localisation	Sujet/Principaux résultats
Balar & Mantri (2019)	Inde	Synthèse bibliographique sur les conditions influençant le cycle de vie, la sporulation et la biochimie de la reproduction de différentes espèces d'ulves avec une approche prospective sur les possibilités de culture et de valorisation des ulves : C'est à la <b>moitié du cycle lunaire que la sporulation est la plus favorisée</b> . Une <b>irradiance entre 40 et 75 <math>\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}</math> paraît plus favorable à la reproduction</b> , avec des valeurs optimales très variées selon l'espèce considérée. En dehors de cette gamme, la reproduction des ulves est bloquée et elles ont plus tendance à stocker des réserves. Cet effet de la lumière est par ailleurs influencé par la température qui a aussi un effet significatif sur la reproduction des algues. Ainsi, la sporulation est inhibée à des températures inférieures à 10°C ou supérieures à 25°C. Plus que la température elle-même, ce sont les <b>variations plus ou moins rapides et leur amplitude qui vont induire la reproduction</b> . Dernier facteur influençant significativement à la fois la reproduction et la croissance des ulves, <b>la fragmentation</b> .
Cao et al. (2019)	Qingdao, Mer Jaune, Chine	Traitements d'images MODIS avec un indice de végétation (NDVI) afin de cartographier les variations spatio-temporelles des marées vertes entre 2016 et 2018 et calculer des probabilités d'occurrences. Les cartes permettent d'évaluer les caractéristiques morphologiques des marées vertes (régularité, mouvement, direction, origine). <b>Le vent de surface est un facteur important du mouvement et de la morphologie de la marée verte.</b>
Gao et al. (2019b)	Lianyungang, province de Jiangsu, Chine	<b>Expérimentation</b> sur <i>Ulva linza</i> afin de déterminer <b>l'effet de l'acidification</b> des océans <b>sur la réponse</b> des ulves <b>à un stress salinité</b> . Diverses salinités sont testées (salinité contrôle, 30 psu ; salinité moyenne, 20 psu ; faible salinité, 10 psu) sous différentes concentrations de CO <sub>2</sub> (400 et 1000 ppmv) pendant 30 jours de culture. <b>Résultats : Plus l'acidité augmente, plus les ulves sont tolérantes à des salinités faibles</b> (croissance et photosynthèse). Il est donc suggéré que <b>l'acidification des océans pourrait permettre aux ulves de répondre plus efficacement à une large gamme de salinité, ce qui pourrait augmenter l'occurrence des marées vertes.</b>
Li et al. (2019c)	Chine	Expérimentation de la réponse physiologique (taux de croissance, activité photosynthétique, variations des teneurs en protéines solubles et sucres) d' <i>Ulva prolifera</i> à de faibles salinités ( <b>15 psu et 25 psu</b> ) selon différentes modalités de



		<p>lumière et de température : <b>25°C jour et nuit / 15°C jour et nuit / 25°C le jour et 15°C la nuit</b>. <i>U. prolifera</i> a montré un <b>taux de croissance plus élevé pendant la phase d'obscurité à 25 °C</b>. Toutefois, cette augmentation induite par l'obscurité n'a pas pu être observée à 15 °C. Par rapport aux deux autres traitements de température, les thalles cultivés à 25–15 °C ont montré une croissance plus élevée dans des conditions de salinité 15 psu, bien que l'activité photosynthétique soit plus élevée à 25 °C. Ces résultats indiquent que <b>l'obscurité et la température nocturne plus basse peuvent contribuer à la croissance rapide des algues impliquées dans les marées vertes</b>.</p>
Ma et al. (2019)	Gaogong island, Lianyungang, Chine	<p>Etude expérimentale visant à décrire la <b>réponse (croissance) d'<i>Ulva linza</i>, au rayonnement UV sous différents scénarii d'acidification des océans</b> (concentration en CO<sub>2</sub>). Les expositions aux rayonnements ont été évaluées selon un traitement au CO<sub>2</sub> (400 ou 1000 µatm) à long terme (de la spore au stade adulte, soit 1 mois) et à court terme (stade adulte, 1 semaine). Les résultats montrent que l'acidification des océans pourrait avoir un effet positif sur la réponse des Ulves aux UV : Après un <b>temps d'acclimatation</b> suffisamment long à des <b>pH réduits</b>, les <b>Ulves sont moins sensibles aux UV</b>.</p>
Mhatre et al. (2019)	Inde	<p>Etude expérimentale visant à décrire l'effet de <b>diverses sources d'azote sur l'activité du photosystème</b> chez <i>Ulva lactuca</i>. <b>L'urée remplace le nitrate</b> comme source d'azote et les conditions de lumière testées sont saturantes. Les résultats montrent une <b>croissance plus élevée</b>, des <b>taux en sucre et en lipides plus élevés</b> mais un <b>taux en protéine plus faible</b> et une <b>activité photosynthétique réduite</b>. L'utilisation de l'urée comme source d'azote permettrait donc aux ulves de <b>mieux répondre lors de périodes à très forte irradiance</b>.</p>
Oliveira et al. (2019)	Brésil	<p>Comparaison de la réponse (rendement photosynthétique) de trois ulves (<i>U. fasciata</i>, <i>U. lactuca</i> et <i>U. rigida</i>) à diverses modalités de température et de concentration en nutriments. Les <b>réponses écophysiologicals optimales pour chacune des trois espèces correspondent à la saisonnalité de celles-ci, c'est-à-dire aux conditions rencontrées dans le milieu naturel lors de leurs présences maximales (bloom) respectives</b>.</p>
Wei et al. (2019)	Qingdao, Mer Jaune, Chine	<p>Approche pluridisciplinaire étudiant la dynamique de la masse d'eau de la baie de « Yellow Sea Cold Water Mass » et la corrélation avec les blooms d'<i>U. prolifera</i>. <b>L'upwelling régional d'été</b> au large de la côte de Qingdao <b>enrichit</b> la colonne d'eau supérieure et <b>favorise ainsi la croissance des <i>U. prolifera</i> qui migrent vers cette région avec le vent du sud</b>, ce qui <b>réduit la concentration d'oxygène (DO) et valeur de pH dans le fond</b>. <b>En hiver, le courant chaud (YSWC) s'étend et se propage le long de la région au large du haut-fond de Subei vers la côte de Qingdao. Cette « langue » d'eau chaude rencontre les eaux froides côtières au large de Qingdao, ce qui conduit à la formation d'un front physique riche en nutriments favorable aux proliférations</b>.</p>
Xiao et al. (2019)	Qingdao, Mer Jaune, Chine	<p>En combinant des données de télédétection, de cultures et de modélisation, il apparaît que les <b>variations interannuelles de biomasse d'<i>U. prolifera</i> ne sont pas corrélées à la SST</b>. Ceci s'explique par la large plage de tolérance des ulves à la température. Les variations de biomasse sont par contre <b>significativement corrélées aux apports en Nutriments</b> depuis la rivière Sheyang <b>et à l'activité aquacole liée à la production l'algue rouge <i>Porphyra spp.</i></b></p>
Xing et al. (2019)	Province Qingdao, Chine	<p>En raison de prolifération de <b><i>Chaetomorpha valida</i> dans les lagunes de production d'Holothuries</b>. Différentes conditions sont testées en laboratoire : Salinité (22‰, 24‰, 28‰, 30‰, 32‰, 34‰, 36‰, and 40‰) ; pH (6.5, 7.0, 7.5 et 8.0). L'évolution de ces paramètres est également suivie sur le terrain. Les résultats du terrain montrent que la salinité varie entre 24‰ et 32‰ et le pH de</p>



7.5 à 8.6. Les résultats montrent également que la **croissance de *C. valida* est inversement proportionnelle à la salinité et proportionnelle au pH**. Les résultats de la culture en laboratoire montrent qu'au-delà d'une salinité de 36‰, la croissance n'est pas maximum (similaire à 22‰). Pour le pH, les **croissances les plus élevées sont observées pour un pH supérieur à 7**.



Yang et al. (2019a)

Qingdao, Chine

Cette étude combine une approche physiologique et moléculaire (transcriptomique) afin de suivre la réponse des ulves (croissance et contenu en chlorophylle, expression des gènes liés à des réponses métaboliques) à des chocs de température. Quel que soit le critère observé, la **réponse métabolique apparaît plus importante à hautes températures (36°C)** qu'à température de contrôle (20°C) alors qu'à **basse température (4°C), les réponses observées sont similaires au contrôle**. Ces résultats apportent de nouvelles connaissances sur l'effet de la température sur la capacité des ulves à répondre à des conditions de stress oxydant (ensoleillement ou rayonnements importants, pollution, pesticides, ozone...).

Yu et al. (2020)

Mer Jaune, Chine

Cet article utilise les données MODIS L1B pour extraire des informations sur les marées vertes à travers l'indice de végétation normalisé. Les résultats montrent que pendant la **phase de déclenchement**, une fois que la température atteint **15 ° C**, les **précipitations peuvent être à l'origine de la marée verte**. Au stade exponentiel de développement des ulves, la température de surface sur le lieu de la marée verte est de **16 à 21 ° C**, ce qui favorise la **croissance rapide de la marée verte**. Le **rayonnement solaire à ondes courtes** est concentré dans une plage de 250 à 280 W / m<sup>2</sup>. **La zone de couverture des marées vertes est significativement plus petite lorsqu'il y a peu de précipitations**. La marée verte est en déclin pour des températures de surface de **22 à 26 ° C** et disparaît de l'image satellite, lorsque la température moyenne de la surface dépasse 26 ° C. L'une des **principales raisons de la disparition de la marée verte serait le rayonnement solaire de 240 ~ 260 W / m<sup>2</sup>**, ce qui est légèrement inférieur à la plage de lumière nécessaire à la phase exponentielle ; les précipitations relativement fortes à ce stade n'affectent pas la croissance de la marée verte.

Yue et al. (2019)

Péninsule de Gaogong, Chine

Dans cette étude, ***Ulva linza*** a été **cultivée sous trois photopériodes** (L: D 8:16, 12:12, 16: 8) et **deux niveaux de CO<sub>2</sub>** différents (LC, 400 ppm; HC, 1000 ppm). La croissance de *U. linza* augmente avec la durée de la période de lumière et sous faible concentration de CO<sub>2</sub>, mais diminue à forte concentration en CO<sub>2</sub>. Néanmoins, la croissance a augmenté à forte concentration en CO<sub>2</sub> lorsque la durée de jour décroît à 8h. Ainsi, **l'acidification des océans peut ralentir le développement des ulves pendant les périodes de jours longs**.



Zhang et al. (2019f)	Mer Jaune, Chine	<b>Review très complète sur les causes biotiques, abiotiques et anthropiques des Marées Vertes (<i>Ulva prolifera</i>)</b> . Parmi les causes abordées : Le mode de reproduction ; les itinéraires techniques de la production de <i>Porphyra</i> ou <i>Pyropia</i> ; la température ; la salinité ; l'irradiance ; la courantologie et les vents dominants ; les apports en nutriments ; le CO <sub>2</sub> et réchauffement climatique. Cette revue traite également des aspects impacts, valorisation et gestion des biomasses d' <i>U. prolifera</i> .
Zhao et al. (2019a)	Mer Jaune, Chine	Le but de cette étude est d'étudier la <b>réponse (Activité photosynthétique) d'<i>Ulva prolifera</i> aux changements environnementaux diurnes à la surface de l'eau</b> . Un système de culture reproduisant l'environnement marin de surface (SSES) des ulves flottantes a été conçu. Une expérience en laboratoire en conditions standard (20 °C, 72 µE et salinité à 30 PSU) ainsi qu'une étude <i>in situ</i> ont été menées. Les résultats montrent que <b>l'efficacité photosynthétique diminue progressivement au cours de la matinée et diminue rapidement après 14h00. Après exposition à l'environnement marin de surface pendant 6 h, l'activité photosynthétique des thalles a considérablement diminué</b> . Ces résultats illustrent une <b>très grande plasticité de réponse du photosystème</b> et apportent des informations supplémentaires sur la <b>capacité des Ulves à s'adapter à de longues périodes de dérive en mer aussi bien qu'aux conditions d'échouages</b> .
Zheng et al. (2019a)	China	Cette étude en laboratoire vise à <b>déterminer l'effet combiné de la salinité (15, 25 et 35) et du taux d'enrichissement en Azote (mélange NH<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub> et NO<sub>2</sub> en ratio 18:74:8) sur divers paramètres d'<i>Ulva prolifera</i></b> (Croissance, chlorophylle, photosynthèse, activité superoxyde dismutase, protéines solubles et carbohydrates). <b>Les résultats confirment qu'une faible salinité et des concentrations élevées de N peuvent être favorables aux proliférations et qu'une faible salinité paraît le meilleur choix lors de l'utilisation de cette espèce pour le traitement des eaux usées</b> .

#### 2.6.3.4.3. Facteurs biologiques

Aucune référence n'a été reportée dans cette catégorie pour la période explorée.

#### 2.6.3.5. Facteurs limitants le développement des marées vertes

##### 2.6.3.5.1. Contrôle nutritionnel

Auteurs	Localisation	Sujet/Principaux résultats
Samanta et al. (2019b)	Jeju Island, Corée du Sud	Les <b>signatures isotopiques algales</b> (d13C, d15N et d18O) ainsi que l'azote et le carbone tissulaires ont été analysés <b>pour cartographier les sources de nutriments</b> autour de la zone côtière de Jeju. Les résultats permettent de définir l'origine des nutriments : <b>1) mélange d'azote organique du sol avec des déchets d'élevage, 2) apport d'engrais synthétique, 3) rejets d'eaux usées et 4) déchets aquacoles</b> . Ces résultats pourraient être utilisés comme <b>données de référence et proposent une méthodologie pour développer des stratégies de gestion des nutriments</b> pour limiter les proliférations d' <i>Ulva</i> dans la région de Jeju.



Zhang et al. (2019f)	Mer Jaune, Chine	<b>Review très complète sur les causes biotiques, abiotiques et anthropiques des Marées Vertes (<i>Ulva prolifera</i>).</b> Parmi les causes abordées : Le mode de reproduction ; les itinéraires techniques de la production de <i>Porphyra</i> ou <i>Pyropia</i> ; la température ; la salinité ; l'irradiance ; la courantologie et les vents dominants ; les apports en nutriments ; le CO <sub>2</sub> et le réchauffement climatique. Cette revue traite également des aspects impacts, valorisation et gestion des biomasses d' <i>U. prolifera</i> .
----------------------	------------------	--

#### 2.6.3.5.2. Facteurs environnementaux abiotiques

Auteurs	Localisation	Sujet/Principaux résultats
Gao et al. (2019a)	Province de Jiangsu, Mer Jaune, Chine	Cette étude explore expérimentalement <b>l'effet combiné de l'acidification des océans et de la hausse des SST sur la compétition entre phytoplancton <i>Skeletonema costatum</i> et <i>Ulva linza</i>.</b> Deux concentrations en CO <sub>2</sub> (400 ppm et 1000 ppm) et trois températures sont testées (12°C, 18°C et 24°C) sur les deux espèces soit en monoculture soit en co-culture. A CO <sub>2</sub> 400 ppm, la <b>co-culture est défavorable</b> à la croissance des <b>diatomées</b> et n'affecte pas la croissance des ulves. Une augmentation du CO <sub>2</sub> atténue cet effet et lorsque la température est elle aussi élevée, la compétition s'inverse et les diatomées deviennent plus compétitives que les ulves. <b>Les conditions en CO<sub>2</sub> et de températures envisagées pour le futur semblent davantage favorables aux marées rouges plutôt qu'aux marées vertes.</b>
Ma et al. (2019)	Gaogong island, Lianyungang, Chine	Etude expérimentale visant à décrire la <b>réponse (croissance) d'<i>Ulva linza</i>, au rayonnement UV sous différents scénarii d'acidification des océans</b> (concentration en CO <sub>2</sub> ). Les expositions aux rayonnements ont été évaluées selon un traitement au CO <sub>2</sub> (400 ou 1000 µatm) à long terme (de la spore au stade adulte, soit 1 mois) et à court terme (stade adulte, 1 semaine). Les résultats montrent que l'acidification des océans pourrait avoir un effet positif sur la réponse des Ulves aux UV. <b>Ainsi, limiter l'acidification des océans permettrait de limiter le développement de tolérances aux UV.</b>
Yue et al. (2019)	Péninsule de Gaogong, Province de Jiangsu, Chine	Expérimentation visant à décrire <b>l'interaction entre acidification des océans (400 ppm et 1000 ppm) et photopériode (L:D = 8:16, 12:12, 16:8) sur la croissance et activité photosynthétique d'<i>Ulva linza</i>.</b> Les résultats indiquent que <b>l'acidification des océans pourrait avoir un effet inhibiteur sur la forte croissance observée en période de photopériode longue.</b>
Zhang et al. (2019d)	Mer Jaune, Chine	Analyse par télédétection de l'évolution de la biomasse en fonction de la présence de Sargasses engendrant les marées dorées, la SST, l'activité anthropique de récolte de la biomasse d'ulves ainsi que l'activité aquacole. Les résultats montrent que des <b>SST élevées</b> , une récolte significative de biomasse ainsi que la compétition avec d'autres macroalgues proliférantes sont autant de <b>facteurs limitant le développement des radeaux d'ulves.</b>

#### 2.6.3.5.3. Facteurs biologiques

Auteurs	Localisation	Sujet/Principaux résultats
---------	--------------	----------------------------



Gao et al. (2019a)	Province de Jiangsu, Mer Jaune, Chine	Cette étude explore expérimentalement l' <b>effet combiné de l'acidification</b> des océans <b>et de la hausse des SST sur la compétition entre phytoplancton</b> <i>Skeletonema costatum</i> et <i>Ulva linza</i> . Deux concentrations en CO <sub>2</sub> (400 ppm et 1000 ppm) et trois températures sont testées (12°C, 18°C et 24°C) sur les deux espèces soit en monoculture soit en co-culture. A CO <sub>2</sub> 400 ppm, la <b>co-culture est défavorable</b> à la croissance des <b>diatomées</b> et n'affecte pas la croissance des ulves. Une augmentation du CO <sub>2</sub> atténue cet effet et lorsque la température est elle aussi élevée, la compétition s'inverse et les diatomées deviennent plus compétitives que les ulves. <b>Les conditions en CO<sub>2</sub> et de températures envisagées pour le futur semblent davantage favorables aux marées rouges plutôt qu'aux marées vertes.</b>
Vila Duplá (2019)	Elkhorn Slough, Californie, USA	Ce travail de Master vise à étudier la dynamique d'un écotone (zone de transition entre des communautés écologiques adjacentes) entre herbier à <i>Zostera marina</i> et population d' <i>Ulva spp.</i> <b>La présence des Zostères à proximité des ulves permet le recrutement de brouteurs dès le début du cycle saisonnier des ulves qui régulent alors la population des macroalgues.</b>
Zhang et al. (2019d)	Mer Jaune, Chine	Analyse par télédétection de l'évolution de la biomasse en fonction de la présence de Sargasses engendrant les marées dorées, la SST, l'activité anthropique de récolte de la biomasse d'ulves ainsi que l'activité aquacole. Les résultats montrent que des SST élevées, une récolte significative de biomasse ainsi que la <b>compétition avec d'autres macroalgues proliférantes</b> sont autant de <b>facteurs limitant le développement des radeaux d'ulves.</b>

#### 2.6.3.5.4. Gestion des marées vertes et actions anthropiques

Auteurs	Localisation	Sujet/Principaux résultats
Barr et al. (2019)	Estuaire d'Avon-Heathcote, Nouvelle-Zélande	Cette étude examine l'étendue et les taux <b>de réponse des Ulves comme bioindicateurs au cours d'un évènement d'enrichissement en azote rapide</b> dans un estuaire eutrophe. Les indices utilisés sont : la chlorophylle, les acides aminés, l'azote total et l'isotope 15N. Le 15N permet d'identifier à la fois des changements quantitatifs de l'enrichissement en azote mais également d'en identifier qualitativement sa source. Un <b>gradient trophique</b> du statut eutrophe à l'oligotrophe a pu être <b>décrit dans la zone d'étude</b> . Cette <b>méthode apparaît alors intéressante dans le monitoring de la qualité des eaux de transition et l'étude de la biomasse algale.</b>
Liu et al. (2020)	Huiquan Bay, Gingdao, Chine	Cette étude propose une <b>nouvelle méthode</b> (uniquement testée en laboratoire) <b>de traitement des structures de culture de Pyropia pour limiter la colonisation par Ulva prolifera, tout en limitant l'impact environnemental</b> : pas de propagation d'ulves vivantes et pas de pollution chimique. Cette méthode, utilise de l'acide citrique et une irradiance élevée. Néanmoins, <b>la transposition de cette méthode en conditions réelles sur ferme aquacole reste à vérifier.</b>
McGovern et al. (2019)	Argideen Estuary & Courtmacsherry Bay, Irlande	<b>Modélisation visant à 1/ identifier les facteurs limitant</b> le développement du phytoplancton et des Ulves <b>et 2/ évaluer l'efficacité de différentes stratégies (N=8) de gestion des nutriments d'origine agricole.</b> Une <b>réduction de 33% d'apports en phosphate permet de réduire de 33% la biomasse algale et une réduction de 66% d'apports en phosphates réduit la biomasse</b>



**de 50%. Les efforts de réduction effectués entre 2010 et 2016 ont permis de réduire la biomasse ramassée de 784t à 391t sur le site d'étude.**

Osseni et al. (2019)	France		<b>Estimation de l'indicateur socio-économique « Propension à payer » (« Willingness to pay » ou WTP en anglais) en France pour évaluer la stratégie de contribution de la baisse de polluants HAB par tarification hédonique sur le marché du logement rural. En moyenne, les résidents situés à 20 km d'une plage polluée étaient disposés à payer environ 208 € / habitant / an pour réduire les HAB aux niveaux minimaux sur les côtes bretonnes.</b>
Samanta et al. (2019b)	Jeju Island, Corée du Sud		Les <b>signatures isotopiques algales</b> (d13C, d15N et d18O) ainsi que l'azote et le carbone tissulaires ont été analysés <b>pour cartographier les sources de nutriments</b> autour de la zone côtière de Jeju. Les résultats permettent de définir l'origine des nutriments : <b>1) mélange d'azote organique du sol avec des déchets d'élevage, 2) apport d'engrais synthétique, 3) rejets d'eaux usées et 4) déchets aquacoles.</b> Ces résultats pourraient être utilisés comme <b>données de référence et proposent une méthodologie pour développer des stratégies de gestion limitant les apports en nutriments</b> pour limiter les proliférations d'Ulva dans la région de Jeju.
Shan et al. (2019)	Baie de Jiaozhou, Mer Jaune, Chine		Cette étude vise à <b>évaluer le WTP</b> et déterminer si les facteurs socioéconomiques et les mesures psychométriques des attitudes vis-à-vis des problématiques environnementales peuvent <b>expliquer les différences dans les préférences et les valeurs de « l'individu » concernant la gouvernance des marées vertes.</b> Le WTP, soit la volonté moyenne de payer par ménage répondant dans la baie de Jiaozhou <b>s'élève à 214,56 yuan chinois / an (soit environ 28 euros par ménage et par an) pour la restauration écologique et la gestion des marées vertes.</b>
Zhang et al. (2019d)	Mer Jaune, Chine		Analyse par télédétection de l'évolution de la biomasse en fonction de la présence de Sargasses engendrant les marées dorées, la SST, l'activité anthropique de récolte de la biomasse d'ulves ainsi que l'activité aquacole. Les résultats montrent que des SST élevées, <b>une récolte significative de biomasse</b> ainsi que la compétition avec d'autres macroalgues proliférantes sont autant de <b>facteurs limitant le développement des radeaux d'ulves.</b>
Zhang et al. (2019f)	Mer Jaune, Chine		<b>Review très complète sur les causes biotiques, abiotiques et anthropiques des Marées Vertes (Ulva prolifera).</b> Parmi les causes abordées : Le mode de reproduction ; les itinéraires techniques de la production de Porphyra ou Pyropia ; la température ; la salinité ; l'irradiance ; la courantologie et les vents dominants ; les apports en nutriments ; le CO <sub>2</sub> et le réchauffement climatique. Cette revue traite également des aspects impacts, valorisation et gestion des biomasses d' <i>U. prolifera</i> .

### 2.6.3.6. Valorisation des algues vertes

#### 2.6.3.6.1. Alimentation humaine

Auteurs	Localisation	Sujet/Principaux résultats
---------	--------------	----------------------------



Dominguez & Loret (2019)	Espagne, France	<b>Review de la littérature sur les différents « processus » de valorisation des ulves d'échouage.</b>
Zhang et al. (2019f)	Mer Jaune, Chine	<b>Review très complète sur les causes biotiques, abiotiques et anthropiques des Marées Vertes (<i>Ulva prolifera</i>).</b> Parmi les causes abordées : Le mode de reproduction ; les itinéraires techniques de la production de <i>Porphyra</i> ou <i>Pyropia</i> ; la température ; la salinité ; l'irradiance ; la courantologie et les vents dominants ; les apports en nutriments ; le CO <sub>2</sub> et le réchauffement climatique. Cette revue traite également des aspects impacts, valorisation et gestion de ces biomasses d' <i>U. prolifera</i> et notamment « Food ».

### 2.6.3.6.2. Agriculture, Aquaculture et Agroalimentaire

Auteurs	Localisation	Sujet/Principaux résultats
Ansary et al. (2019a)	Corée du Sud	Cette étude propose d'utiliser un <i>Ulva australis</i> comme substitution au Wakamé <b>pour l'alimentation des ormeaux d'élevage</b> . Les résultats montrent <b>des croissances et des taux de survie plus élevés chez les ormeaux alimentés aux « Ulves »</b> par rapport à une alimentation « wakamé ».
Ansary et al. (2019b)	Corée du Sud	Cette étude est une extension de l'étude de Ansary, Jeong et al. (2019) et propose d'utiliser un <b>mélange d'ulves (<i>Ulva australis</i>) et de sargasses (<i>Sargassum horneri</i>)</b> comme substitution au Wakamé <b>pour l'alimentation des ormeaux d'élevage</b> . Les résultats montrent <b>des croissances et des taux de survie plus élevés en alimentation « Ulve+Sargasse »</b> par rapport à une alimentation « wakamé ».
Dominguez & Loret (2019)	Espagne, France	<b>Review de la littérature sur les différents « processus » de valorisation des ulves d'échouage.</b>
Ghaderiardakani et al. (2019b)	UK	Etude de <b>l'efficacité d'extrait d'<i>Ulva intestinalis</i> sur la germination et les stades précoces de développement racinaire</b> d'une plante supérieure ( <i>Arabidopsis thaliana</i> ). Résultats : <b>Concentrations d'extrait d'ulve &gt; 0,1% ont inhibé la germination et la croissance des racines. L'extrait d'ulva &lt;0,1% a stimulé la croissance des racines. Toutes les concentrations d'extrait d'Ulva ont inhibé la formation de racines latérales.</b> Ces effets apparaissent corrélés aux concentrations élevées en aluminium relevées dans <i>U. intestinalis</i> . Ainsi, les extraits d'ulves doivent être <b>utilisés avec prudence comme engrais, lors des phases initiales du développement racinaire</b> car les effets inhibiteurs peuvent l'emporter sur les avantages si la concentration d'extrait est trop élevée.
Prabhu et al. (2019)	Israël	Cette étude concerne l'isolement, la caractérisation et l'évaluation de la production en mer d'amidon à partir d' <i>Ulva ohnoi</i> . La <b>teneur en amidon</b> variait de 1,59% à 21,44% selon les conditions, les saisons et pour un <b>rendement d'extraction de 50,37%</b> . <b>La biomasse d'<i>U. ohnoi</i> cultivée au large des côtes pendant 13 mois a montré un rendement moyen en amidon de 3,43 tonnes / ha / an.</b> Cette étude <b>encourage l'utilisation potentielle d'<i>U. ohnoi</i> pour la production durable d'amidon</b> et présente



cette voie comme une alternative aux produits agricoles actuels, dont la production nécessite des terres arables et de l'eau douce.

Rosa et al. (2020)	Portugal	Expérimentation visant à <b>tester le pouvoir extracteur de <i>Ulva rigida</i> vis-à-vis d'un antibiotique (ENR) utilisé en aquaculture</b> . Il apparaît ainsi que non seulement <i>U. rigida</i> a la <b>capacité d'absorber l'ENR</b> mais que cela va <b>stimuler la croissance des thalles</b> pendant au moins les premières 96 heures. Les applications <b>en Aquaculture permettraient de réduire l'impact environnemental via le développement de l'AMTI</b> (Aquaculture Multi-Trophique Intégrée), mais également d'utiliser l'ulve comme bioremédiateur.
Safavi et al. (2019)	Iran	Cette étude teste l' <b>efficacité d'extraits de polysaccharides sulfatés à partir de <i>Ulva intestinalis</i></b> (et <i>Gracilariopsis persica</i> ) sur la <b>croissance</b> et la <b>teneur en acides gras de truites arc-en-ciel (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)</b> . Les résultats montrent que <b>l'ajout de 1,5g d'ulve par kg d'aliment permet d'augmenter significativement la croissance</b> . Toutefois, les extraits de <i>G. persica</i> apparaissent plus performants en termes de teneur en protéines et acides gras.
Wan et al. (2019)	Irlande	Revue de la littérature qui évalue les <b>bénéfices de l'utilisation de macroalgues (dont 8 espèces d'ulves) dans les aliments commerciaux pour poissons</b> (croissance, physiologie, résistance au stress, système immunitaire et composition du muscle). Les ulves apparaissent ici comme de bonnes candidates par leurs propriétés biostimulantes du système immunitaire et leurs propriétés antibactériennes et antivirales. Les polysaccharides issus des ulves semblent également apporter une meilleure stabilité des granules lorsqu'ils sont immergés. D'autres effets positifs des ulves sur la qualité du poisson produit sont décrits.
Zhang et al. (2019f) Zhang, He et al. (2019)	Mer Jaune, Chine	<b>Review très complète sur les causes biotiques, abiotiques et anthropiques des Marées Vertes (<i>Ulva prolifera</i>)</b> . Parmi les causes abordées : Le mode de reproduction ; les itinéraires techniques de la production de <i>Porphyra</i> ou <i>Pyropia</i> ; la température ; la salinité ; l'irradiance ; la courantologie et les vents dominants ; les apports en nutriments ; le CO <sub>2</sub> et le réchauffement climatique. Cette revue traite également des aspects impacts, valorisation et gestion de ces biomasses d' <i>U. prolifera</i> .

### 2.6.3.6.3. Cosmétiques/pharmaceutiques

Auteurs	Localisation	Sujet/Principaux résultats
Dominguez & Loret (2019)	Espagne, France	<b>Review de la littérature sur les différents « processus » de valorisation des ulves d'échouage.</b>
Le et al. (2019)	Corée du Sud, Russie	Méthode d'extraction de polysaccharides d' <i>Ulva pertusa</i> et évaluation de leur pouvoir anti-oxydant. Les résultats montrent que <b>les ulvanes protègent les cellules exposées à un stress oxydatif induit par H<sub>2</sub>O<sub>2</sub></b> en régulant l'expression des gènes impliqués dans l'activité des enzymes oxydantes comme la superoxyde dismutase (SOD) et la catalase (CAT).



Reisky et al. (2019)	France, Allemagne	Cette étude propose une méthode de <b>dégradation des polysaccharides d'ulves par une cascade de digestions enzymatiques issues de la flore bactérienne marine.</b>
Ren et al. (2019)	Chine	La stratégie proposée ici est basée sur <b>l'utilisation de la biomasse produite par les marées vertes pour développer des nano-enzymes destinées à de nombreuses applications</b> (notamment le dosage de glucose dans le sérum sanguin). Cette stratégie apparaît simple, rentable et respectueuse de l'environnement.
Wang et al. (2019d)	Chine	Etude évaluant les <b>effets de polysaccharides issus d'<i>Ulva prolifera</i> (PEP) sur l'infarctus du myocarde (AIM)</b> . Testé chez des rats, <b>un prétraitement avec des (PEP) a permis de réduire significativement les AIM.</b>

#### 2.6.3.6.4. Energie

Auteurs	Localisation	Sujet/Principaux résultats
Dominguez & Loret (2019)	Espagne, France	<b>Review de la littérature sur les différents « processus » de valorisation des ulves d'échouage.</b>
Zaidi et al. (2019)	Chine, AS, Pakistan, Portugal	Cette étude présente une <b>méthode moins consommatrice d'énergie de pré-traitement de la biomasse algale</b> (Enteromorphe) en vue de la <b>production de biogaz</b> par digestion anaérobie. Cette méthode est basée sur l'utilisation combinée de micro-ondes et de nanoparticules métalliques.
Zollmann et al. (2019)	Israël	Revue de littérature qui discute des <b>enjeux liés au développement de bioraffineries à partir d'algues vertes</b> : 1/ l'origine de la matière première ; 2/ les modalités de traitements ; 3/ les principaux polysaccharides des algues vertes en tant que produits d'une bioraffinerie en cascade, en mettant l'accent sur les applications et défis technologiques.

#### 2.6.3.6.5. Bioindicateurs / biomarqueurs

Auteurs	Localisation	Sujet/Principaux résultats
Barr et al. (2019)	Avon-Heathcote Estuary, Nouvelle-Zélande	Cette étude propose le dosage de <b>l'isotope 15N contenu dans <i>Ulva spp.</i> pour caractériser la source d'Azote</b> présente majoritairement dans le milieu ainsi que <b>les variations de teneur dans le milieu.</b>
Cho et al. (2019)	Corée du sud	Cette étude utilise <b>trois isotopes (Radon 222, Oxygène 18 et Azote 15) pour tracer et identifier la source en nutriments</b> dans les eaux côtières d'une île volcanique. La contribution des rejets sous-marins d'eaux douces souterraines pour l'azote minéral dissous était de 70%, avec intrants supplémentaires



provenant des activités aquacoles et des sédiments de fond. Les **valeurs des isotopes  $\delta^{15}\text{N-NO}_3$  et  $\delta^{18}\text{O-NO}_3$  dans le l'eau de mer côtière et les eaux souterraines indiquent que la principale source de  $\text{NO}_3$  - est l'utilisation d'engrais**. Ainsi, nos résultats suggèrent que l'infiltration rapide d'engrais azoté terrestre et fuite subséquente dans l'océan côtier par le rejet sous-marin d'eaux souterraines entraîne un développement important de marée verte dans les eaux côtières au large d'un îlot volcanique à haute perméabilité du substrat.

#### 2.6.3.6.6. Bioremédiation

Auteurs	Localisation	Sujet/Principaux résultats
Bastos et al. (2019) Bastos et al. (2019)	Brésil	Etude proposant l'utilisation d' <i>Ulva ohnoi</i> comme <b>espèce extractrice du Cadmium (Cd)</b> dans le milieu. L'effet combiné de la température (18°C, 25°C et 28°C) et de la salinité (15 et 35) est évalué à différentes doses de Cd (0, 0,625, 2,5, 5 et 15 $\mu\text{g. L}^{-1}$ ). <i>U. ohnoi</i> a montré une <b>résistance au Cd et un taux de croissance positif maintenu</b> dans les conditions suivantes : 18°C + S15, 18°C + S35 et 25°C + S35, à des concentrations entre 0,625 et 2,5 $\mu\text{g. L}^{-1}$ de Cd. Les <b>conditions optimales d'extraction du Cd sont : 18°C + S15 + 0.625 <math>\mu\text{g. L}^{-1}</math> de Cd.</b>
Rosa et al. (2020)	Portugal	Expérimentation visant à tester le pouvoir extracteur de <i>Ulva rigida</i> vis-à-vis d'un antibiotique utilisé en aquaculture. Il apparaît ainsi que non seulement <i>U. rigida</i> a la capacité d'absorber l'ENR mais que cela va stimuler la croissance des thalles pendant au moins les premières 96 heures. Les applications en Aquaculture permettraient de réduire l'impact environnemental via le développement de l'AMTI (Aquaculture Multi-Trophique Intégrée), mais également d'utiliser l'ulve comme bioremédiateur.
Zhang et al. (2019b)	Chine	Cette étude évalue, par une <b>culture expérimentale en laboratoire</b> , le <b>pouvoir extracteur des dépôts de MV vis-à-vis des PAH</b> (Hydrocarbures aromatiques polycycliques). Les résultats montrent que la présence de la <b>marée verte pourrait fournir une nouvelle approche de remédiation naturelle pour la contamination des HAP</b> par l'élimination via l'absorption par les dépôts de MV.
Zhang et al. (2019e)	Chine	Cette étude évalue, par une <b>culture expérimentale en laboratoire</b> , le <b>pouvoir extracteur de <i>Ulva prolifera</i> vis-à-vis du BPA</b> (Bisphénol A). Les résultats sont présentés comme démontrant un processus important de phyco-remédiation pendant les épisodes de marée verte, pour les eaux côtières contenant des perturbateurs endocriniens chimiques (EDC).

#### 2.6.3.6.7. Bio-charbon



Auteurs	Localisation	Sujet/Principaux résultats
Yang et al. (2019b)	Chine	Cette étude présente une <b>méthode de caractérisation des bio-charbons</b> à base d' <i>Ulva prolifera</i> . Cette méthode permet notamment de valider la qualité de ces bio-charbons selon différents « processus » de pyrolyse (température, salinité....)

#### 2.6.3.6.8. Biomatériaux

Auteurs	Localisation	Sujet/Principaux résultats
Kim et al. (2019a)	Corée du sud	L'objectif de cette étude est de <b>développer une méthode rentable de production de <math>\gamma</math>-D-PGA par <i>Bacillus sp. SJ-10</i> en utilisant des ulves comme principal substrat sans prétraitement par hydrolyse</b> . Le rendement en $\gamma$ -D-PGA est de $6,29 \pm 0,34$ g / L dans des conditions optimisées et le $\gamma$ -D-PGA produit présente une dégradation thermique à 310 °C avec un poids moléculaire de 250–1780 kDa. <b>Le coût calculé et l'efficacité pour le rendement final était de 32% par rapport aux milieux complexes</b> . Par conséquent, la présente étude fournit une <b>stratégie permettant une approche écologique et rentable de production du <math>\gamma</math>-D-PGA via une ressource marine renouvelable</b> .

#### 2.6.3.6.9. Biocides

Auteurs	Localisation	Sujet/Principaux résultats
Nainu et al. (2019)	Indonésie	Cette étude évalue l' <b>activité antibactérienne d'extrait d'<i>Ulva reticulata</i> vis-à-vis d'une infection au <i>Pseudomonas aeruginosa</i> chez la drosophile</b> . L'extrait éthanolique d' <i>U. reticulata</i> a été préparé par macération. Les résultats illustrent une <b>amélioration de la survie et de la réduction de la charge bactérienne</b> dans l'hôte, à la fois de type sauvage et dans le mutant immunodéficient après traitement avec l'extrait d' <i>Ulva reticulata</i> et inoculation bactérienne.
Sun et al. (2019)	Chine	Cette étude présente l' <b>activité biocide de 3 extraits Glycoglycerolipide d'<i>Ulva prolifera</i> vis-à-vis de 6 espèces de microalgues marines</b> ( <i>Amphidinium carterae</i> , <i>Heterosigma akashiwo</i> , <i>Karenia mikimotoi</i> , <i>Phaeocystis globosa</i> , <i>Prorocentrum donghaiense</i> , and <i>Skeletonema costatum</i> ). Les résultats montrent une <b>sélectivité des ces trois produits vis-à-vis des 6 espèces de microalgues testées</b> .

#### 2.6.3.6.10. Valorisation d'autres macroalgues que les algues vertes

Auteurs	Localisation	Sujet/Principaux résultats
---------	--------------	----------------------------



Beacham et al. (2019)	UK	Evaluation de <b>17 macroalgues</b> (2 vertes, 8 rouges et 7 brunes) présentes dans le Sud-Ouest du Royaume-Uni comme candidates pour une valorisation en <b>bioraffinerie</b> . L'étude montre que les algues de la côte sud-ouest du Royaume-Uni, « actuellement négligées, inexploitées et souvent méconnues », offrent un potentiel commercial élevé. <b>Individuellement, elles n'atteindront probablement pas une exploitation commerciale, mais exploitées ensemble, il existerait un réel potentiel pour une bioéconomie locale.</b>
Pugazhendhi et al. (2019)	Inde	L'étude évalue les <b>propriétés anti-cancéreuses et anti-microbiales</b> de nanoparticules d'Oxyde de Magnésium extrait de <b>Sargassum wightii</b> .

### 2.6.3.7. Caractérisation des algues vertes

#### 2.6.3.7.1. Génétique et Biomoléculaire

Auteurs	Localisation	Sujet/Principaux résultats
Bast, Felix & Rani, Pooja (2019)	Inde	L'étude propose la description d'une nouvelle espèce d'Ulve ( <i>Ulva uniseriata</i> sp. nov.) proche de <i>U. prolifera</i> sur la base de critères morphologiques (Table 2) et moléculaires d'après la séquence de l'ITS 1 (Fig.2).

Table 2 — Morphological features of Indian isolates in comparison to *U. prolifera*

Character	Diamond Harbour isolate	Pulicat Lake isolate	<i>U. prolifera</i> <sup>24</sup>
Thallus branched or unbranched	Unbranched	Unbranched	Branched
Thallus hollow or compressed	Compressed	Compressed	Hollow
Cell arrangement: uniseriate or multiseriate	Uniseriate	Uniseriate	Multiseriate
Cell shape	Quadrilateral or Elongated with rounded corners	Quadrilateral or Elongated with rounded corners	Cuboidal/Thin
Chloroplast	Fully filled/Parietal	Parietal	Fully filled
Number of pyrenoids	Multiple >50	Multiple 10-20	1-2
Cell Area	154.169 ± 9.279 μm <sup>2</sup>	151.560 ± 12.178 μm <sup>2</sup>	-

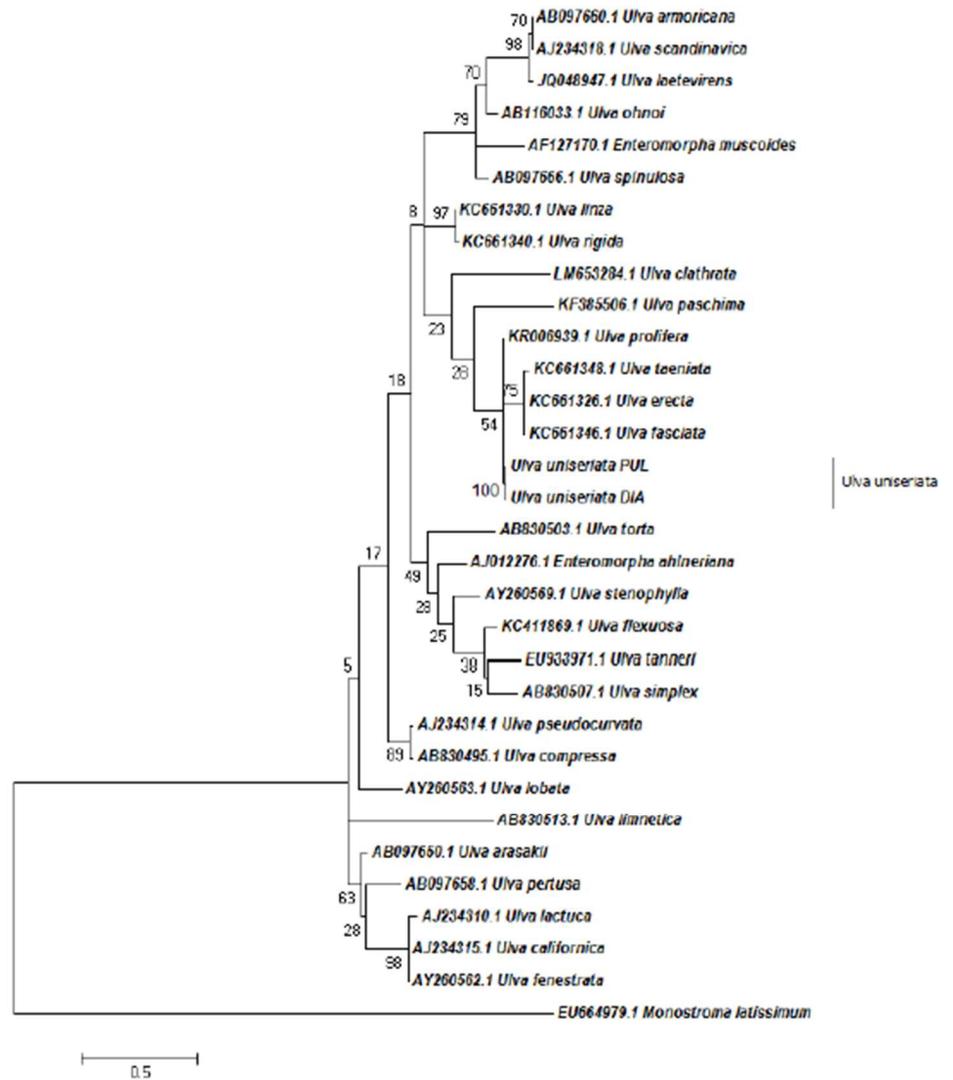
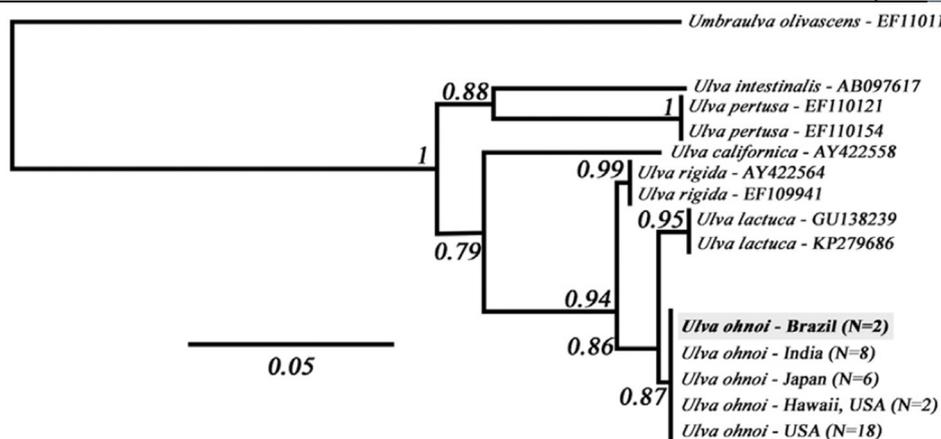


Fig. 2 — Phylogenetic position of uniseriate *Ulva* isolates from India among other *Ulva* accessions in ITS1 dataset.

Bastos et al. Brésil (2019)

Cette étude vise à identifier une espèce d'ulve présente sur les côtes brésiliennes et envisage son utilisation en bioremédiation. L'identification de *Ulva ohnoi* est effectuée à partir d'un marqueur moléculaire (1141 pb) : région codante pour la RuBisCO.



Bermejo et al. (2019) Estuaires de Tolka et Argideen, Irlande Utilisation du marqueur **moléculaire rbcL**, correspondant à un fragment d'ADN chloroplastique codant pour la Ribulose Bisphosphate Carboxylase-Oxygenase (RuBisCO). L'objectif est de caractériser les ulves échouées dans deux estuaires à 5 dates différentes (Juin 2016, Août 2016, Octobre 2016, Avril 2017 et Juin 2017). **Sept espèces ont été identifiées** dont **4 communes aux deux sites** (*U. compressa* ; *U. procera* ; *U. prolifera* et *U. rigida*) **3 présentes uniquement sur Argideen** (*U. intestinalis* ; *U. gigantea* et *U. lactuca*). Les espèces les plus abondantes sont *U. prolifera*, *U. compressa* et *U. rigida* et sont présentes à chaque date échantillonnée.

Chávez-Sánchez et al. (2019) Mexique Identification moléculaire des ulves à l'origine de blooms au Mexique. Plusieurs marqueurs nucléaires sont utilisés (*rbcl*, ITS2 et *tufA*). Alors que **8 espèces ont été décrites sur des critères morphologiques, seulement 4 sont identifiées à l'aide des marqueurs moléculaires**. Ceci atteste de la diversité morphologique des espèces.

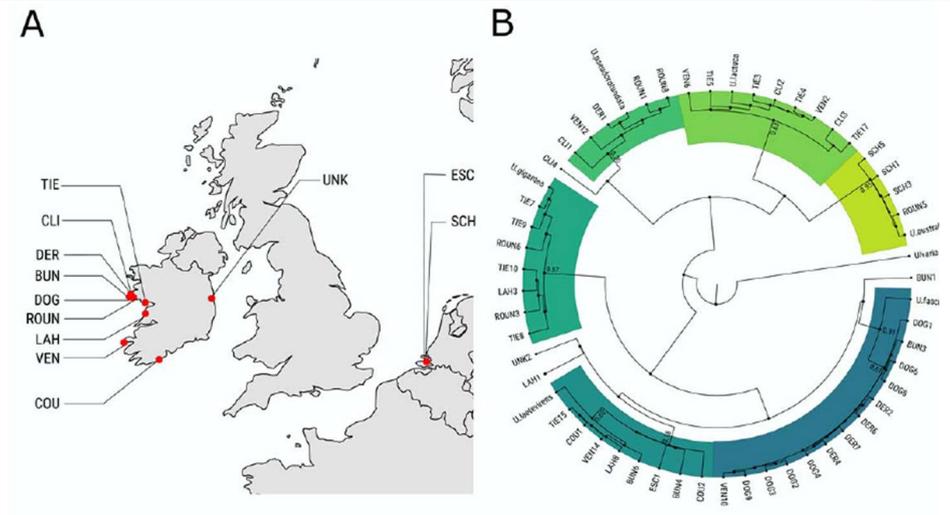
**Table 2:** Pairwise identities of the ITS2, *rbcl*, *tufA* sequence data from species of *Ulva* from northwestern Mexico compared to the closest blastn hit and corresponding molecular species.

Morpho-anatomical species	ITS2	<i>rbcl</i>	<i>tufA</i>	Molecular species
<i>Ulva acanthophora</i> (sp. 1)	94.8% <i>Ulva brisbanensis</i> LK-014 (EU933972) from Australia (Kraft et al. 2010)	98.5% to <i>U. brisbanensis</i> EU933945 from Australia (Kraft et al. 2010)	Closest BLASTn hit 94% <i>U. lactuca</i> (KC661443)	<i>Ulva</i> sp. 1
<i>U. clathrata</i> (sp. 2)	100% <i>U. torta</i> (AB830500)	100% <i>U. torta</i> (AB830519)		<i>U. torta</i>
<i>U. flexuosa</i> (sp. 3)	98.8% <i>U. torta</i> (KF195491)	–		<i>U. torta</i>
<i>U. intestinalis</i> (sp. 4)	100% <i>U. tepida</i> (AB298463)	99.9% <i>U. paschima</i> (KU377322)		<i>U. tepida</i>
<i>U. lactuca</i> (sp. 5)	100% <i>U. ohnoi</i> (AB116029)	100% <i>U. ohnoi</i> (AB116037)		<i>U. ohnoi</i>
<i>U. lobata</i> (sp. 6)	–	–		–
<i>U. nematoidea</i> (sp. 7)	–	–		–
<i>U. rigida</i> (sp. 8)	100% <i>U. ohnoi</i> (AB116029)	100% <i>U. ohnoi</i> (AB116037)	–	<i>U. ohnoi</i>

Empty cells (–) denote unsuccessful attempts/outcomes.

C'est par ailleurs la première fois de *U. ohnoi* est répertoriée sur la côte Est du Pacifique.

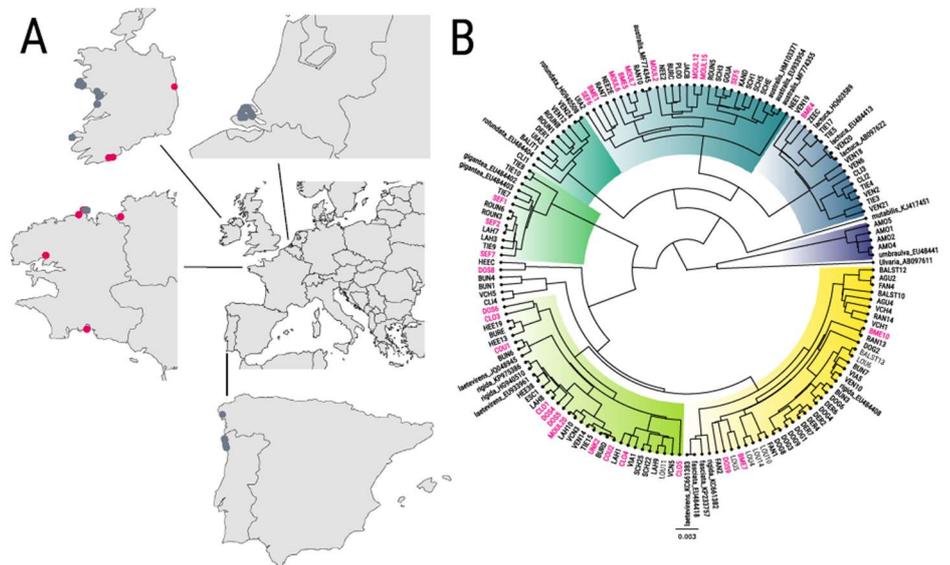
Fort et al. (2019) Irlande et Pays-Bas Utilisation des marqueurs *rbcl* et *tufA* pour identifier **49 échantillons d'ulves provenant de 10 sites en Irlande et 2 sites aux Pays-Bas. Six espèces différentes sont identifiées** (*U. australis*, *U. gigantea*, *U. lactuca*, *U. pseudorotundata*, *U. laetevirens* et *U. fasciata*).



**Fig. 2: Locations and genetic diversity amongst the 49 strains tested in this study.** A) Sampling sites (see Supplemental Table S1) and B) phylogenetic tree obtained using RbcL and tufA sequences under a General Mixed Yule-Coalescent (GMYC) model. Support values for species clusters are indicated on the tree.

Fort et al. (2020)  
Irlande,  
Pays-Bas,  
France,  
Espagne,  
Portugal

Utilisation du **Barcoding moléculaire** pour identifier l'espèce d'ulve correspondante pour **128 échantillons prélevés dans 5 pays différents** : Irlande, Pays-Bas, France, Espagne et Portugal. **Six espèces d'ulves sont identifiées** (*U. lactuca*, *U. rotundata*, *U. gigantea*, *U. laetevirens* et *U. rigida*).

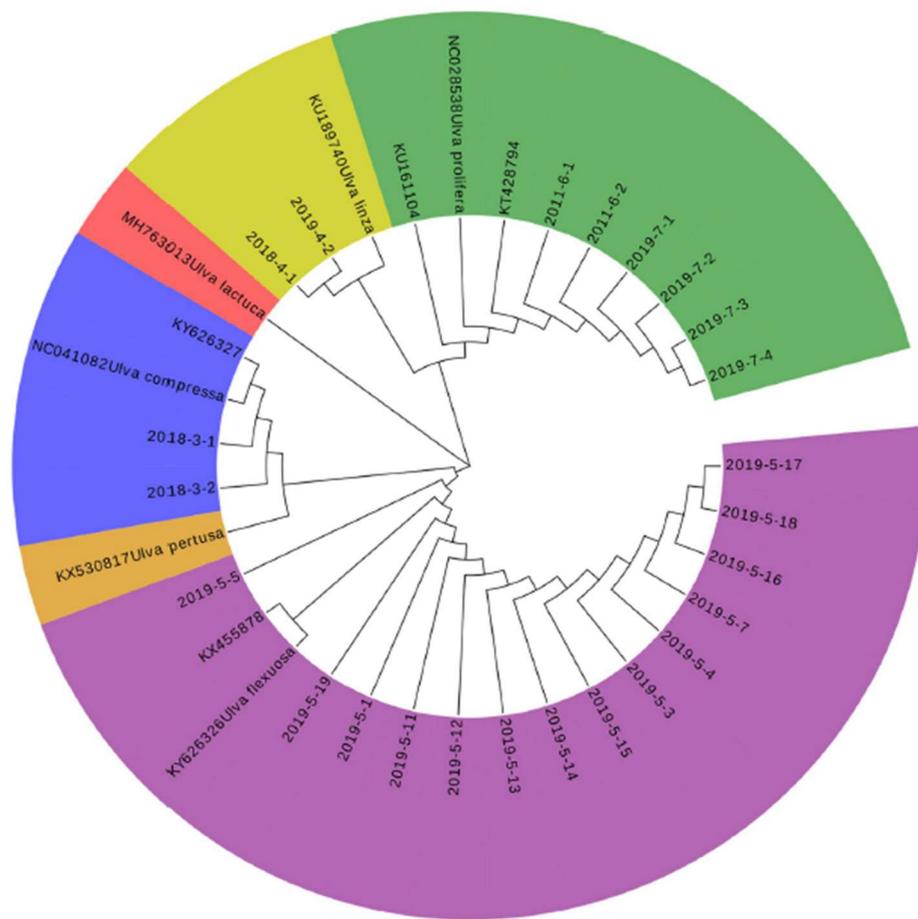


He et al. (2019a)  
Jiangsu,  
China

Caractérisation moléculaire (transcriptome) de 6 échantillons d'ulves prélevées sur des structures de culture de *Pyropia* (N=3) et dans un radeau de biomasse dérivante (N=3). **L'objectif est de définir si ces deux groupes d'une même espèce présentent des métabolismes différents.** Quelques 37 181 gènes différents ont été identifiés (longueur moyenne des fragments amplifiés = 1075



		pb). Les résultats montrent des niveaux d'expression des principaux gènes métaboliques plus élevés pour les <i>U. prolifera</i> flottantes que pour les <i>U. prolifera</i> attachées. Ceci illustre des <b>performances métaboliques supérieures chez des souches flottantes</b> par rapport aux souches fixées.
Hiraoka et al. (2019)	Tosa Bay, Japon	Des Ulves fixées et dérivantes ont été échantillonnées dans deux sites différents. L'utilisation de marqueurs moléculaires (ITS 1, ITS 2 et RNA 5S) a permis d'identifier les espèces présentes : Alors que des données de 2004 avaient identifié <i>U. ohnoi</i> comme responsable des marées vertes dans la baie, cette étude montre que <i>U. reticulata</i> a remplacé <i>U. ohnoi</i> dans le phénomène. <b>L'hypothèse avancée est une réponse plus efficace d'<i>U. reticulata</i> aux hausses de SST</b> enregistrées entre 1972 et 2018.
Hughey et al. (2019)	USA	Cette collaboration entre USA et UK vise à utiliser les séquences <i>rbcl</i> (RuBisCO) pour construire la phylo-géographie de <i>U. lactuca</i> , <i>U. fasciata</i> , <i>U. fenestrata</i> , <i>U. lobata</i> et <i>U. stipitata</i> à partir d'individus utilisés comme morphotypes de référence pour les espèces. Les résultats indiquent que : <b>les deux principales espèces sont <i>U. lactuca</i> (caractéristique de l'hémisphère Sud) et <i>U. fenestrata</i> (caractéristique de l'hémisphère Nord). <i>U. fasciata</i> et <i>U. lobata</i> sont des synonymes hétérotypiques de <i>U. lactuca</i> alors que <i>U. stipitata</i> est identifiée comme espèce sœur d'<i>Ulva fenestrata</i>.</b> Cette étude relève l'importance de l'origine des individus caractérisés devenant référence d'une espèce et les biais que cela peut engendrer pour les travaux de recherche ultérieurs.
Jiang et al. (2019a)	Mer Jaune, Chine	Séquençage du génome Chloroplastique de <i>Ulva prolifera</i> .
Kang et al. (2019)	Jeju Island, Corée du Sud	Phylogénie et distribution de la diversité des Ulves le long de la côte de Jeju Island.  A partir de <b>deux marqueurs moléculaires</b> ( <i>tufA</i> et ITS), <b>193 échantillons</b> ont permis d'identifier <b>9 espèces d'ulves</b> ainsi que leur <b>distribution et abondance sur 23 sites</b> .
Lamb et al. (2019)	Jamaica Bay, New York, USA	Utilisation du Barcoding moléculaire pour identifier les ulves responsables des blooms sur 8 sites d'une baie de Long Island (USA) : <i>Ulva compressa</i> , <i>U. clathratioides</i> , <i>U. prolifera</i> , <i>U. stipitata</i> , <i>U. laetevirens</i> , et <i>U. lactuca</i> . <i>U. compressa</i> apparaît comme l'espèce dominante, principalement en cause dans le phénomène des MV.
Lee et al. (2019)	Jeju Island, Corée du Sud	Analyse moléculaire par Barcoding ( <i>tufA</i> et ITS) des ulves proliférant sur 8 sites autour de Jeju Island. <b>Une nouvelle espèce est identifiée</b> . Cette espèce, <i>Ulva pseudo-ohnoi</i> , est une espèce sœur de <i>U. ohnoi</i> .
Li et al. (2019)	Chine	Génotypage par marqueurs <b>ARNr 18S et ITS pour identification</b> d'une espèce d'ulve utilisée dans cette étude écophysologique.
Liu et al. (2019a)	Mer Jaune, Chine	Proposition d'une méthode de Barcoding pour identifier les espèces d'ulves proliférant dans la Mer Jaune. Cette méthode présente la <b>séquence rps2-trnL comme étant un marqueur particulièrement fiable et adapté aux ulves impliquées dans les marées vertes de la Mer Jaune</b> . Six espèces peuvent être identifiées ( <i>U. prolifera</i> , <i>U. linza</i> , <i>U. lactuca</i> , <i>U. compressa</i> , <i>U. pertusa</i> et <i>U. flexuosa</i> ).



Shen et al. (2019)	Mer Jaune, Chine	<b>Proposition de deux marqueurs combinés</b> (nrDNA-LSU et IGS) pour identifier les espèces et groupes génétiques d'ulves dans la Mer de Chine.
Song et al. (2019a)	Mer de Bohai, Chine	Sept marqueurs moléculaires (ITS, <i>rbcL</i> , <i>tufA</i> , 5S spacer, COI, LSU, et UPA) ont été testés pour identifier les espèces d'ulves présentes dans les marées vertes dans la Mer de Bohai, sur la côte Nord de la Chine. <b><i>Bryopsis plumosa</i>, <i>Ulva pertusa</i> et <i>U. prolifera</i> sont identifiées comme étant les espèces dominantes à chacun des trois stades de développement d'une marée verte</b> (initiation, développement et déclin) <b>avec <i>U. pertusa</i> plus précocement que <i>U. prolifera</i>.</b>
Song et al. (2019b)	Mer de Bohai, Chine	Cette étude <b>compare les séquences du marqueur <i>rbcL</i> entre populations fixées et populations de marée verte</b> pour deux espèces proliférantes, <i>Bryopsis plumosa</i> et <i>U. prolifera</i> . <b>Pour ces deux espèces, il apparaît que les populations fixées constituent la principale source de fragments à l'origine des marées vertes dans la mer de Bohai.</b>
Steinhagen et al. (2018)	Mer du Nord et Mer Baltique, Allemagne	Le marqueur <i>tufA</i> a permis dans cette étude de <b>confirmer que <i>U. compressa</i> est l'espèce dominante</b> dans les phénomènes de prolifération et <b>provient majoritairement de populations fixées.</b>
Steinhagen et al. (2019)	Allemagne	<b>Comparaison de deux espèces d'ulves : <i>U. compressa</i> et <i>U. mutabilis</i> sur la base de marqueurs moléculaires, de la morphologie et de l'inter-fécondité.</b> L'objectif de cette étude est de comparer la séquence de référence de <i>U.</i>



*mutabilis* avec l'ensemble de la collection d'*U. compressa* conservée par les auteurs. Les résultats montrent que **les deux groupes apparaissent conspécifiques sur la base des critères observés. Il est alors suggéré que *U. mutabilis* soit une espèce dérivant de *U. compressa* mais dont le processus de spéciation n'est pas finalisé.**

Sun et al. Chine (2020)

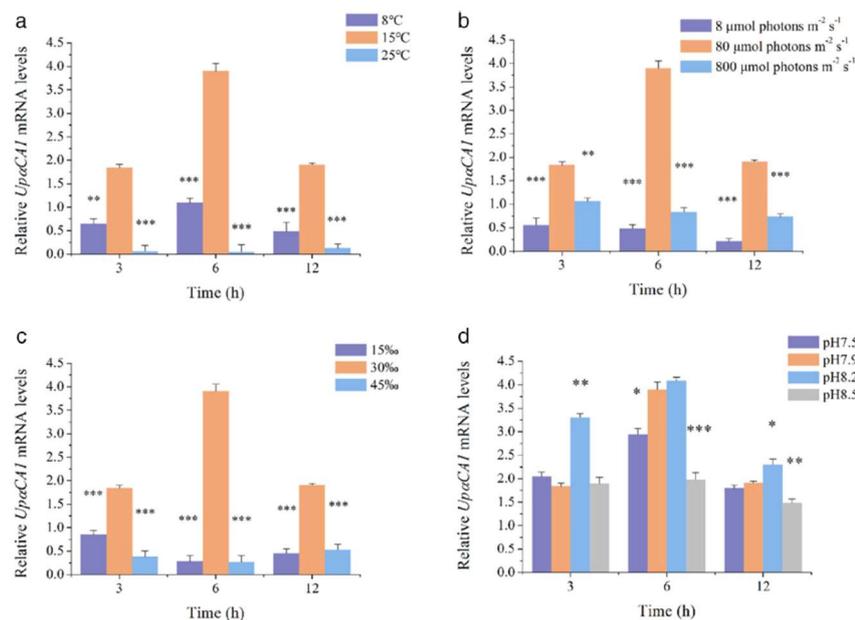
Approche **métagénomique visant à évaluer l'effet de blooms de *Enteromorpha prolifera* sur la diversité microbienne dans le milieu.** Pour cela des signatures moléculaires ont permis de montrer que la présence de la macroalgue réduit la diversité dans les communautés microbiennes (bactéries, virus, plancton...) et donc affecte les cycles biogéochimiques.

Wang et al. Chine (2019b)

Comparaison du transcriptome entre différentes espèces d'ulves composant les marées vertes en Mer Jaune. Quatre espèces sont détectées (*U. compressa*, *U. prolifera*, *U. linza* et *U. flexuosa*). **Certaines voies métaboliques semblent surexprimées chez *U. prolifera* par rapport aux autres espèces,** notamment au niveau de la Pyruvate Kinase et des transporteurs du Nitrate. **La transcriptomique apparaît alors comme un outil permettant d'accéder à de nouvelles connaissances sur le fonctionnement des marées vertes.**

Wang et al. Chine (2019a)

**Caractérisation transcriptomique d'une voie métabolique (Carbonic Anhydrase) responsable de la fixation du Carbone chez *U. prolifera*.** Une approche par PCR en temps réel permet de détecter des variations d'expression de gènes métaboliques selon différentes conditions de culture (température, lumière, salinité et pH). Cette approche présente par ailleurs ***U. prolifera* comme génétiquement très proche de *U. mutabilis*** sur la base du marqueur étudié.



Yang et al. Qingdao, Chine (2019a)

Cette étude combine une approche physiologique et moléculaire (transcriptomique) afin de suivre la réponse des ulves (croissance et contenu en chlorophylle, expression des gènes liés à des réponses métaboliques) à des chocs de température. Quel que soit le critère observé, la **réponse métabolique apparaît plus importante à hautes températures (36°C)** qu'à température de contrôle (20°C) alors qu'à **basse température (4°C), les**



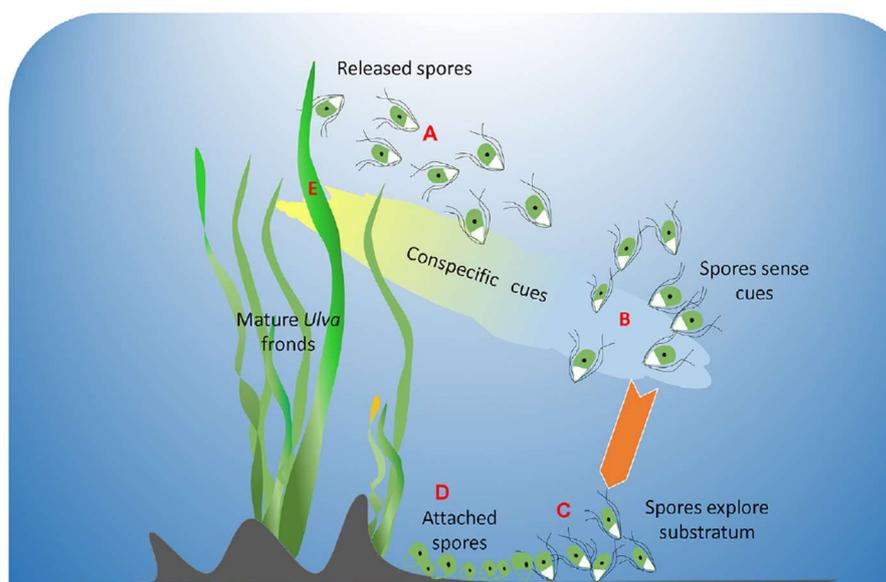
réponses observées sont similaires au contrôle. Ces résultats apportent de nouvelles connaissances sur l'effet de la température sur la capacité des ulves à répondre à des conditions de stress oxydant (ensoleillement ou rayonnements importants, pollution, pesticides, ozone...).

Zhao et al. Chine (2019b)

Description de la stratégie reproductive de *U. prolifera* sur la base d'analyse chromosomique. Ce type d'analyse permet d'identifier le sexe des gamétophytes et de les distinguer des sporophytes. Les résultats ont montré que **les espèces d'Ulves flottantes étaient toutes des sporophytes avec 18 chromosomes et que cette phase végétative est maintenue d'Avril à Juin.** Néanmoins des signes significatifs de fertilité des sporophytes d'*U. prolifera* témoignent d'une **reproduction sexuée pouvant survenir après la phase de croissance végétative** en début de saison. **Les gamétophytes quant à eux présentent 9 chromosomes.**

### 2.6.3.7.2. Composition, phénotypes et cycles de vie

Auteurs	Localisation	Sujet/Principaux résultats
Agusman et al. (2019)	Province de Fujian, Chine	Dans cette étude deux composés (Acide gras C16:4 et Di-n-butyl phtalate) extraits d' <i>U. tepida</i> sont testés sur des algues en culture pour déterminer leur rôle dans le recrutement et la fixation des spores. Alors que le DBP est actif sur une gamme de dose allant de 0.1 à 10 µg/ml, l'acide gras C16:4 s'est montré actif à la seule dose de 5 µg/ml. Ces signaux chimiques sont donc importants dans le recrutement de la nouvelle génération à proximité des géniteurs.



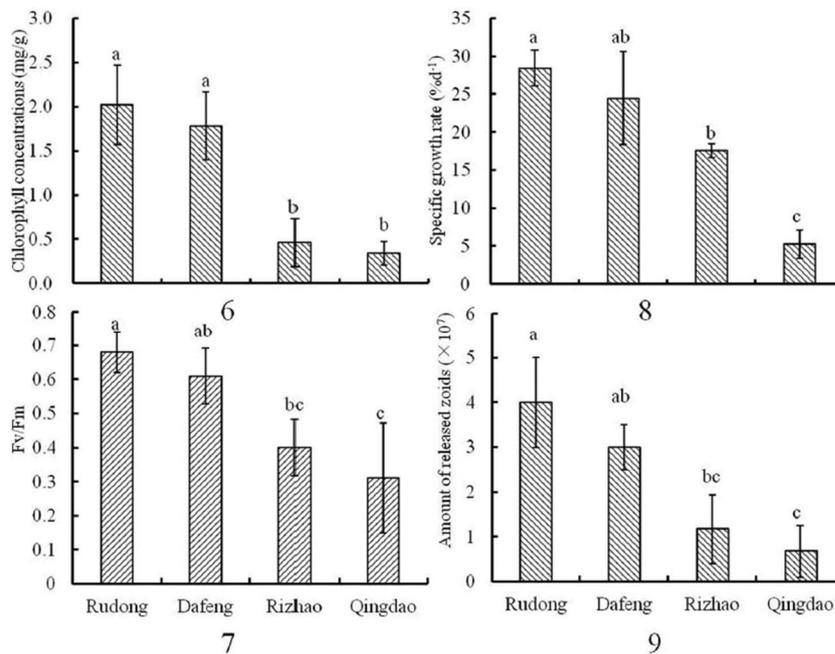
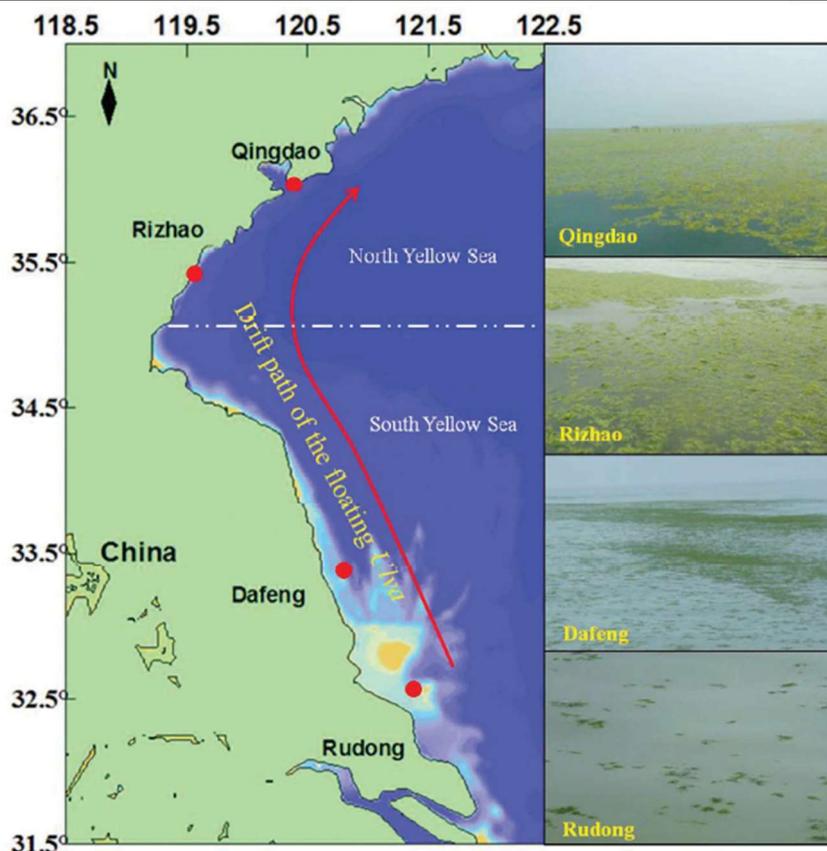
Barr et al. (2019)

Nouvelle-Zélande

Cette étude utilise des biomarqueurs tissulaires des ulves (*Ulva* spp) pour rendre compte de la qualité du milieu. Ainsi, les **teneurs en chlorophylle, en Acides Gras et en Azote isotopique (15N) apparaissent représentatifs de**



			<b>l'Azote disponible dans l'eau.</b> Ces biomarqueurs ont permis d'observer les <b>effets d'un détournement de cours d'eau ainsi que d'un tremblement de terre sur la qualité des eaux de transition.</b>
Beacham et al. (2019)	UK		Exploration des teneurs en <b>pigments, polysaccharides, lipides, protéines, métaux lourds, phytohormones et divers autres métabolites</b> dans 17 espèces de macroalgues, dont <i>Ulva lactuca</i> . La discussion propose les diverses voies possible/pertinentes de valorisation.
Cheney et al. (2019)	New Bedford Harbor, Massachusetts, USA		Cette étude évalue la <b>teneur en PCB dans <i>Ulva rigida</i></b> dans des zones eutrophes. Alors que le taux en PCB relevé est de <b>95-99 mg/kg sec près du site contaminé, il diminue à 2-4 mg/kg sec lorsqu'on s'éloigne de 2.5 km vers le sud.</b> L'effet de ces teneurs en PCB sur le réseau trophique a été testé et des valeurs significatives de bioaccumulation ont été détectées dans différentes espèces d'invertébrés brouteurs et d'un poisson prédateur de ces brouteurs. <b>Les blooms d'ulves jouent donc un rôle important dans le réseau trophique, tant en termes de ressource pour les consommateurs primaires que pour la diffusion de polluants le long de la chaîne alimentaire.</b>
Cho et al. (2019)	Corée du sud	du	Cette étude utilise <b>trois isotopes (Radon 222, Oxygène 18 et Azote 15) pour tracer et identifier la source en nutriments</b> dans les eaux côtières d'une île volcanique. La contribution des rejets sous-marins d'eaux douces souterraines pour l'azote minéral dissous était de 70%, avec intrants supplémentaires provenant des activités aquacoles et des sédiments de fond. Les <b>valeurs des isotopes <math>\delta^{15}\text{N}-\text{NO}_3</math> et <math>\delta^{18}\text{O}-\text{NO}_3</math> dans le l'eau de mer côtière et les eaux souterraines indiquent que la principale source de <math>\text{NO}_3</math> - est l'utilisation d'engrais.</b> Ainsi, nos résultats suggèrent que l'infiltration rapide d'engrais azoté terrestre et fuite subséquente dans l'océan côtier par le rejet sous-marin d'eaux souterraines entraîne un développement important de marée verte dans les eaux côtières au large d'un îlot volcanique à haute perméabilité du substrat.
Cruces et al. (2019)	Chili		Dans cette étude, des <b>changements métaboliques et physiologiques</b> chez <i>U. rigida</i> en réponse à des <b>rayonnements solaires estivaux élevés</b> sont évalués : chlorophylle-a, taux de transport d'électrons, pigments photosynthétiques, lipides peroxydation, composés phénoliques totaux et métabolisme antioxydant. Les résultats suggèrent que la capacité d' <i>U. rigida</i> à s'acclimater au stress induit par un rayonnement naturel repose sur une action combinée de divers mécanismes physiologiques qui agissent à différents moments du jour et sous différents niveaux de stress.
Cui et al. (2019)	Mer Jaune, Chine		Dans cette étude, différents paramètres de l'ulve flottante <i>Ulva prolifera</i> collectée le long de la côte de la mer Jaune ont été évalués : les concentrations en <b>chlorophylle, l'efficacité photosynthétique, le taux de croissance et les caractéristiques de reproduction.</b> Les résultats révèlent des valeurs relatives à ces paramètres physiologiques plus élevés, dans la région de <b>Rudong</b> , à la source des blooms, que dans la région de <b>Qingdao</b> . Cependant, l'abondance de propagules microscopiques d' <i>Ulva</i> dans la <b>région de Qingdao (3980 ind/l)</b> était significativement plus élevée que celle dans la <b>région de Rudong (667 ind/l).</b>



Fort et al. (2019) Irlande

Dans cette étude, **les caractéristiques physiologiques et métaboliques de 49 individus *Ulves* ont été étudiées** en utilisant une plateforme de phénotypage haut débit sur mesure, des dosages enzymatiques, une chromatographie en phase gazeuse et de la spectrométrie. Les résultats montrent une très large variabilité naturelle des caractéristiques étudiées e.g. uns taux de croissance variant de 0,09 à 0,37 mg/mg/jour. ***Ulva spp* possède un schéma de croissance diurne et un métabolisme primaire très**



		différents des plantes terrestres, avec des taux de croissance plus élevés en période nocturne que diurne. L'amidon et le saccharose n'ont contribué en moyenne qu'à 35% du carbone requis pour soutenir la croissance nocturne d' <i>Ulva</i> . <b>Le phénomène d'accumulation (observé en phase nocturne) et de consommation en nitrate étaient positivement corrélés à la croissance.</b> De plus, nous avons identifié six acides aminés comme biomarqueurs possibles pour une croissance élevée dans les Ulves.
Fort et al. (2020)	Irlande	Cette étude <b>compare la réponse physiologique (croissance et teneurs en métabolites) de 28 souches Ulves de marées vertes et 100 souches non prélevées dans des marées vertes</b> , à des conditions proches de celles rencontrées dans les zones de « bloom ». Le but était de déterminer si les souches à marée verte présentaient des caractéristiques spécifiques à l'origine de leur prolifération. <b>Les résultats confirment que les souches de la marée verte ont des caractéristiques spécifiques, avec des croissances plus rapides, des teneurs en protéines et en pigments plus élevées, et une teneur en amidon plus faible.</b>
Fu et al. (2019)	Mer Jaune / Chine	Cette étude évalue la <b>capacité de flottabilité</b> des ulves lors des marées vertes en Mer Jaune de Chine, en comparaison avec d'autres espèces, notamment l'espèce <i>Pyropia yezoensis</i> qui est cultivée. La flottabilité est un trait de caractère des algues qui est lié à l'intensité lumineuse, la morphologie et le statut physiologique. L'étude a montré que les ulves ( <i>Ulva prolifera</i> ) ont une <b>capacité et une force de flottabilité plus importante</b> que d'autres espèces.
Geng et al. (2019)	Mer Jaune, Chine	Cette étude propose une <b>méthode de traçage afin d'identifier la région de peuplement des algues vertes flottantes, utilisant le 28-isofucostérol conservé dans les sédiments</b> comme biomarqueur spécifique des algues vertes. D'après la teneur en 28-isofucostérol dans les échantillons de sédiments, la région de recrutement potentielle des algues vertes flottantes a été identifiée dans la zone maritime au sud-est de la péninsule du Shandong autour de l'échantillonnage site H06 (122,66 ° E, 36,00 ° N).
Ghaderiardakani et al. (2019a)	UK, Portugal	Les <b>facteurs promoteurs de la croissance et la morphogénèse (AGMPF) d'<i>Ulva</i> spp ont été comparés dans un système lagunaire et dans un système artificiel d'aquaculture multi-trophique intégrée (IMTA)</b> combinant élevage de poissons et culture de macroalgues en bassin à terre. Les résultats mettent en évidence la présence d'un <b>cocktail chimique suffisant d'AGMPF dans ce système IMTA requis pour la croissance et la morphogénèse d'<i>Ulva</i> spp.</b> De plus, <b>l'eau de la pisciculture a augmenté la disponibilité des nutriments</b> (nitrate et ammonium) nécessaires à la production de macroalgues <b>avec de faibles concentrations de contaminants métalliques. On peut également noter, que l'abondance de bactéries connues comme étant inductrices de la morphogénèse est supérieure dans l'eau d'aquaculture par rapport à l'eau de la lagune.</b>
Hamid et al. (2019)	Japon	Cette étude évalue et compare les polysaccharides solubles dans l'eau de quatre algues brunes, cinq algues rouges et <b>deux espèces d'algues vertes</b> ( <i>Ulva australis</i> et <i>Chaetomorpha moniligera</i> ) collectées dans deux sites du nord du Japon (la mer du Japon et l'océan Pacifique). Des caractéristiques spécifiques aux différents groupes d'algues ont été mis en évidence : e.g. des concentrations élevées en mannitol chez les algues brunes et du fructose chez <b>les algues vertes</b> . Chez les algues rouges, les profils métabolites des espèces individuelles doivent être évalués.



He et al. (2019b)	Chine	<p>Dans cette étude, la <b>dynamique des profils métaboliques de <i>U. prolifera</i></b> est suivie <b>pendant la phase de prolifération induite par la fragmentation</b>. Les résultats montrent que <b>la fragmentation induit la reproduction de 91,57% d'<i>U. prolifera</i> en 48 h</b>. Sur les 156 métabolites détectés par chromatographie, <b>63 métabolites ont significativement modifié pendant la reproduction</b>. Les fragments ont non seulement induit la formation de sporanges, mais ont également conduit à des accumulations de métabolites. <b>Pendant la prolifération</b> induite par la fragmentation, <b><i>U. prolifera</i> a consommé différents sucres selon différentes cinétiques</b>. En conclusion, les changements de teneurs en métabolites (sucres, acides organiques et alcool) en fonction de la photopériode pourraient constituer la stratégie adoptée par <i>U. prolifera</i> pour faire face à la fragmentation dans la nature.</p>
Jiang et al. (2019c)	Ile Nan'ao, Shantou / Chine	<p>Des algues vertes (<i>Ulva lactuca</i>) ont été collectées sur différentes zones de l'estran de l'île Nan'ao afin d'évaluer les pigments et les comportements photosynthétiques en fonction de la densité algale des tapis. Les contenus en pigments et l'efficacité photosynthétique (<math>P_{max}</math>) sont <b>supérieurs dans la zone basse de l'estran</b>. Sous un tapis de faible densité, le <math>P_{max}</math> et la respiration à l'obscurité augmentent tandis que le seuil de saturation de l'irradiance diminue. Cependant, le <math>P_{max}</math> des algues des <b>zones hautes</b> et intermédiaires de l'estran sont plus <b>élevées</b> avec une forte <b>densité du tapis</b> algales. Ces variations de l'efficacité photosynthétique selon les densités algales et la localisation sur l'estran suggèrent des capacités différentes de l'utilisation du <math>HCO_3^-</math>.</p>
Li et al. (2019e)	Chine	<p>Dans cette étude, une souche contenant un polysaccharide extracellulaire produisant une hydrolase a été isolée et identifiée comme <i>Paenibacillus pabuli</i> EP-1. L'hydrolase a été purifiée par la combinaison de chromatographie échangeuse d'ions et d'exclusion de taille. Les caractéristiques enzymatiques ont ensuite été analysées sous différentes températures et conditions de pH</p>
Ma et al. (2019)	Gaogong island, Lianyungan g, Chine	<p>Etude expérimentale visant à décrire la <b>réponse (croissance) d'<i>Ulva linza</i>, au rayonnement UV sous différents scénarii d'acidification des océans</b> (concentration en <math>CO_2</math>). Les expositions aux rayonnements ont été évaluées selon un traitement au <math>CO_2</math> (400 ou 1000 <math>\mu atm</math>) à long terme (de la spore au stade adulte, soit 1 mois) et à court terme (stade adulte, 1 semaine). Les résultats montrent que l'acidification des océans pourrait avoir un effet positif sur la réponse des Ulves aux UV. <b>Ainsi, limiter l'acidification des océans permettrait de limiter le développement de tolérances aux UV.</b></p>
Nakamura et al. (2019)	Japon	<p>Comparaison des phénotypes d'<i>U. ohnoi</i> et <i>U. pertusa</i> en réponse à une augmentation de température (5°C à 35°C) et d'irradiance (0 à 1000 <math>\mu E</math>). <b>Que ce soit vis-à-vis de la température ou de la lumière, <i>U. ohnoi</i> apparaît plus performante (croissance plus rapide, activité photosynthétique plus intense) que <i>U. pertusa</i>.</b></p>
Prabhu et al. (2019)	Israël	<p>Cette étude concerne l'isolement, la caractérisation et l'évaluation de la production en mer d'amidon à partir d'<i>Ulva ohnoi</i>. La <b>teneur en amidon</b> variait de 1,59% à <b>21,44%</b> selon les conditions, les saisons et pour un <b>rendement d'extraction de 50,37%</b>. <b>La biomasse d'<i>U. ohnoi</i> cultivée au large des côtes pendant 13 mois a montré un rendement moyen en amidon de 3,43 tonnes / ha / an</b>. Cette étude <b>encourage l'utilisation potentielle d'<i>U. ohnoi</i> pour la production durable d'amidon</b> et présente</p>



			cette voie comme une alternative aux produits agricoles actuels, dont la production nécessite des terres arables et de l'eau douce.
Samanta et al. (2019b)	Ile de Jeju / Corée		Plusieurs prélèvements <i>in situ</i> ont été effectués autour de l'île de Jeju en Corée afin d'identifier les différentes sources d'azote contribuant aux marées vertes locales. Les <b>signatures isotopiques</b> des algues ( $\delta^{13}\text{C}$ , $\delta^{15}\text{N}$ , $\delta^{18}\text{O}$ ), de l'azote et du carbone tissulaire ont permis de déterminer les sources d'azote : <b>azote organique du sol mélangé avec les déchets d'élevage, engrais synthétiques, rejets d'eaux usées et déchets aquacoles.</b>
Shafay et al. (2019)	Egypte		La présente étude <b>évalue l'effet toxique de composés issus d'<i>Ulva fasciata</i> sur la croissance de 5 microalgues</b> identifiés comme proliférantes dans les eaux côtières d'Alexandrie. Les résultats montrent une <b>réduction de la croissance des microalgues en présence de thalle frais d'<i>Ulva fasciata</i></b> par rapport aux témoins. De plus, la croissance des macroalgues a augmenté avec le temps de traitement.
Sun et al. (2020)	Province de Fujian / Chine		Cette étude présente <b>l'activité biocide de 3 extraits Glycoglycerolipide d'<i>Ulva prolifera</i> vis-à-vis de 6 espèces de microalgues marines</b> ( <i>Amphidinium carterae</i> , <i>Heterosigma akashiwo</i> , <i>Karenia mikimotoi</i> , <i>Phaeocystis globosa</i> , <i>Prorocentrum donghaiense</i> , and <i>Skeletonema costatum</i> ). Les résultats montrent une <b>sélectivité des ces trois produits vis-à-vis des 6 espèces de microalgues testées.</b>
Yang et al. (2019b)	Chine		Cette étude présente une <b>méthode de caractérisation des bio-charbons</b> à base d' <i>Ulva prolifera</i> . Cette méthode permet notamment de valider la qualité de ces bio-charbons selon différents «processes» de pyrolyse (température, salinité...)
Zheng et al. (2019a)	Chine		Cette étude en laboratoire vise à <b>déterminer l'effet combiné de la salinité (15, 25 et 35 psu) et du taux d'enrichissement en azote (mélange <math>\text{NH}_4</math>, <math>\text{NO}_3</math> et <math>\text{NO}_2</math> en ratio 18:74:8) sur divers paramètres chez <i>Ulva prolifera</i></b> (croissance, chlorophylle, photosynthèse, activité superoxyde dismutase, protéines solubles et carbohydrates). Les résultats ont montré que :  <b>(1) Comparée à celle cultivée à la salinité 25, la croissance de <i>U. prolifera</i> a diminué sous la salinité 35, en particulier lorsque <math>\text{N} &lt; 4,4</math> mg/l, mais aucun effet significatif de la salinité 15 quel que soit le taux en N.</b>  <b>(2) Pour chaque condition de salinité, la concentration en pigments a été augmenté par un niveau élevé de N.</b>  <b>(3) La respiration devient plus efficace lorsque la salinité diminue.</b>  <b>(4) L'activité photosynthétique augmente à concentration élevée de N, mais aucun effet significatif de la salinité n'a été observé.</b>  <b>(5) La teneur en glucides est plus élevée à la salinité 35 pour <math>\text{N}=0,12</math> et <math>0,6</math> mg/l.</b>
Oliveira et al. (2019)	Brésil		Comparaison de la réponse (rendement photosynthétique) de trois ulves ( <i>U. fasciata</i> , <i>U. lactuca</i> et <i>U. rigida</i> ) à diverses modalités de température et de concentration en nutriments. Les <b>réponses écophysologiques optimales pour chacune des trois espèces correspondent à la saisonnalité de celles-ci, c'est-à-dire aux conditions rencontrées dans le milieu naturel lors de leurs présences maximales (bloom) respectives.</b>



Otani et al. (2020)	Baie de Hiroshima / Japon	Estimation de la production primaire de <i>Ulva</i> spp., des herbiers de <i>Zostera marina</i> et <i>Z. japonica</i> . Les biomasses augmentent du printemps à l'été et diminuent en hiver. La <b>production primaire est plus importante</b> pour <i>U. spp.</i> et <i>Z. marina</i> . La présence de ces macro-algues a probablement <b>limité les marées rouges</b> . En se décomposant les herbiers apportent de la matière organique dans les zones côtières mais également dans les zones subtidales moins riches en éléments nutritifs.
Rosa et al. (2020)	Portugal	Expérimentation visant à <b>tester le pouvoir extracteur de <i>Ulva rigida</i> vis-à-vis d'un antibiotique (ENR) utilisé en aquaculture</b> . Il apparaît ainsi que non seulement <i>U. rigida</i> a la <b>capacité d'absorber l'ENR</b> mais que cela va <b>stimuler la croissance des thalles</b> pendant au moins les premières 96 heures. Les applications <b>en Aquaculture permettraient de réduire l'impact environnemental via le développement de l'AMTI</b> (Aquaculture Multi-Trophique Intégrée), mais également d'utiliser l'ulve comme bioremédiateur.
Samanta et al. (2019a)	Corée du sud	L'activité physiologique et biochimique d' <i>Ulva australis</i> et de <i>Pyropia yezoensis</i> a été étudiée à 1 jour, 7, 14 et 28 jours, en réponse à des contraintes de salinité (5, 30 et 55 psu). Une <b>croissance réduite</b> a été enregistrée <b>chez les deux espèces à 5 psu</b> par rapport au témoin (30 psu). Les <b>contenus en Chlorophylle A et en caroténoïdes sont également réduits à salinité réduite</b> (5 psu) par rapport au témoin. Cependant, <b>à salinité élevée</b> (55 psu), la <b>chlorophylle a et les caroténoïdes</b> montrent des taux <b>plus élevés</b> que chez les témoins <b>chez <i>P. yezoensis</i></b> , et des taux <b>plus faibles que le témoin chez <i>U. australis</i></b> . Ces résultats montrent que <i>U. australis</i> et <i>P. yezoensis</i> répondent différemment à de fortes variations de salinité. Ces différences de réponses sont associées dans cette étude à des différences d'activité anti-oxydante. Par conséquent, les <b>résultats soulignent le rôle potentiel des enzymes antioxydantes dans l'adaptation/la tolérance à des stress induits par la salinité</b> .
Steinhagen et al. (2018)	Mer Baltique et Mer du Nord / Allemagne	Analyse de la distribution et de la morphologie de l'espèce <i>Ulva compressa</i> dans la Mer Baltique, la Mer du Nord, la Mer des Wadden et l'île de Helgoland à partir d'analyses moléculaires et phylogénétiques. Les résultats confirment la <b>présence d'<i>U. compressa</i> sur les côtes allemandes et jusqu'à une salinité de 15 PSU dans la mer Baltique</b> . Cependant, la <b>morphologie diffère entre la Mer du Nord qui présente des individus tubulaires ramifiés et fixés tandis qu'ils sont en lames et libres dans la Mer Baltique</b> . Des formes dérivantes ont aussi été observées en Mer des Wadden mais pas à Helgoland. <b>Les formes fixées tubulaires de la Mer Baltique et des Wadden sont identiques aux formes en lames dérivantes qui présentent un risque de nuisance</b> .
Steinhagen et al. (2019)	Allemagne	<b>Comparaison de deux espèces d'ulves : <i>U. compressa</i> et <i>U. mutabilis</i> sur la base de marqueurs moléculaires, de la morphologie et de l'inter-fécondité</b> . L'objectif de cette étude est de comparer la séquence de référence de <i>U. mutabilis</i> avec l'ensemble de la collection d' <i>U. compressa</i> conservée par les auteurs. Les résultats montrent que <b>les deux groupes apparaissent conspécifiques sur la base des critères observés. Il est alors suggéré que <i>U. mutabilis</i> soit une espèce dérivant de <i>U. compressa</i> mais dont le processus de spéciation n'est pas finalisé</b> .
Wang et al. (2019c)	Province de Jiangsu / Chine	Expérimentations physiologiques en laboratoire afin d'évaluer les paramètres d'absorption d'azote et de phosphore d' <i>Ulva prolifera</i> selon différentes conditions de nutriments. En laboratoire les <b>taux d'absorption</b>



---

		<p><b>du nitrate ou du phosphate diffèrent selon les concentrations en nutriments.</b> Ces résultats ont alimenté un <b>modèle de croissance</b> dont la <b>concentration minimale</b> requise pour les algues est de <b>6.5 <math>\mu\text{mol.L}^{-1}</math></b> de nitrate et <b>0.27 <math>\mu\text{mol.L}^{-1}</math></b> de phosphate.</p>
Xie et al. (2019)	Chine	<p>Cette étude décrit les <b>caractéristiques phénologiques</b> (croissance et germination des phases haploïdes et diploïdes) <b>d'un hybride issu du croisement entre <i>U. prolifera</i> et <i>U. linza</i>.</b> Les résultats montrent une <b>dépression hybride significative</b> (c'est-à-dire que l'hybride est moins performant que ses deux parents) aussi bien au niveau de <b>la croissance des sporophytes</b> que de la <b>germination des gamétophytes.</b></p>
Zhao et al. (2019b)	Chine	<p>Description de la stratégie reproductive d'<i>U. prolifera</i> sur la base d'analyse chromosomique. Ce type d'analyse permet d'identifier le sexe des gamétophytes et de les distinguer des sporophytes. Les résultats ont montré que <b>les espèces d'Ulves flottantes étaient toutes des sporophytes avec 18 chromosomes et que cette phase végétative est maintenue d'Avril à Juin.</b> Néanmoins des signes significatifs de fertilité des sporophytes d'<i>U. prolifera</i> témoignent d'une <b>reproduction sexuée pouvant survenir après la phase de croissance végétative</b> en début de saison. <b>Les gamétophytes quant à eux présentent 9 chromosomes.</b></p>
Zhao et al. (2019a)	Mer Jaune, Chine	<p>Le but de cette étude est d'étudier la <b>réponse (activité photosynthétique) d'<i>Ulva prolifera</i> aux changements environnementaux diurnes en surface.</b> Un système de culture simulant l'environnement de la surface de la mer (SSES) a été conçu pour reproduire une partie des conditions retrouvées par des ulves flottantes. Une expérience en laboratoire a également été menée en conditions standard (20 ° C, 72 <math>\mu\text{E}</math> et salinité à 30 PSU), et une recherche in situ a été menée. Les résultats montrent que <b>l'efficacité photosynthétique diminue progressivement dans la matinée et diminue rapidement après 14h00. Après exposition</b> à l'environnement à la surface de la mer <b>pendant 6 h, l'activité photosynthétique des thalles a considérablement diminué.</b> Ces résultats illustrent une <b>très grande plasticité de réponse du photosystème</b> et apportent des informations supplémentaires sur la <b>capacité des Ulves à s'adapter à de longues périodes de dérive en mer aussi bien qu'aux conditions lors des échouages.</b></p>

---



### 3. CONCLUSION – PERSPECTIVES

L'action d'expertise, d'information et de soutien aux collectivités dans la lutte contre les marées vertes s'est poursuivie sur un rythme soutenu en 2019 en particulier pour répondre aux SAGEs, aux acteurs du PLAV plus particulièrement dans le cadre de la mise en place du PLAV2 mais aussi des socio professionnels et du grand public (via les médias) et du milieu éducatif. Une part importante de cette action est 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. Le recueil des informations de flux saisonnier, sur tous les cours d'eau se jetant dans des baies touchées par des proliférations, permet de caractériser l'année 2019 en termes de flux. Le recueil des autres paramètres environnementaux est également indispensable pour poursuivre l'analyse de la réaction de la prolifération à ces paramètres qui avec les flux expliquent les situations annuelles. Les flux, ont été en 2019 globalement inférieurs aux niveaux moyens pluriannuels (- 35 % sur l'année hydrologique complète et - 18 % sur mai-août) mais avec des différences marquées selon les baies : nettement déficitaires à l'est des Côtes d'Armor et sur l'Ic, ils sont conformes au niveau moyen sur la baie de Saint Briec, notamment du fait de forts excédents en juin (orages), légèrement inférieurs (15 % à 25 %) sur le nord Finistère et plus nettement déficitaire sur la baie de Douarnenez (40 % à 60 %) et sur la baie de la Forêt (- 30 %). Ces diminutions de flux sont liées à la diminution régulière des concentrations depuis 20 ans mais également aux débits bas du fait de déficit pluviométriques. Pour ce qui est de précocité attendue en 2019, l'analyse des paramètres de reconduction (température de l'eau plutôt élevée, fort luminosité hivernale) explique le démarrage précoce sur la baie de Saint Briec (vaste baie très abritée de la houle et stock 2018 élevés) et retardé ailleurs (houle et stocks de fin de saison 2018 bas). L'action P1 a également permis d'analyser la reconduction attendue sur 2019-2020, par le suivi des paramètres environnementaux et une perception par survol et contrôle de terrain. Ces données ont permis au CEVA d'annoncer une prolifération 2020 qui était attendue tardive (pré Bilan et prévision au 30/01 puis 04/03/2020).

Afin d'aider les SAGEs concernés par la disposition 10A2 (prolifération sur vasières) le CEVA a procédé au rassemblement puis traitement des données existantes afin de contribuer à la détermination des exutoires qu'il conviendrait d'ajouter aux suivis antérieurs (débit et / ou qualité de l'eau) pour mieux comprendre les proliférations localement observées.

Cette action a aussi permis de répertorier les publications (de Rang A) nationales et internationales sur les phénomènes de proliférations algales liés à des conditions d'eutrophisations des eaux marines côtières. Cette veille permet à la fois d'identifier i) les dernières avancées sur la connaissance des proliférations et ii) les moyens mis en œuvre pour la reconquête de la qualité de l'eau.



## ANNEXES



## Annexe 1

(principales interventions de mars 2019 à mars 2020)

*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 ».*  
(15/03/2019 au 15/03/2020)

## **Appui aux collectivités sur les marées vertes et moyens de lutte**

- 21 03 2019 : à la demande du Syndicat Mixte de l'Horn : rédaction du bilan de la prolifération sur l'anse du Dossen et contexte régional 2018.
- 09 04 2019 : fiche indicateurs eau pour le suivi du PLAV (MIRE)
- 12 04 2019 : demande de la ville de Douarnenez des informations courantologie et autre à disposition au CEVA pour la réflexion sur les problèmes de contamination bactériologique des plages (Ris).
- 12 04 2019 : croisement de couches des positions des dépôts sur la FRGC05 pour répondre à la demande du SAGE de la baie de Saint Briec.
- 29 04 2019 : Comité Régional de Suivi PLAV à Rennes ; présentation situation algues vertes en début 2019 + bilan final 2018. Participation à la conférence de presse Préfecture Région.
- 07 05 2019 : pour AELB, info sur l'Etat des Lieux 2019 dans le cadre du Groupe DCE Littoral Loire Bretagne.
- 13 05 2019 : fourniture à l'ARS Bretagne de la synthèse des connaissances sur les échouages en pays de Saint Malo ; réalisation de la carte des dépôts les plus fréquemment observés sur ce territoire.
- 14 05 2019 : fourniture données de la situation AV sur le périmètre du Sage Ouest Cornouaille, pour établissement du schéma de vulnérabilité des zones conchylicoles.
- 04 06 2019 : Réunion d'urgence sur situation baie de Saint Briec et cas particulier d'Hillion : mairie d'Hillion. Présence des autres municipalités de la baie, agglo, services de l'Etat...
- 05 06 2019 : Intervention pour la SAGE Rance, sur les développements d'algues vertes et rôles potentiel du sédiment (interface Creseb / projet Impro) : commission Littoral et bassin maritime de la CLE du SAGE Rance Frémur baie de Beussais à Saint Samson sur Rance.
- 14 06 2019 : pour MIRE : point sur la situation AV « de crise » en baie de Saint Briec et évolution attendues dans les prochains jours/semaines.
- 20 06 2019 : tournée de terrain sur Port Légué, vasières, Cabanon,... Avec SBAA et CCI : point sur situation en baie de Saint Briec et notamment zones de putréfaction et émission H<sub>2</sub>S relevés de terrain.
- 25 06 2019 : comité de suivi PLAV : situation échouages algues vertes
- 28 06 2019 : pour assemblée plénière de l'APPCB : rencontre à Auray, problématique des algues vertes sur vasières et 10A2, modélisation Golfe 56...
- 15 07 2019 : rencontre Cour des comptes et CRC au CEVA : cadre de la préparation de l'évaluation de la politique environnementale Algues vertes.
- 09 09 2019 : MIRE : travail sur les indicateurs PLAV et représentations.
- 23 09 2019 : réponse DDTM29 sur situation Aven et Belon : évolution sur ces secteurs depuis 2011 et « abandon » des suivis surfaciques systématiques.
- 07 10 2019 : MIRE : lien entre les surfaces d'échouages mesurées et indicateurs de ramassage.
- 22 10 2019 : commission AV Quillimadec : données de suivis du phénomène sur la baie de Guissény.
- 23 10 2019 : note pour le SAGE de la baie de Saint Briec au sujet des flux 2019 et intégration données suivi ponctuel (valeur sur crue).
- 25 10 2019 : CLE baie de Saint Briec à Lamballe : situation AV en baie et en Bretagne.
- 06 11 2019 : production données pour Cour des Comptes : cartographie des surfaces interannuelles
- 14 11 2019 : pour CD29 : production cartes du phénomène à l'échelle du département pour mise à jour de l'Atlas départemental de l'environnement.
- 22 11 2019 : données de diagnostic pour la DDTM 29 et préfecture sur la situation AV dans le périmètre du PNMI
- 28 11 2019 : pour Sage Blavet/Scorff : lien entre les sites de prolifération localement observée et les territoires de Sage (affectation « sage-site »).
- 28 11 2019 : Travail avec Sage Douarnenez sur les débits/flux issus des cours d'eau du fond de baie. Mise en évidence d'un problème de détarage des échelles limni.

- 10 12 2019 : CLE de la baie de Douarnenez à Plonevez Porzay : situation Région 2019 et cas de la baie de Douarnenez, indicateurs EQR, études autres algues opportunistes.
- 12 12 2019 : Matignon : réunion du groupe d'appui scientifique + PLAV Fresnaye
- 18 12 2019 : LTA à Lannion : données issues des suivis Ceva sur Saint Michel en Grève, Locquirec et Trestel : surfaces d'échouage et quotas azoté + flux d'azote et implications sur niveaux objectif.
- 20 12 2019 : Sage du Pays Fouesnantais : commission AV, évolution 2019 sur la baie des suivis du CEVA.
- 23 01 2020 : Sage Bas Léon / BV Quilimadec : point sur le calcul de l'EQR algues opportuniste à l'échelle de la FRGC12 et son évolution depuis 2002. Déclinaison à l'échelle des territoires Plav.
- 07 02 2020 : Kerlaz : réunion du groupe d'appui scientifique Algues vertes autour de la baie de Douarnenez.
- 13 02 2020 : contribution écrite pour la Cour des Comptes (évaluation de la politique publique algues vertes) : données de suivi, signification, évolutions...
- 14 02 2020 : CLE baie de Saint Briec : bilan évaluation SCE PLAV et évolution AV 2019 par le Ceva.
- 17 02 2020 : Cour des Comptes à la Chambre régionale des Comptes de Rennes : modélisations du phénomène AV et résultats disponibles améliorations envisageables...
- 26 02 2020 : demande du Sage Rance Frémur Baie de Beausais d'un point actualisé de la situation sur la Rance : actualisation de la carte des dépôts les plus fréquents sur le territoire du Sage.
- 10 03 2020 : élus et services de LTC : situation algues vertes mesurées par le Ceva et ramassage sur les baies de Saint Michel en Grève, Locquirec et Trestel.
- 12 03 2020 : Ploufragan AELB : réunion du comité technique du volet APC. Situation AV 2019, actions du Ceva dans le cadre du Cimav et Carma.

### **Autres réunions et rencontres techniques**

- 12 04 2019 : Demande d'Olmix de disposer d'informations sur les proliférations et prévisions d'échouages, de photos des sites réalisées dans le cadre des suivis RCS/RCO.
- 30 04 2019 : pour bureau d'étude ICEMA, fourniture données de diagnostic algues vertes de la « Petite mer de Gavres » pour renouvellement de l'autorisation de la station d'épuration de Plouhinec (56).
- 02 05 2019 : réponse mairie de Douarnenez sur connaissances Ceva de la courantologie baie (lien AV° et risque bactériologique avéré sur la plage du Ris.
- 03 05 2019 : réunion tel avec Axel Robin, pour le projet « Plages vivantes » et l'Enquête gestion laisse de mer dans le cadre de son Master 2 : "Environnement : Dynamiques des territoires et des sociétés" Spécialité : Anthropologie de l'environnement. Cas breton et zoom sur la situation de Concarneau Trégunc
- 22 05 2019 : à la demande riveraine « touriste » de la pointe de Gavres, fourniture d'information sur le phénomène relativement limité sur ce linéaire côtier et explication sur les raisons de ces développements d'algues et risque de dégradation du littoral.
- 12 06 2019 : Olmix / Saga Tech au CEVA : phénomène AV et évolution, impact sur le ramassage possibilité de prévisions des apports en saison suivant les secteurs....
- 21 08 2019 : entretien avec ARS 56 / problématique de putréfaction d'algues notamment sur « Pont de Sac'h » (Ria Etel)
- 03 09 2019 : ARS avis sur problématique putréfaction presqu'île de Rhuys et révision sdage.
- 10 10 2019 : réponse Ifremer Brest sur la situation algues vertes dans le bassin d'Argenton et actions envisageables pour limiter ces croissances.
- 13 11 2019 : Saint Briec, CTE, travail avec acteurs locaux + MIRE et CRB sur cahier des charges pour lancement d'un AMI sur le ramassage « innovant ».
- 15 11 2019 : Sarzeau : réunion avec les communes, ARS, DDTM, DREAL sur problématique du ramassage des algues de type Soliéria sur la presqu'île et en particulier la crise vécue en 2019 et risques sanitaires associés.
- 26 11 2019 : Projet H2X : réunion de travail sur l'hydrolyse de l'eau pour production de H2 et intérêt contre les AV ou autre d'utiliser l'O2 produit pour ré oxygéner le milieu.
- 27 11 2019 : pour commune de Saint Briec, visite de terrain sur la « plage du Valais »/ « sous les cabanons » pour évaluer la possibilité de réouverture de la plage ou maintien fermeture pour cause H2S
- 16 12 2019 : réunion comité d'évaluation de la Cour des Comptes : Paris + visio Rennes.

- 09 01 2020 : Saint Agathon, APPCB, CRB et ATBVB : colloque « Eau et Changement climatique ».
- 17 01 2020 : Météo France région Bretagne : point des connaissances sur les changements climatiques à l'échelle régionale et répercussions envisageables sur les proliférations algales.
- 27 01 2020 : ARS, Air Breizh et SBAA, étude qualité de l'air sur le secteur « port du Légué » : restitution des mesures 2019 et mise en parallèle avec les paramètres de présence d'algues vertes.
- 17 02 2020 : Direccte Bretagne : révision du Guide Algues verte de prévention des travailleurs.
- 06 03 2020 : à la demande du Service de l'eau du CRB et Mire, échanges avec merl consulting (Brian Mitchell) au sujet des outils de ramassage des algues vertes, notamment solution déployée par les Turques par barges.

## **Information sur les Marées vertes et le les moyens de lutte**

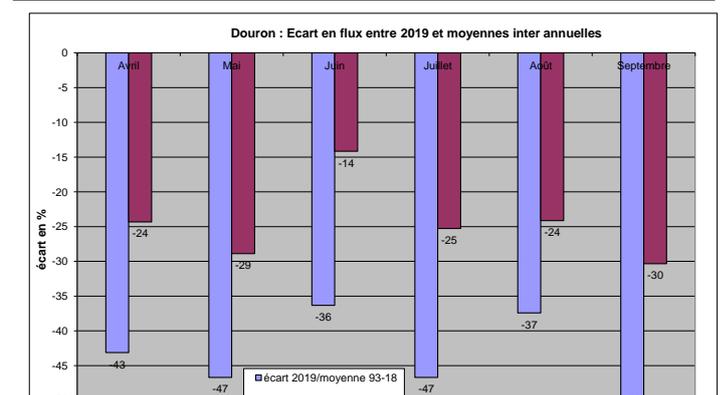
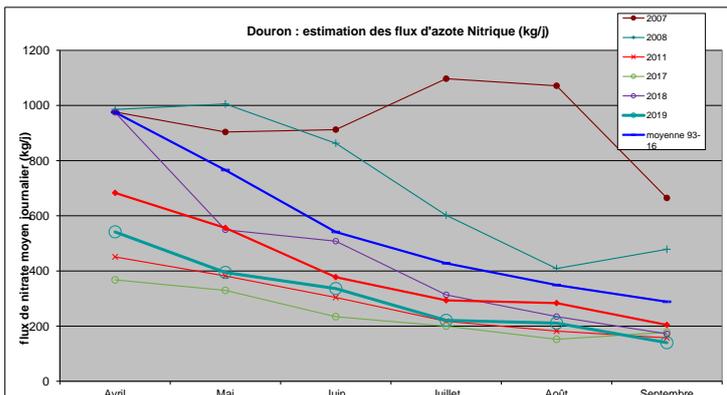
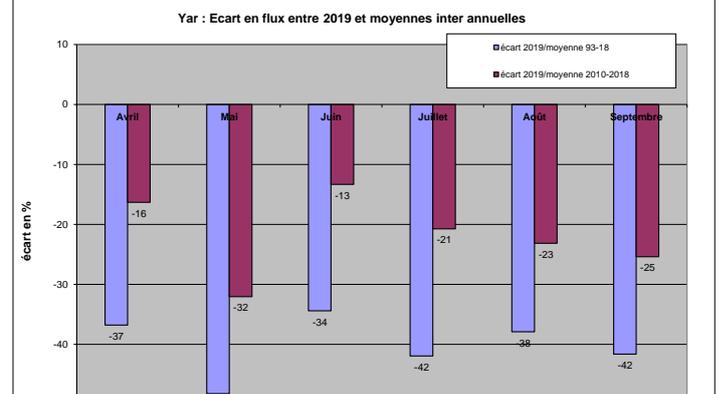
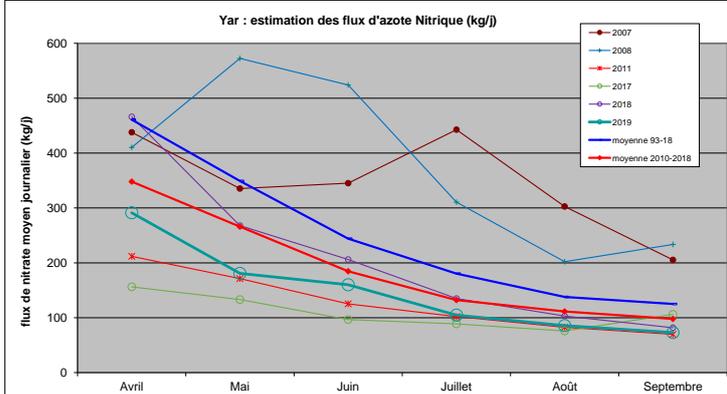
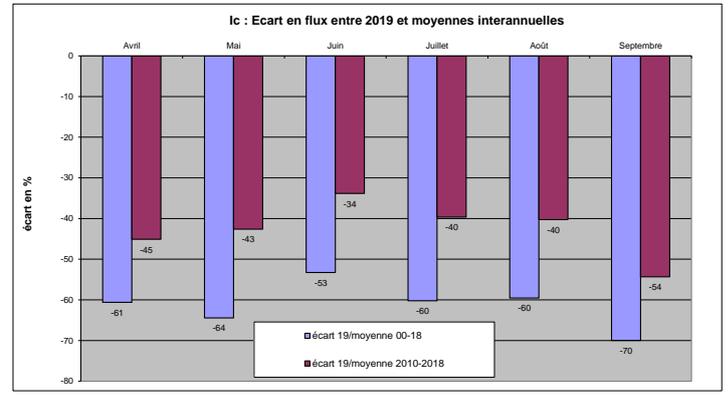
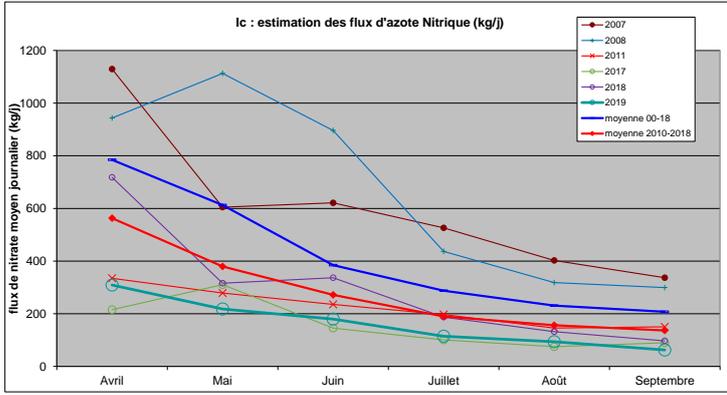
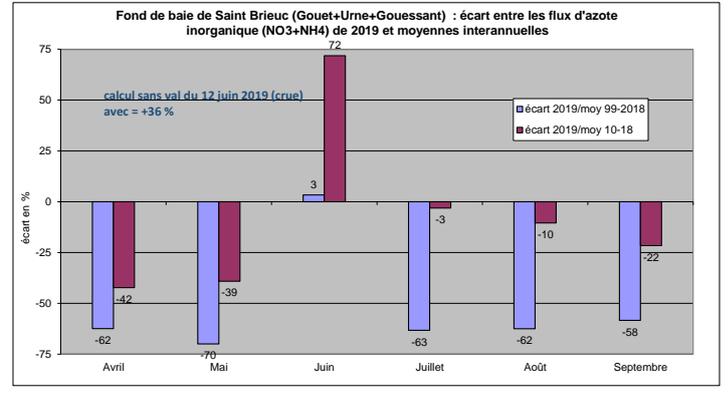
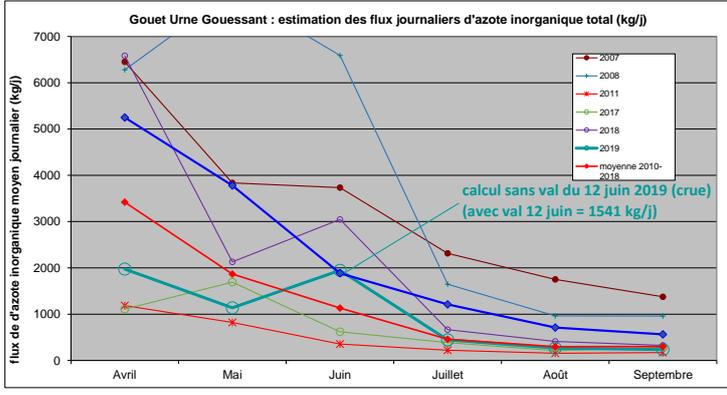
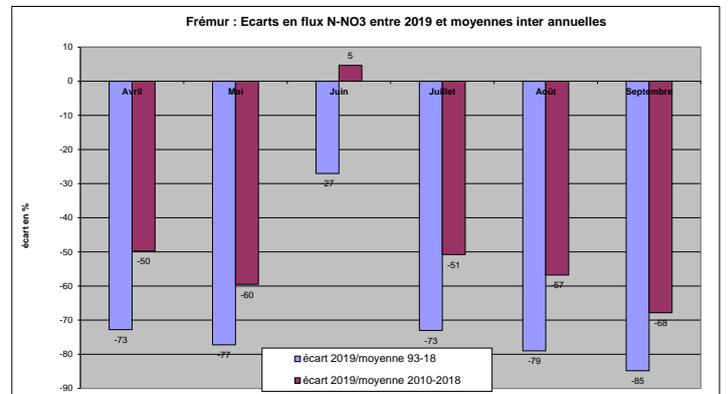
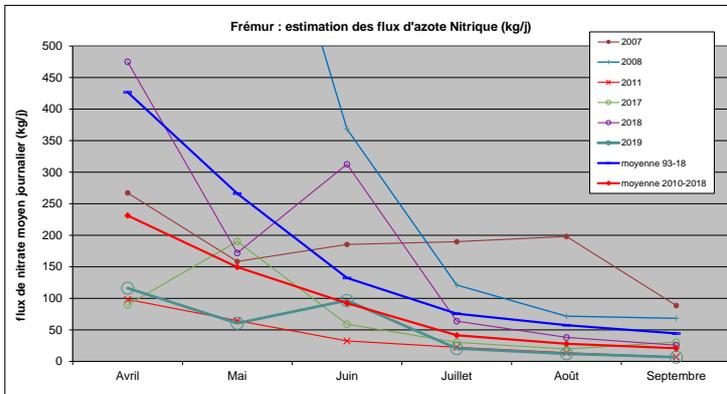
- 09 04 2019 : Analyse des flux pour la DREAL dans le cadre du « tableau de bord interactif »
- 12 04 2019 : interview « La Quotidienne » (France 5)
- 16 04 2019 : travail avec Bretagne Environnement sur le « Tableau de Bord Interactif » (TBI) pour y inclure toutes les info surfaciques des suivis « marées vertes » du Ceva
- 30 04 2019 : interview TBO : situation AV et évolutions prévues ; moyens de lutte.
- 30 04 2019 : interview Hit West
- 07 05 2019 : échange avec MIRE sur possibilité, intérêt, objectif, problèmes posés par l'initiative Ouest France de montage d'une carte « interactive » des détections d'algues vertes par les riverains.
- 08 05 2019 : interview Ouest France sur les échouages d'algues verte,s, suivis réalisés, moyens de lutte, etc... notamment suite à courrier d'explication sur ces éléments plus solides que des repérages de « points d'échouages » par les riverains.
- 24 05 2019 : programme de recherche IMTERPED – Fondation de France : projet universitaire sur les impacts territoriaux des loisirs pédestres, notamment sur les Côtes d'Armor. Ce projet de recherche-action, financé par la Fondation de France, est porté par une équipe pluridisciplinaire de chercheurs et vise à mieux connaître et appréhender les impacts environnementaux, notamment sur la question des algues vertes et les conflits qu'il peut y avoir autour.
- 24 06 2019 : interview « Le Parisien » : situation AV et suivis, moyens de lutte....
- 26 06 2019 : interview AFP : situation AV en baie de Saint Brieuc et en Bretagne.
- 02 07 2019 : interview « Le Télégramme » : MV au niveau régional, cause, évolution, cas de la baie de Saint Brieuc
- 02 07 2019 : interview « Le Trégor » : situation AV Région et littoral du Trégor.
- 03 07 2019 : interview « France 2 » intégrant survol (par eux) du littoral costarmoricaïn : AV ? moyens de suivis, causes et évolution....
- 08 07 2019 : interview « les Echos » : situation AV ? suivis, facteur contrôle...
- 09 07 2019 : interview « France Info » ; interview « Europe 1 »
- 10 07 2019 : interview « Sciences et avenir »
- 11 07 2019 : interview « France Culture » : av, évolutions, suivis, dangerosité (lien décès ostréiculteur ?)
- 11 07 2019 : interview « Le Monde » : AV, évolution dangerosité... situation BsB, facteurs limitants N/P...
- 12 07 2019 : interview « Journal du Dimanche » : situation algues vertes en baie de Saint Brieuc, ramassage, gestion des algues et saturation plateforme Launay Lantic.
- 17 07 2019 : interview « Le Télégramme » : av, suivis, moyens de lutte.
- 19 07 2019 : interview téléphonique, « LCI » « L'Obs » : suivis av (suite vol) et évolution phénomène
- 22 07 2019 : interview « France 2 » pour JT depuis plage Saint Michel : phénomène, suivis, moyens de lutte.
- 12 08 2019 : interview « La Croix » : av et utilisation des algues dans les filières de valorisation.
- 20 08 2019 : interview « Arte » dans le cadre de la série « Regards » : av, suivis, origine, moyens de lutte.
- 03 09 2019 : interview « New York Times » : AV en Bretagne et monde, évolutions et facteurs de contrôle.
- 04 09 2019 : participation au survol spécifique « Arte » et interview sur les proliférations et facteurs de contrôle.
- 05 09 2019 : interview « The Guardian »
- 02 10 2019 : interview « France 3 » : suivis et évolutions observées.
- 14 10 2019 : IUEM : rencontre avec équipe Pr Jean Laroche du LEMAR : algues vertes et lien indicateurs eutrophisation

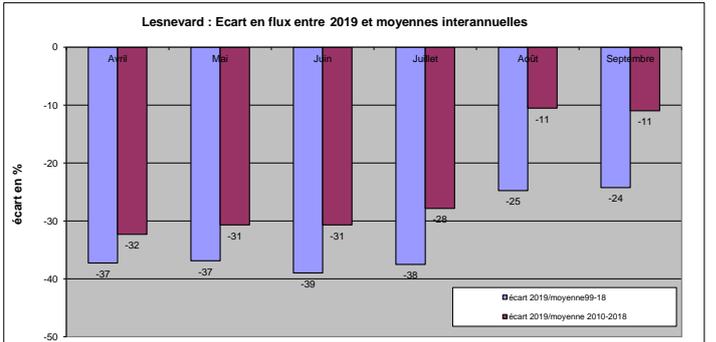
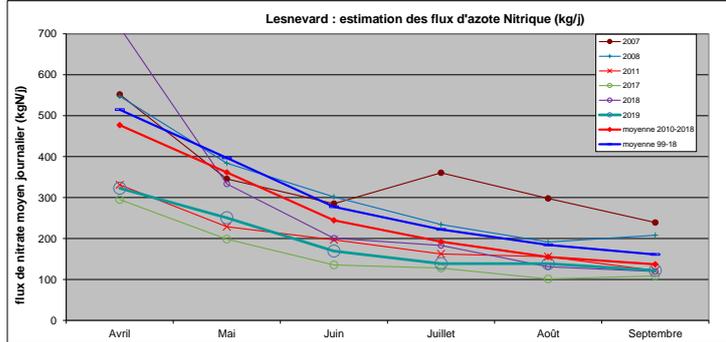
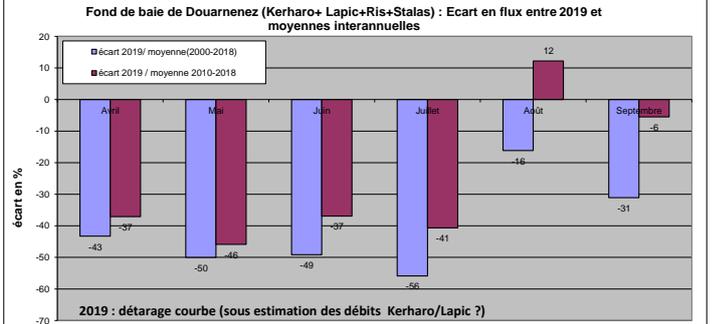
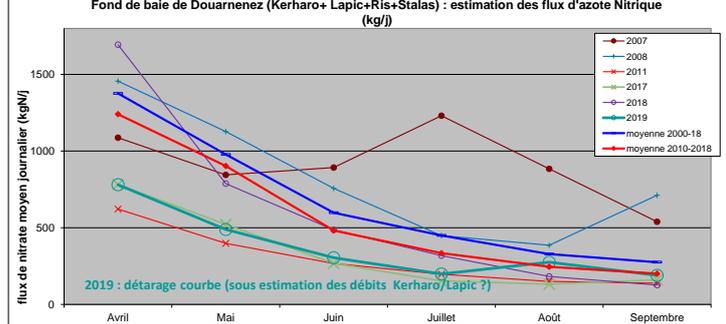
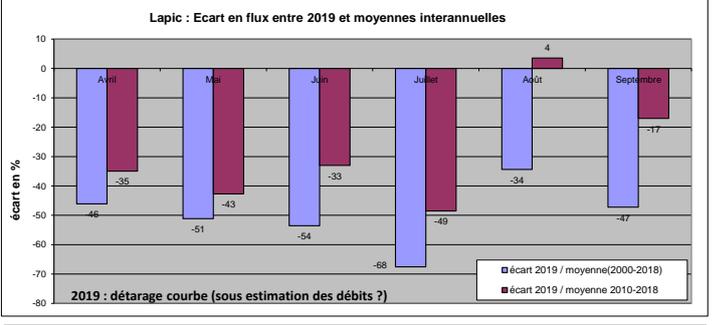
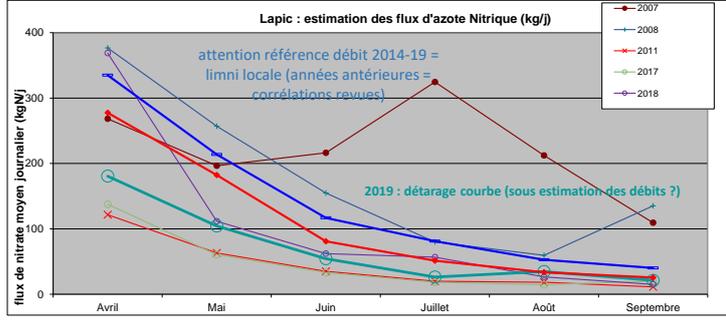
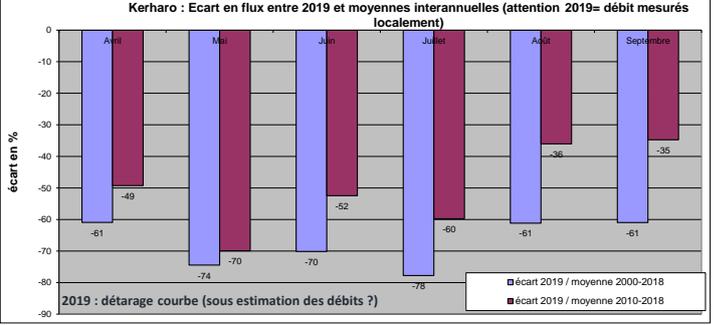
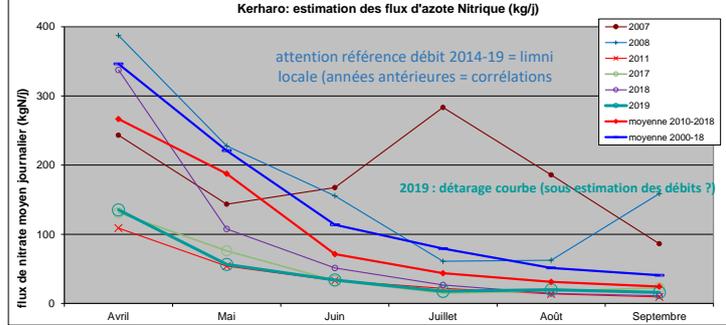
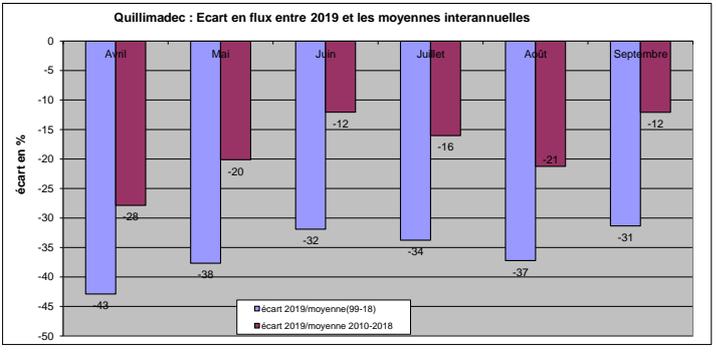
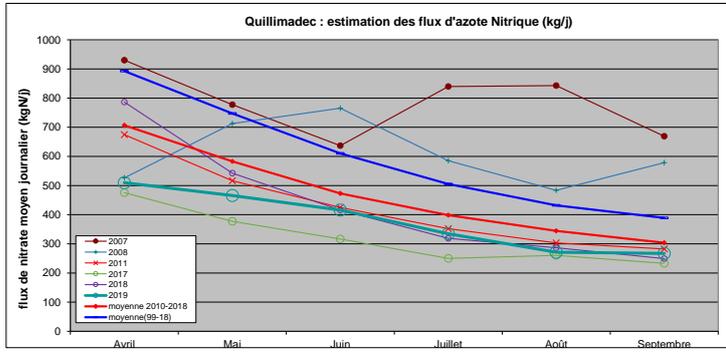
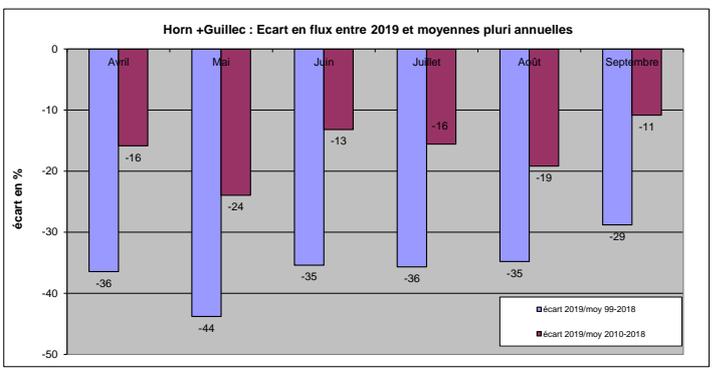
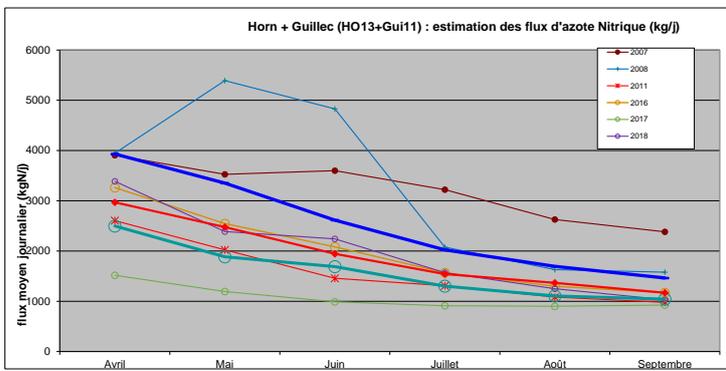
- 21 10 2019 : association « Source à la Mer » : point de situation sur les proliférations 2019 en baie de Saint Brieuc et sur l'anse de Binic.
- 21 10 2019 : TIPE (travaux d'initiatives personnels encadrés) « BCPST du lycée Hoche à Versailles sur la prolifération des algues vertes en Bretagne dans la baie de Saint-Brieuc », rencontre au CEVA.
- 23 10 2019 : interview magazine « Mieux pour moi » : av, évolution, BD Inès Leraud.
- 05 11 2019 : TIPE Lycée Chaptal
- 07 11 2019 : TIPE classe préparatoire scientifique au lycée Le Chesnoy (Loiret) : étude sur l'eutrophisation dans les zones littorales, au travers de diverses expériences (différents facteurs permettant la prolifération des algues vertes sur les littoraux comme par exemple l'impact d'une élévation de la température ou d'un apport de nutriments tels que les nitrates et les phosphates).
- 18 11 2019 : association Sauvegarde du Trégor au CEVA : moyens mise en œuvre par le Ceva pour le suivi des proliférations et résultats issus de ces suivis.
- 20 11 2019 : TIPE Lycée Naval de Brest / algues vertes et dynamique libération H2S
- 29 11 2019 : TIPE Lycée du Parc de Lyon : marées verte et flux NO<sub>3</sub> sur la baie de Saint Michel en Grève.
- 05 12 2019 : TIPE Soulabail Théo : controverse algues vertes en baie de Saint Brieuc.
- 19 12 2019 : Observatoire de l'eau en Rade de Lorient : Lorient Agglomération. Données algues vertes du Ceva et résultats intégrables dans l'observatoire.
- 07 01 2020 : UGPVB : problématique AV, lien flux N et niveau prolifération, indices d'eutrophisation N et P et conséquence en termes de facteur de contrôle, évolution des nitrates ces dernières années et prolifération 2019.
- 14 01 2020 : association « Eau et Rivières de Bretagne » : réunion d'information et d'échanges sur les proliférations d'algues vertes en Bretagne, et cas particulier de la baie de Saint Brieuc et de l'anse de Binic. Facteurs de contrôle, actions efficaces, niveau d'objectif.
- 15 01 2020 : « Ouest France » : synthèse sur l'évolution régionale et par baie des proliférations en 2019, en particulier cas de la baie de Saint Brieuc et lien avec les paramètres de qualité de l'eau et autres paramètres climatiques.
- 29 01 2020 : Interview « Euradio » : prolifération des algues vertes : suivis réalisés, évolution du phénomène, moyens de lutte.
- 04 02 2020 : interview « Paysan breton » : algues vertes, suivis, évolutions mesurées, facteur de contrôle et moyen de lutte
- 06 02 2020 : Kerval centre de Lantic : réunion sur la situation algues vertes en baie, traitement et communication autour des algues (création de la maison de la terre)
- 19 02 2020 : échanges avec l'assistante parlementaire de Laurence Maillart-Méhaignerie, Députée d'Ille-et-Vilaine, Vice-présidente de la Commission Développement durable et de l'Aménagement du territoire. Demande de participation à une réunion « petit déjeuner » le 4 mars à l'assemblée nationale au sujet de l'eutrophisation du littoral. Fourniture d'éléments préalables à cette réunion et de contacts avec des opérationnels de terrain.
- 03 03 2020 : Agrocampus Ouest : conférence pour les étudiant du Master « milieux aquatiques » : prolifération MV en Bretagne, outils de suivi, évolutions mesurées, lien azote, autres paramètres, actions agricoles efficaces, impacts...
- 04 03 2020 : TIPE Lycée Clémenceau de Nantes « solutions de revalorisation des algues vertes, alternatives à leur utilisation dans l'agriculture, peu rentable »
- 12 03 2020 : TIPE Lycée Hoche de Versailles : phénomène AV en baie de Saint Brieuc et lien avec les nutriments.
- 13 03 2020 : Observatoire de l'Environnement de Bretagne : synthèse des données surfaciques sur tous les sites bretons pour intégration dans le « dataviz » algues vertes.



## Annexe 2

(flux 2019 sur les principaux cours d'eau)





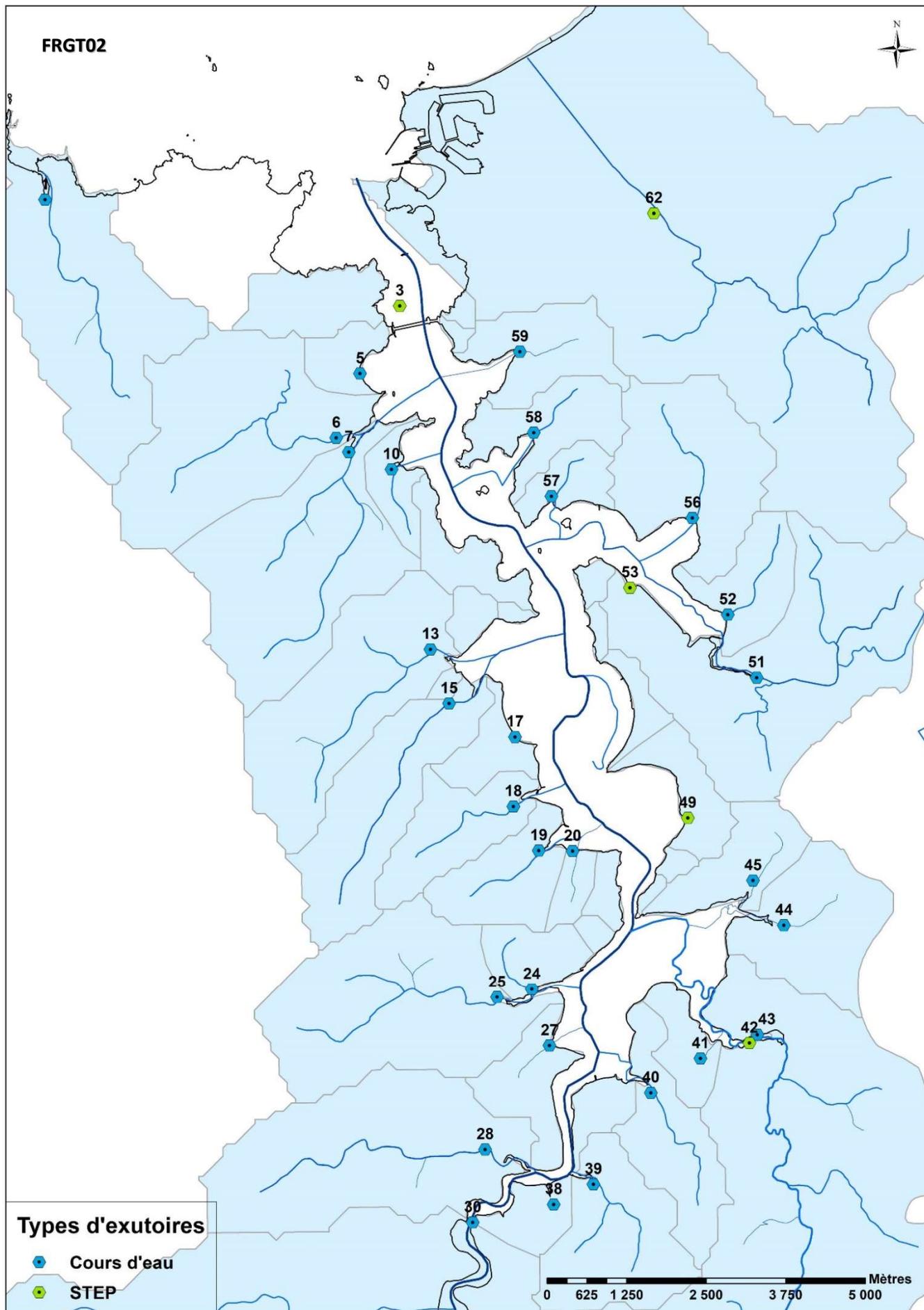


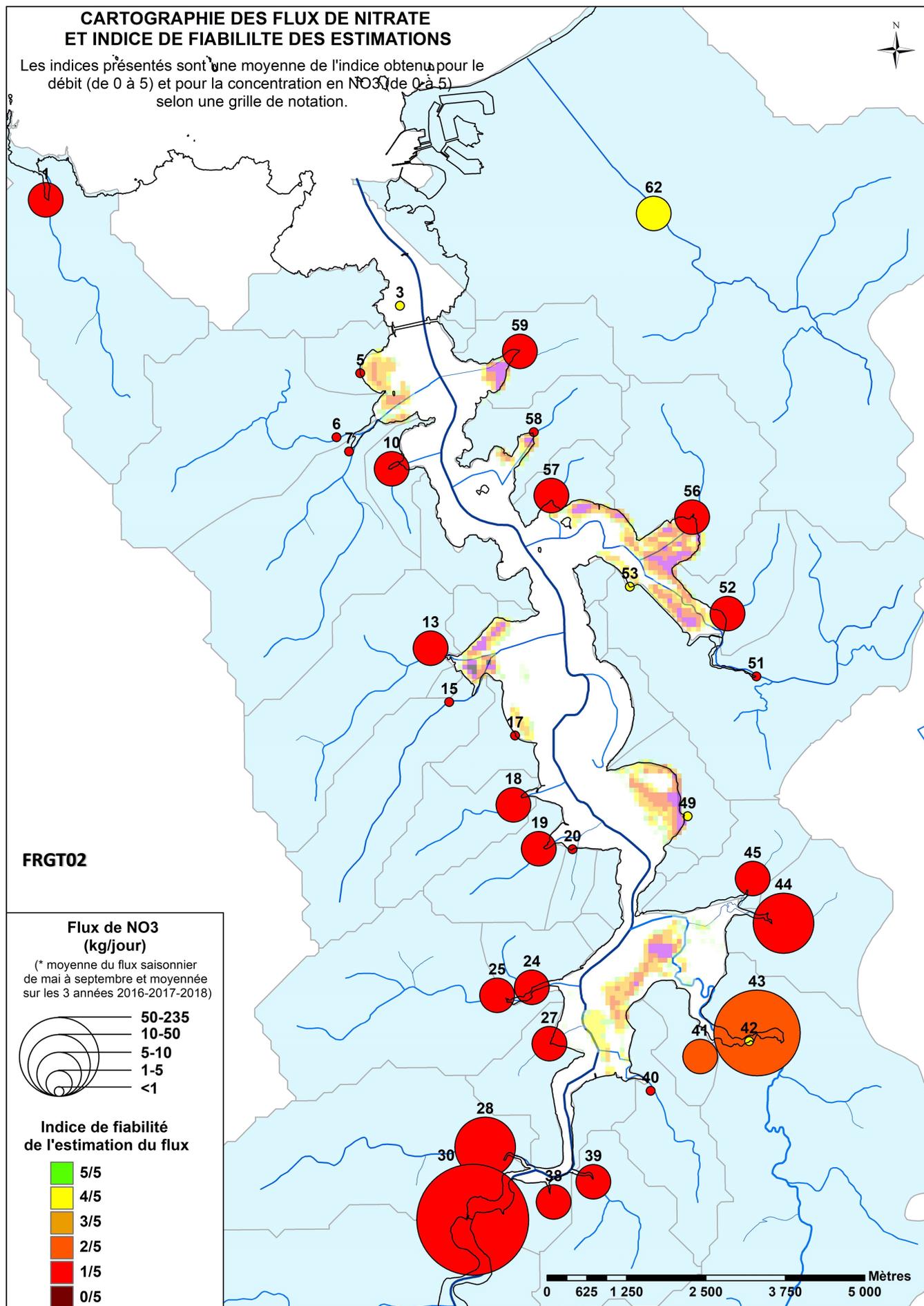
## Annexe 3

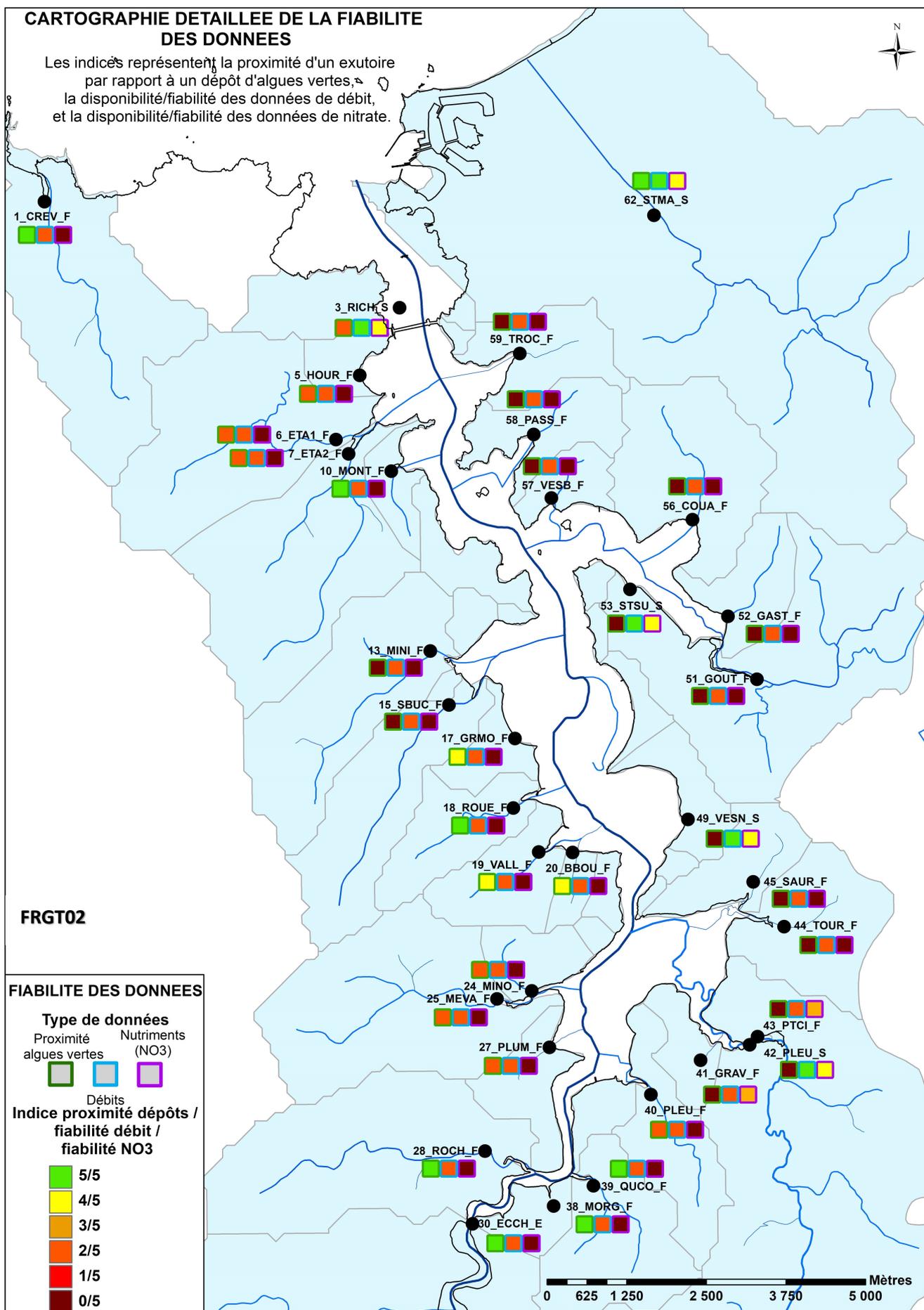
(données issues du volet spécifique « 10A2 »)



EXUTOIRE	NOM	X	Y	SURFACE BV	DEBIT REFERENCE	DEBIT REFERENCE NOM	NUTRIMENT REFERENCE	FLUX MOYEN SAISONNIER	SCORE QUALIFICATION DONNEES
1_CREV_F	Le Crevelin	324169	6849120	8,47	J1004520	Frémur	04308000	1,1	1,5
5_HOUR_F	Le Richardais	329090	6846332	1,05	J1004520	Frémur	04308000	0,4	1,5
6_ETA1_F	L'Etanchet 1	328709	6845321	8,47	J1004520	Frémur	04308000	0,4	1,5
7_ETA2_F	L'Etanchet 2	328905	6845094	8,43	J1004520	Frémur	04308000	0,6	1,5
10_MONT_F	Montmarin	329574	6844814	1,12	J1004520	Frémur	04308000	1,6	1,5
13_MINI_F	Le Minihic	330162	6841966	6,87	J1004520	Frémur	04308000	3,4	1,5
15_SBUC_F	Saint-Buc	330447	6841110	5,32	J1004520	Frémur	04308000	0,9	1,5
17_GRMO_F	Grève de Morlet	331479	6840572	1,19	J1004520	Frémur	04308000	0,7	1,5
18_ROUE_F	Roué	331445	6839473	2,83	J1004520	Frémur	04308000	2,9	1,5
19_VALL_F	La Vallée - Souhaitier	331837	6838773	2,55	J1004520	Frémur	04308000	2,1	1,5
20_BBOU_F	Le Bas Bout	332368	6838760	0,64	J1004520	Frémur	04308000	0,3	1,5
24_MINO_F	La Minotais	331709	6836579	1,47	J1004520	Frémur	04308000	1,6	1,5
25_MEVA_F	Le Mevault	331163	6836455	8,72	J1004520	Frémur	04308000	2,1	1,5
27_PLUM_F	Le Plumazon	331980	6835681	1,97	J1004520	Frémur	04308000	1,9	1,5
28_ROCH_F	Rochefort	330955	6834050	9,28	J1004520	Frémur	04308000	7,2	1,5
30_ECCH_E	Ecluse du Châtelier	330750	6832901	933,38	J0611610+J0626610	Rance + Le Neal	04165200	234,9	3,5
38_MORG_F	Morgreffe	332026	6833174	1,15	J1004520	Frémur	04308000	1,2	1,5
39_QUCO_F	Quincoubre	332652	6833487	4,50	J1004520	Frémur	04308000	1,4	1,5
40_PLEU_F	Pleudihen	333564	6834923	3,32	J1004520	Frémur	04308000	0,8	1,5
41_GRAV_F	Gravelle	334349	6835459	1,28	J1004520	Frémur	04308000	1,0	2,5
43_PTCI_F	Pont des Cieux	335246	6835826	40,33	J1004520	Frémur	04308000	34,8	1,5
44_TOUR_F	La Tourniole	335677	6837561	4,14	J1004520	Frémur	04308000	5,1	1,5
45_SAUR_F	Saurais	335197	6838272	2,32	J1004520	Frémur	04308000	3,0	1,5
51_GOUT_F	La Goutte	335280	6841478	11,33	J1004520	Frémur	04308000	0,3	0,5
52_GAST_F	Les Gastines	334834	6842477	2,19	J1004520	Frémur	04308000	3,1	1,5
56_COUA_F	La Couaille	334291	6844009	5,52	J1004520	Frémur	04308000	2,7	1,5
57_VESB_F	Val-Es-Bouillis	332081	6844369	1,19	J1004520	Frémur	04308000	1,3	1,5
58_PASS_F	La Passagere	331813	6845378	2,50	J1004520	Frémur	04308000	0,7	1,5
59_TROC_F	Anse des Troctin	331603	6846658	2,64	J1004520	Frémur	04308000	2,0	1,5
3_RICH_S	STEP de Richardais	329723	6847398	-	STEP de Richardais	STEP de Richardais	STEP de Richardais	0,2	4,5
42_PLEU_S	STEP de Pleudihen	335121	6835696	-	STEP de Pleudihen	STEP de Pleudihen	STEP de Pleudihen	0,4	4,5
49_VESN_S	STEP de la Ville-Es-Nonais	334182	6839268	-	STEP de la Ville-Es-Nonais	STEP de la Ville-Es-Nonais	STEP de la Ville-Es-Nonais	0,0	4,5
53_STSU_S	STEP de Saint-Suliac	333303	6842916	-	STEP de Saint-Suliac	STEP de Saint-Suliac	STEP de Saint-Suliac	0,3	4,5
62_STMA_S	STEP de Saint-Malo	333728	6848828	-	STEP de Saint-Malo	STEP de Saint-Malo	STEP de Saint-Malo	8,0	4,5

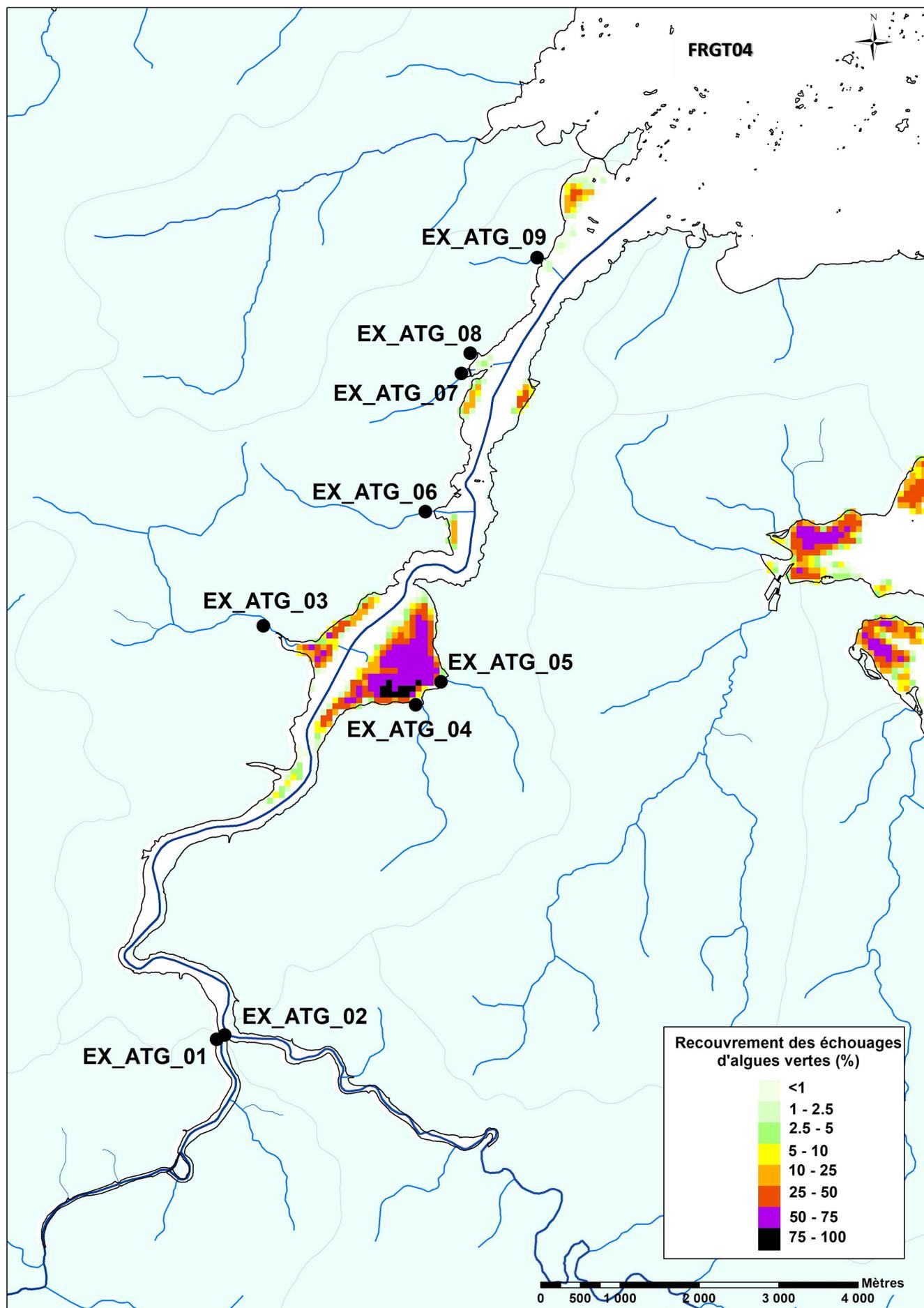


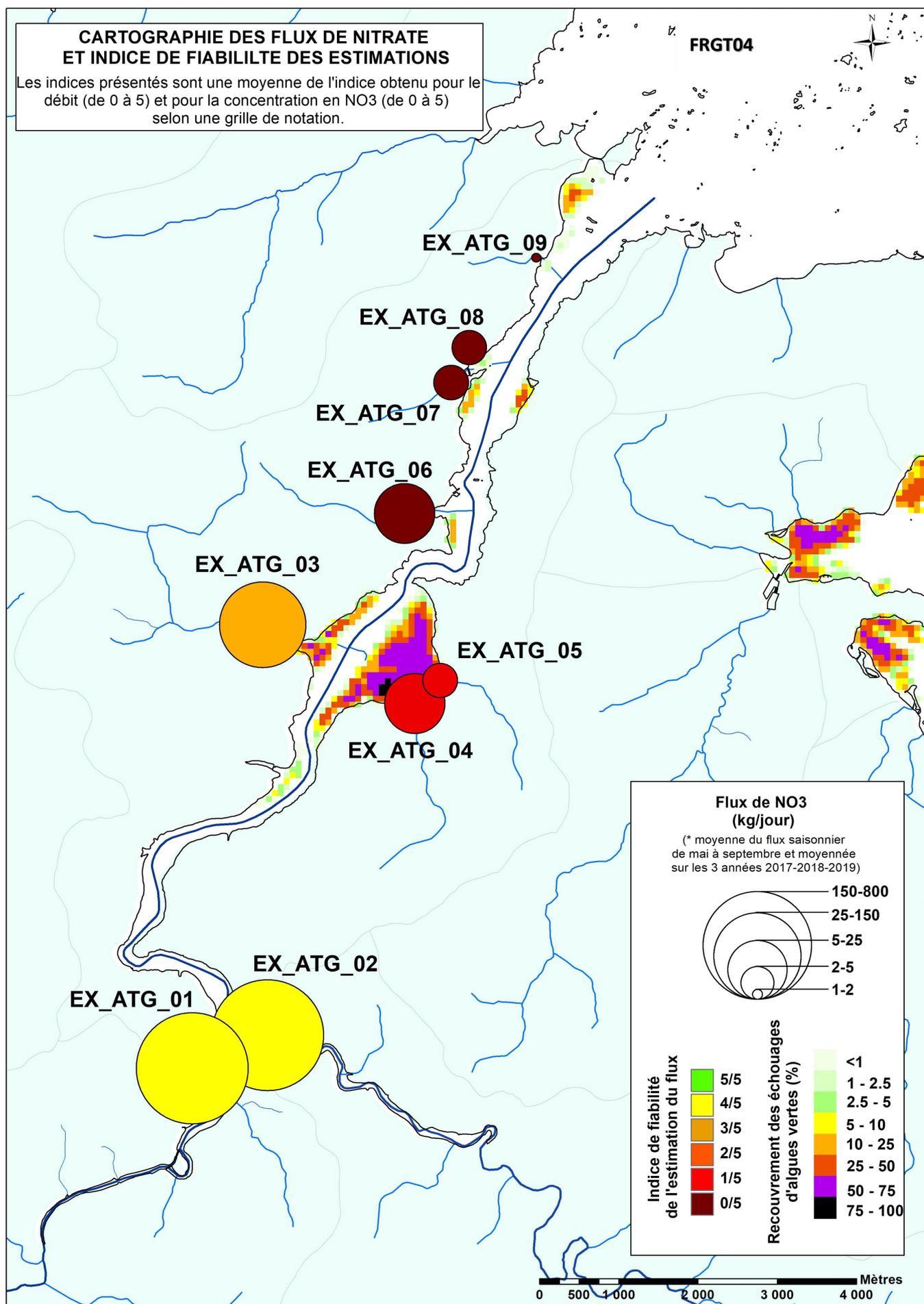


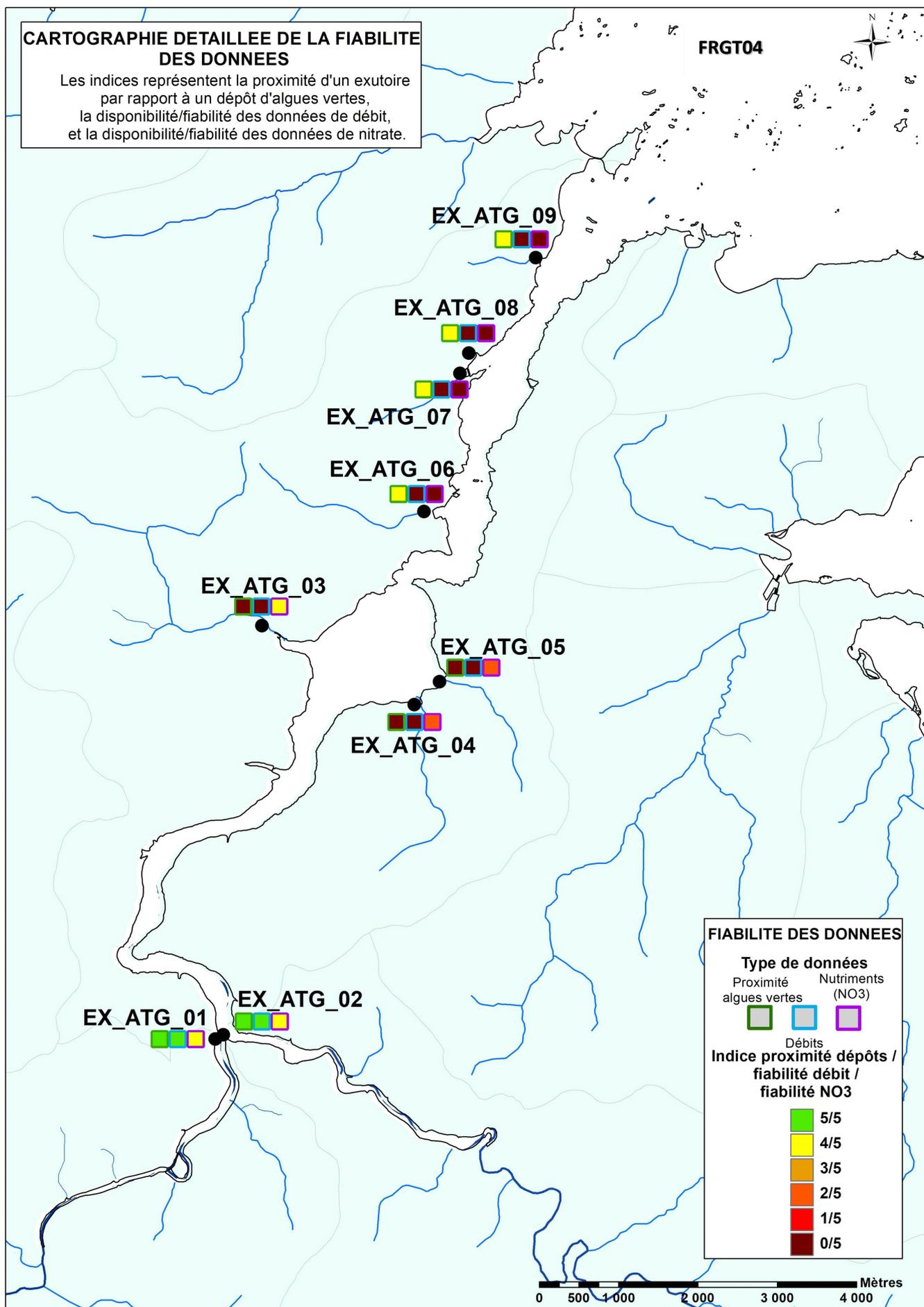




EXUTOIRE	NOM	X	Y	SURFACE BV	DEBIT REFERENCE	DEBIT REFERENCE NOM	NUTRIMENT REFERENCE	FLUX MOYEN SAISONNIER	SCORE QUALIFICATION DONNEES
EX_ATG_01	Trieux	197766	2428212	446	J1720170	Trieux	04172060 + STEP Pontrieux + STEP Plouec du Trieux	794,4	4,5
EX_ATG_02	Leff	197865	2428265	353	J1810300	Leff	04171450 + STEP Quemper Guezennec (Kerrouzic)	512,6	4,5
EX_ATG_03	Camarel	198354	2433460	12	J1810300	Leff	04319000 + STEP Camarel	24,0	2
EX_ATG_04	Traou Du	200273	2432458	5	J1810300	Leff	04171450	5,4	1
EX_ATG_05	Kerbiguet	200590	2432749	3	J1810300	Leff	04171450	3,2	1
EX_ATG_06	Lézardrieux	200395	2434909	4	J1810300	Leff	04171450 + STEP Lézardrieux	5,2	0
EX_ATG_07	Kermenguy	200848	2436662	2	J1810300	Leff	04171450	2,2	0
EX_ATG_08	Coalan	200961	2436920	2	J1810300	Leff	04171450	2,2	0
EX_ATG_09	Roc'h an Hour	201804	2438133	1	J1810300	Leff	04171450	1,1	0

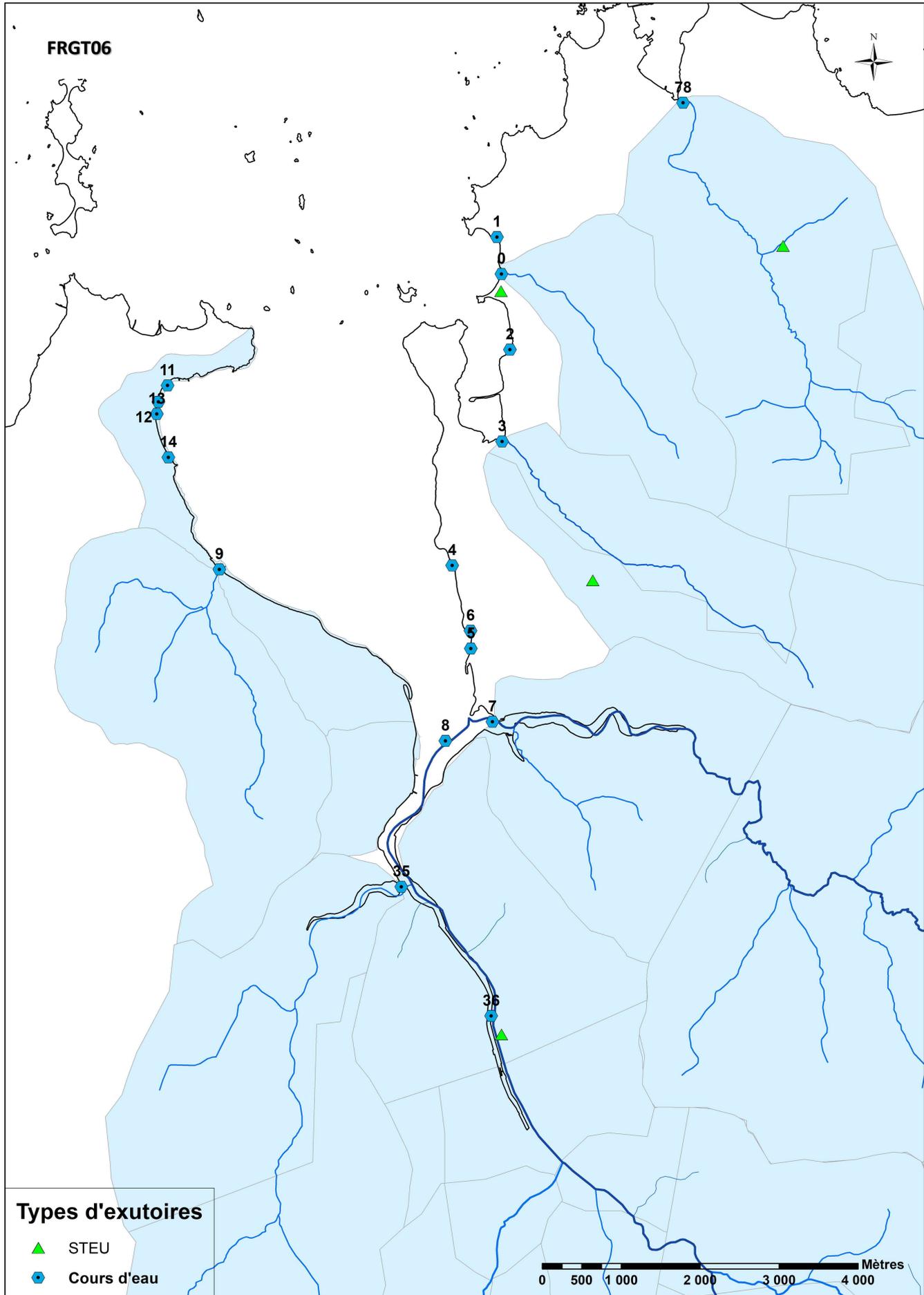


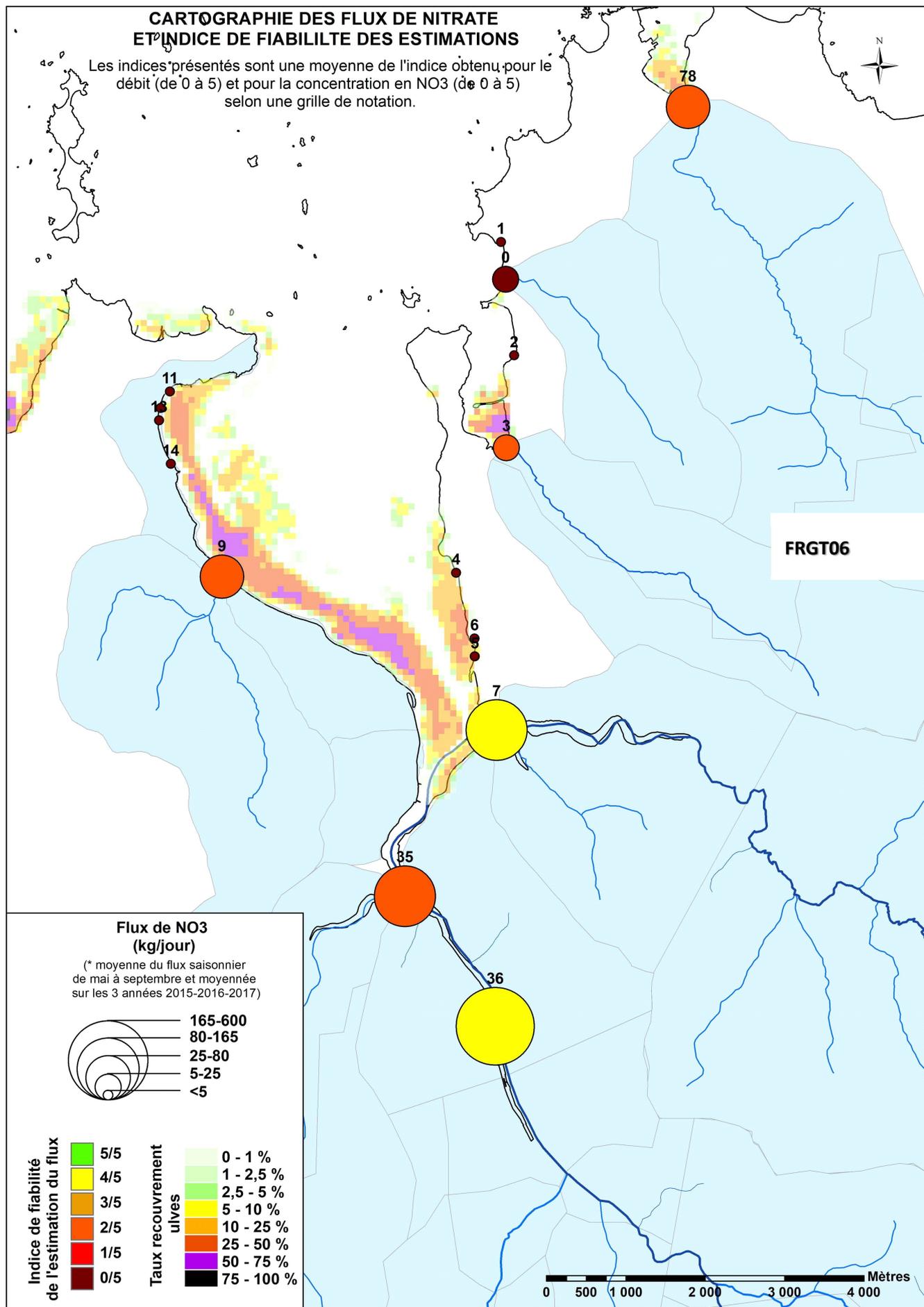


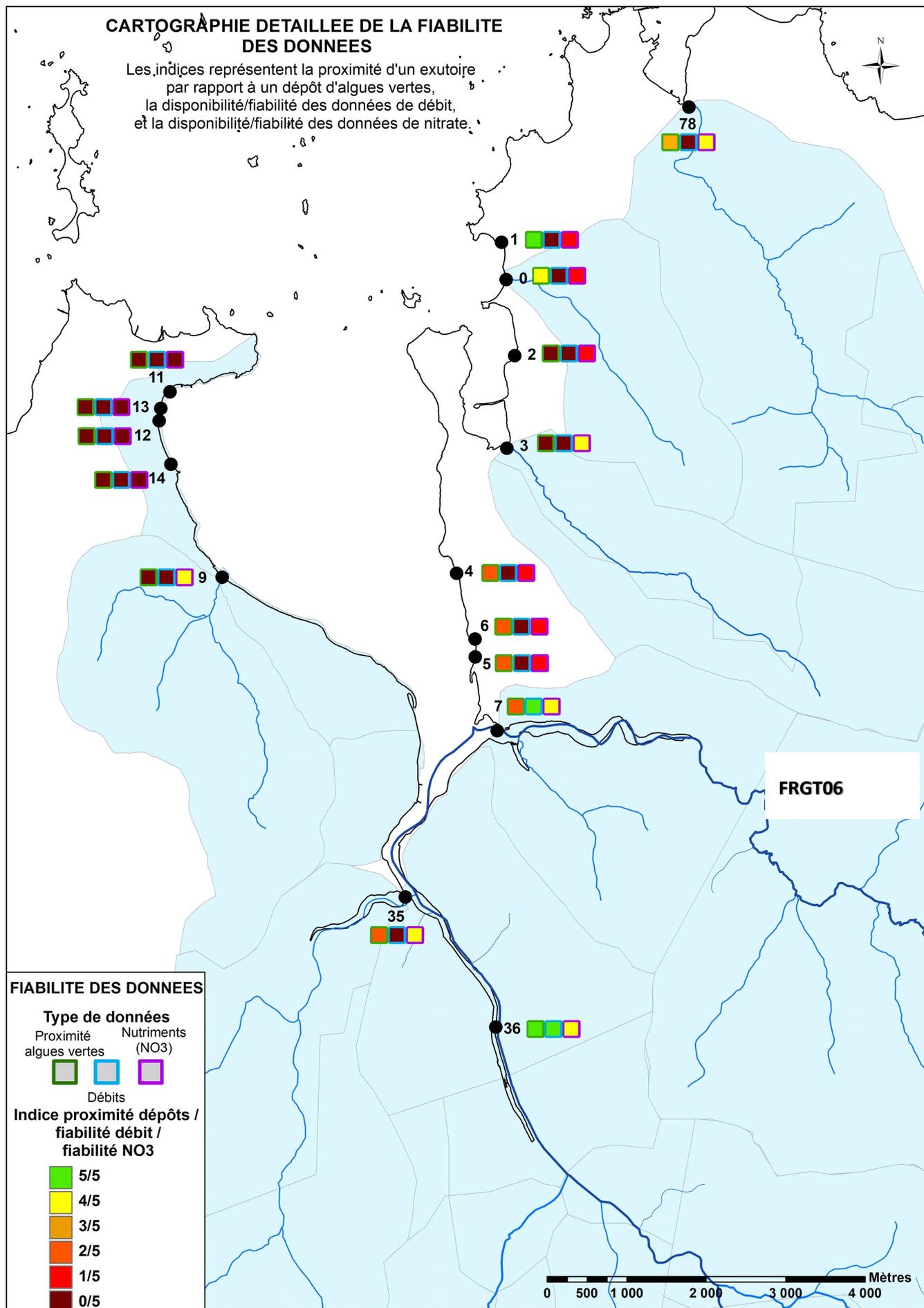


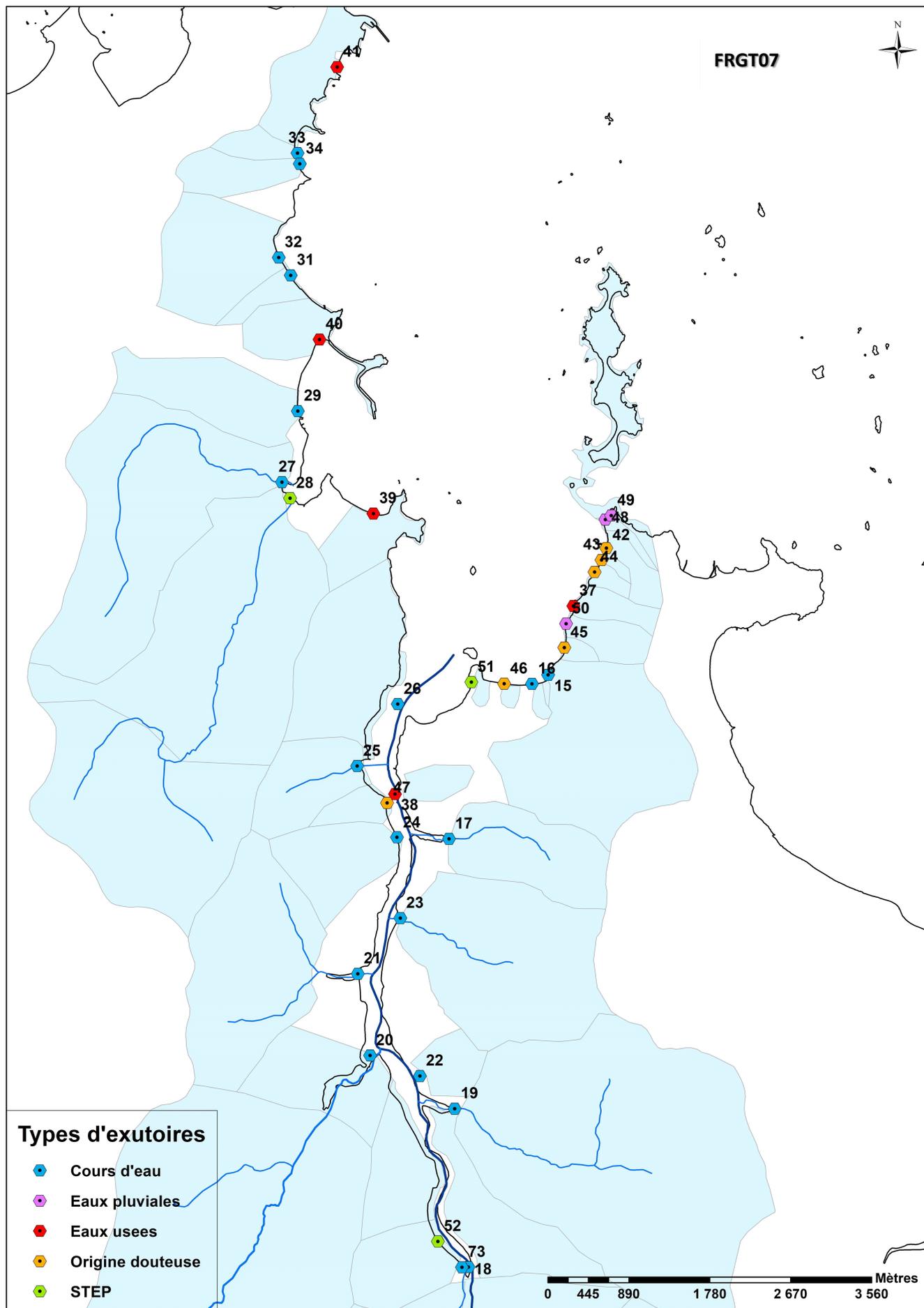


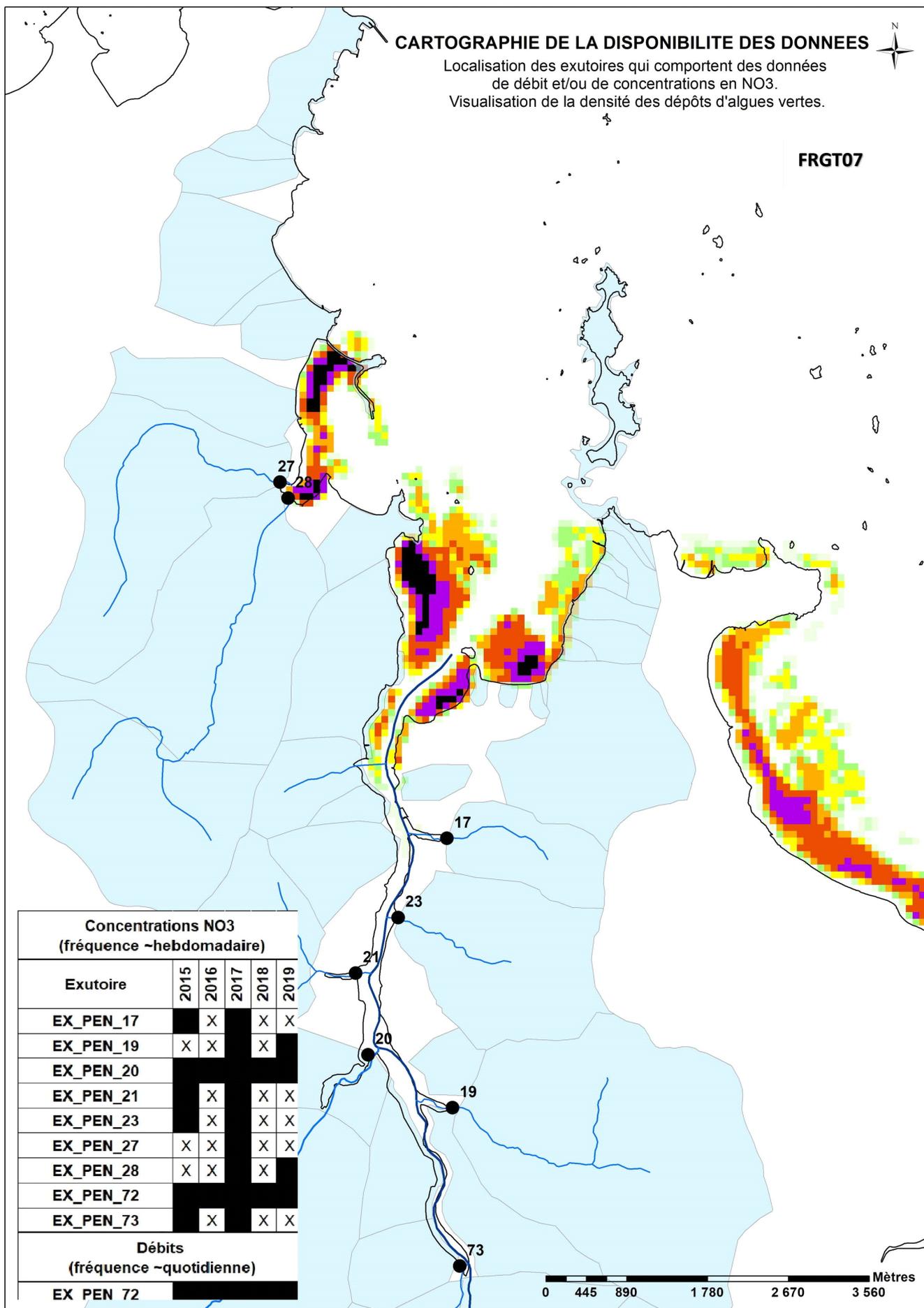
EXUTOIRE	NOM	X	Y	SURFACE BV	DEBIT REFERENCE	DEBIT REFERENCE NOM	NUTRIMENT REFERENCE	FLUX MOYEN SAISONNIER	SCORE QUALIFICATION DONNEES
EX_PEN_15	-	190239	6862202	296,0	J2723010	Penzé à Taulé (Penhoat)	PE28 (SMHL)	6,6	0,0
EX_PEN_16	-	190061	6862104	5,0	J2723010	Penzé à Taulé (Penhoat)	PE28 (SMHL)	0,1	0,0
EX_PEN_17	Pont ar Vilin	189135	6860394	141,0	J2723010	Penzé à Taulé (Penhoat)	04174480	3,9	2,3
EX_PEN_18	Penzé à Taulé (Penhoat)	189310	6855650	14634,0	J2723010	Penzé à Taulé (Penhoat)	04174480	457,9	4,7
EX_PEN_19	Milin Kistillic	189173	6857406	772,0	J2723010	Penzé à Taulé (Penhoat)	04174450	21,6	3,0
EX_PEN_20	Eon ou Rau de Cosquerou à Plouenan	188248	6858002	2376,0	J2723010	Penzé à Taulé (Penhoat)	04174438	111,0	3,0
EX_PEN_21	Milinou	188120	6858909	287,0	J2723010	Penzé à Taulé (Penhoat)	04174480	9,8	2,3
EX_PEN_22	-	188794	6857771	40,0	J2723010	Penzé à Taulé (Penhoat)	04174450	1,1	1,7
EX_PEN_23	Trogriffon	188593	6859521	325,0	J2723010	Penzé à Taulé (Penhoat)	04174480	9,3	2,3
EX_PEN_24	-	188563	6860417	99,0	J2723010	Penzé à Taulé (Penhoat)	PE29 (SMHL)	3,4	1,7
EX_PEN_25	-	188132	6861210	95,0	J2723010	Penzé à Taulé (Penhoat)	PE29 (SMHL)	3,3	0,7
EX_PEN_27	Vilin Vraz	187332	6864361	432,0	J2723010	Penzé à Taulé (Penhoat)	PE25 (SMHL)	3,2	1,7
EX_PEN_28	Amont Step à Saint-Pol-de-Léon	187418	6864181	883,0	J2723010	Penzé à Taulé (Penhoat)	04174490	25,1	1,7
EX_PEN_29	Ruisseau du Kreisker	187512	6865147	126,0	J2723010	Penzé à Taulé (Penhoat)	PE25 (SMHL)	0,9	0,3
EX_PEN_31	-	187446	6866651	145,0	J2723010	Penzé à Taulé (Penhoat)	PE25 (SMHL)	0,2	1,7
EX_PEN_32	Kermorvan	187315	6866849	145,0	J2723010	Penzé à Taulé (Penhoat)	PE25 (SMHL)	1,1	1,7
EX_PEN_33	-	187530	6868004	23,0	J2723010	Penzé à Taulé (Penhoat)	PE25 (SMHL)	0,2	1,7
EX_PEN_34	-	187554	6867884	50,0	J2723010	Penzé à Taulé (Penhoat)	PE25 (SMHL)	0,4	1,7
EX_PEN_37	-	190521	6862963	28,0	J2723010	Penzé à Taulé (Penhoat)	PE28 (SMHL)	0,6	0,7
EX_PEN_38	-	188545	6860896	25,0	J2723010	Penzé à Taulé (Penhoat)	PE28 (SMHL)	0,7	1,3
EX_PEN_39	-	188331	6864004	58,0	J2723010	Penzé à Taulé (Penhoat)	PE25 (SMHL)	0,4	1,7
EX_PEN_40	-	187756	6865937	62,0	J2723010	Penzé à Taulé (Penhoat)	PE25 (SMHL)	0,5	0,3
EX_PEN_41	-	187973	6868953	89,0	J2723010	Penzé à Taulé (Penhoat)	PE25 (SMHL)	0,7	1,7
EX_PEN_42	-	190890	6863602	24,0	J2723010	Penzé à Taulé (Penhoat)	PE28 (SMHL)	0,5	0,7
EX_PEN_43	-	190835	6863471	5,0	J2723010	Penzé à Taulé (Penhoat)	PE28 (SMHL)	0,1	0,7
EX_PEN_44	-	190758	6863337	10,0	J2723010	Penzé à Taulé (Penhoat)	PE28 (SMHL)	0,2	0,7
EX_PEN_45	-	190420	6862503	8,0	J2723010	Penzé à Taulé (Penhoat)	PE28 (SMHL)	0,2	0,3
EX_PEN_46	-	189754	6862108	4,0	J2723010	Penzé à Taulé (Penhoat)	PE28 (SMHL)	0,1	0,3
EX_PEN_47	-	188458	6860798	25,0	J2723010	Penzé à Taulé (Penhoat)	PE29 (SMHL)	0,9	1,3
EX_PEN_48	-	190882	6863918	8,0	J2723010	Penzé à Taulé (Penhoat)	PE28 (SMHL)	0,2	0,7
EX_PEN_49	-	190946	6863961	8,0	J2723010	Penzé à Taulé (Penhoat)	PE28 (SMHL)	0,2	0,7
EX_PEN_50	-	190440	6862767	35,0	J2723010	Penzé à Taulé (Penhoat)	PE28 (SMHL)	0,8	0,7
EX_PEN_51	-	189394	6862129	5,0	J2723010	Penzé à Taulé (Penhoat)	PE28 (SMHL)	0,1	0,0
EX_PEN_52	-	188976	6855938	88,0	J2723010	Penzé à Taulé (Penhoat)	04174480	1,4	1,7
EX_PEN_73	Dour Braz	189239	6855649	626,0	J2723010	Penzé à Taulé (Penhoat)	04174480	32,9	2,3
EX_MOR_00	Terezez	196406	6864008	5,9	J2514010	Dourduff	04325000	10,4	0,5
EX_MOR_01	-	196353	6864480	0,4	J2514010	Dourduff	04325000	0,7	0,5
EX_MOR_02	-	196506	6863042	0,3	J2514010	Dourduff	04325000/04325005	0,5	0,5
EX_MOR_03	-	196398	6861872	11,2	J2514010	Dourduff	04325000/04325005	22,6	2,0
EX_MOR_04	-	195754	6860294	0,7	J2514010	Dourduff	04325000/04325005	1,5	0,5
EX_MOR_05	-	195981	6859231	1,2	J2514010	Dourduff	04325000/04325005	2,6	0,5
EX_MOR_06	-	195979	6859459	0,4	J2514010	Dourduff	04325000/04325005	0,9	0,5
EX_MOR_07	Dourduff à Garlan	196247	6858296	77,5	J2514010	Dourduff	04173745	163,9	4,0
EX_MOR_09	Le Froot à Carantec	192806	6860267	10,3	J2614020/ J2603010 / J2605410	Queffleuth/Jarlot/Tromorgant	04174310	44,2	2,0
EX_MOR_11	-	192168	6862619	0,1	J2614020/ J2603010 / J2605410	Queffleuth/Jarlot/Tromorgant	04174310	0,3	0,0
EX_MOR_12	-	192051	6862412	0,2	J2614020/ J2603010 / J2605410	Queffleuth/Jarlot/Tromorgant	04174310	0,6	0,0
EX_MOR_13	-	192029	6862257	0,2	J2614020/ J2603010 / J2605410	Queffleuth/Jarlot/Tromorgant	04174310	0,7	0,0
EX_MOR_14	-	192172	6861702	0,2	J2614020/ J2603010 / J2605410	Queffleuth/Jarlot/Tromorgant	04174310	0,6	0,0
EX_MOR_35	Rivière de Pennelé	195077	6856199	28,5	J2614020/ J2603010 / J2605410	Queffleuth/Jarlot/Tromorgant	4326002	80,1	2,0
EX_MOR_36	Rivière de Morlaix amont	196296	6853904	193,9	J2614020/ J2603010 / J2605410	Queffleuth/Jarlot/Tromorgant	04326012+STEP Morlaix 4174270	603,8	4,5
EX_MOR_78	Guerzit	196406	6864008	20,9	J2514010	Dourduff	04325000	40,5	2,0









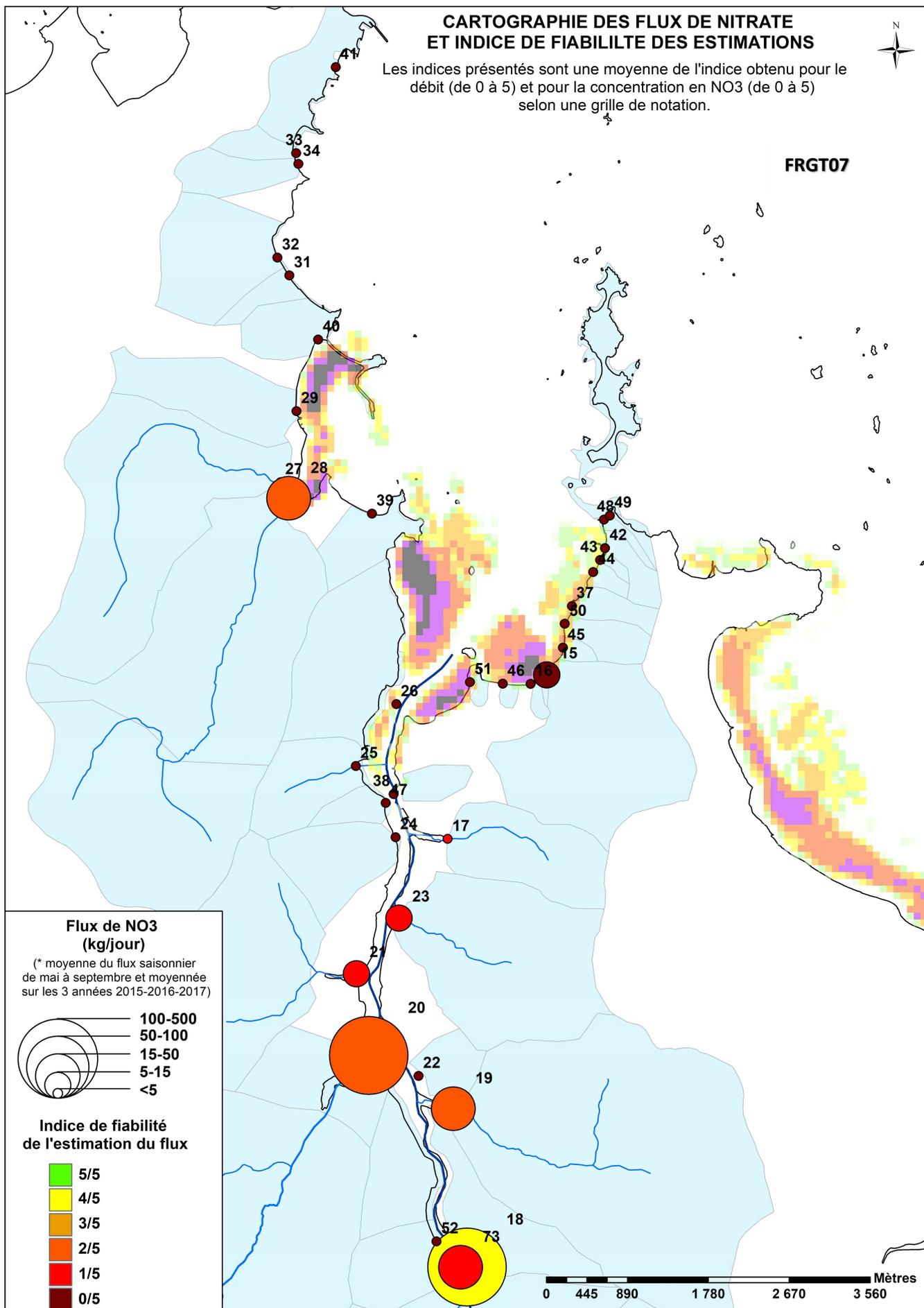


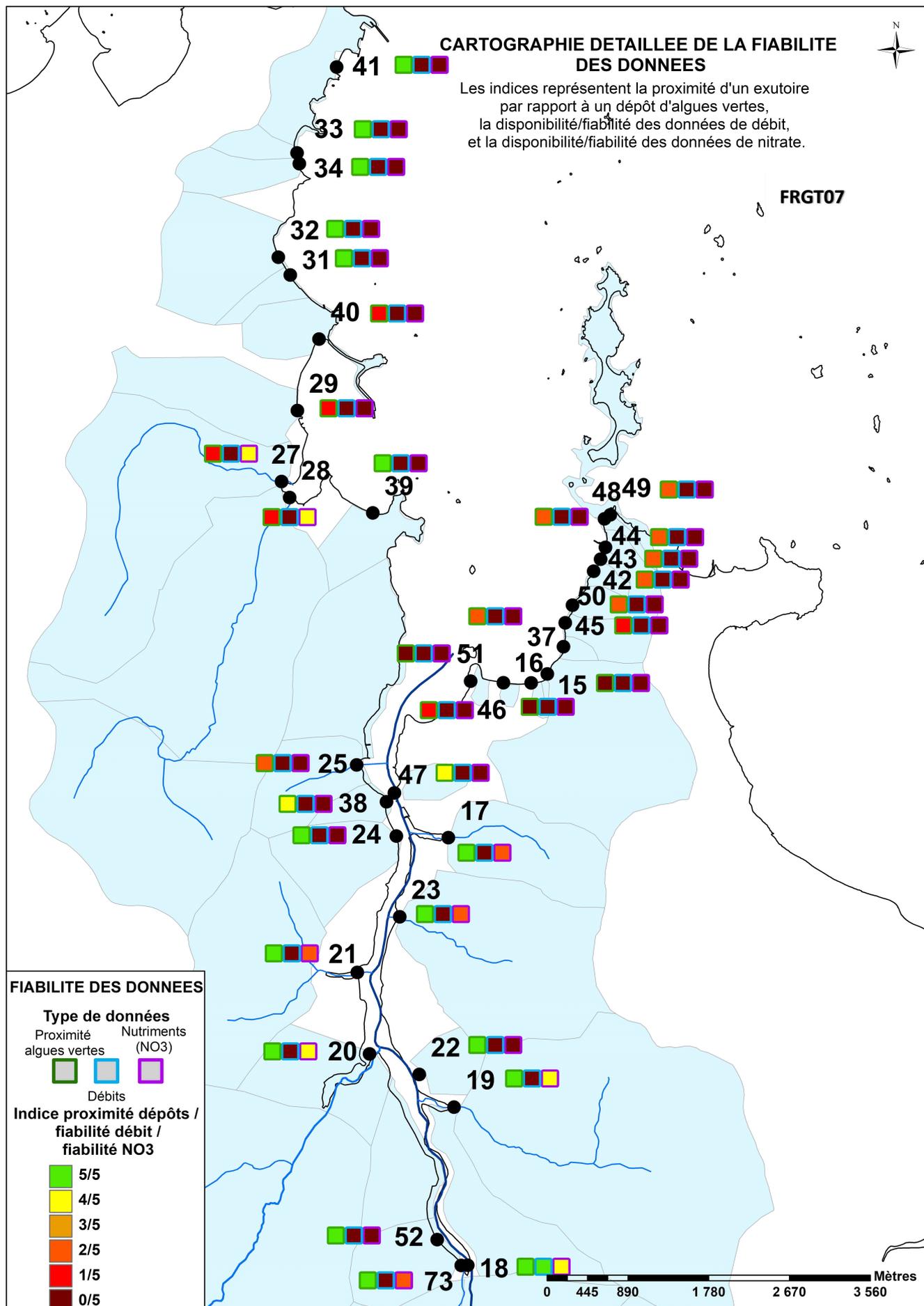


### CARTOGRAPHIE DES FLUX DE NITRATE ET INDICE DE FIABILITE DES ESTIMATIONS

Les indices présentés sont une moyenne de l'indice obtenu pour le débit (de 0 à 5) et pour la concentration en NO<sub>3</sub> (de 0 à 5) selon une grille de notation.

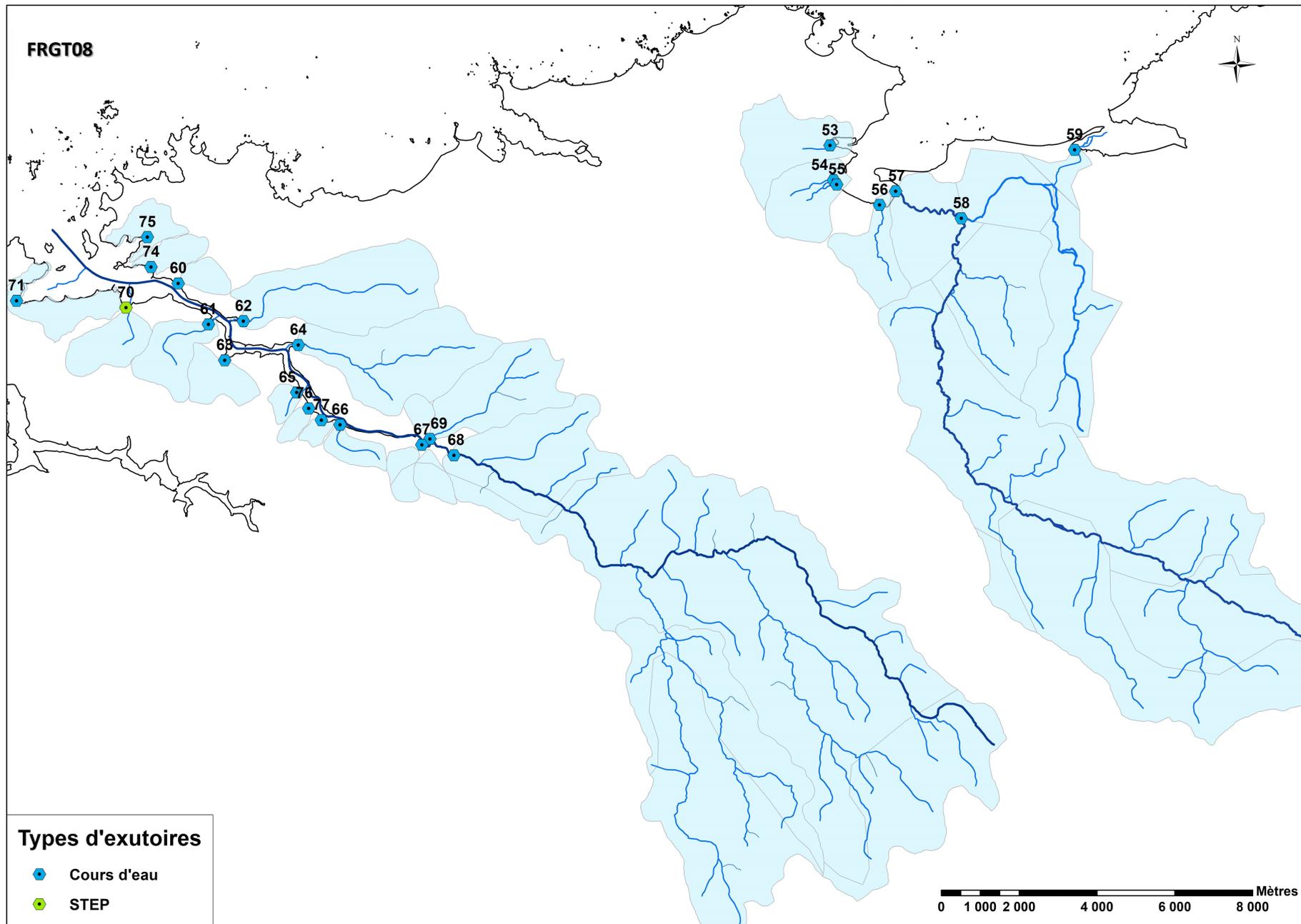
FRGT07

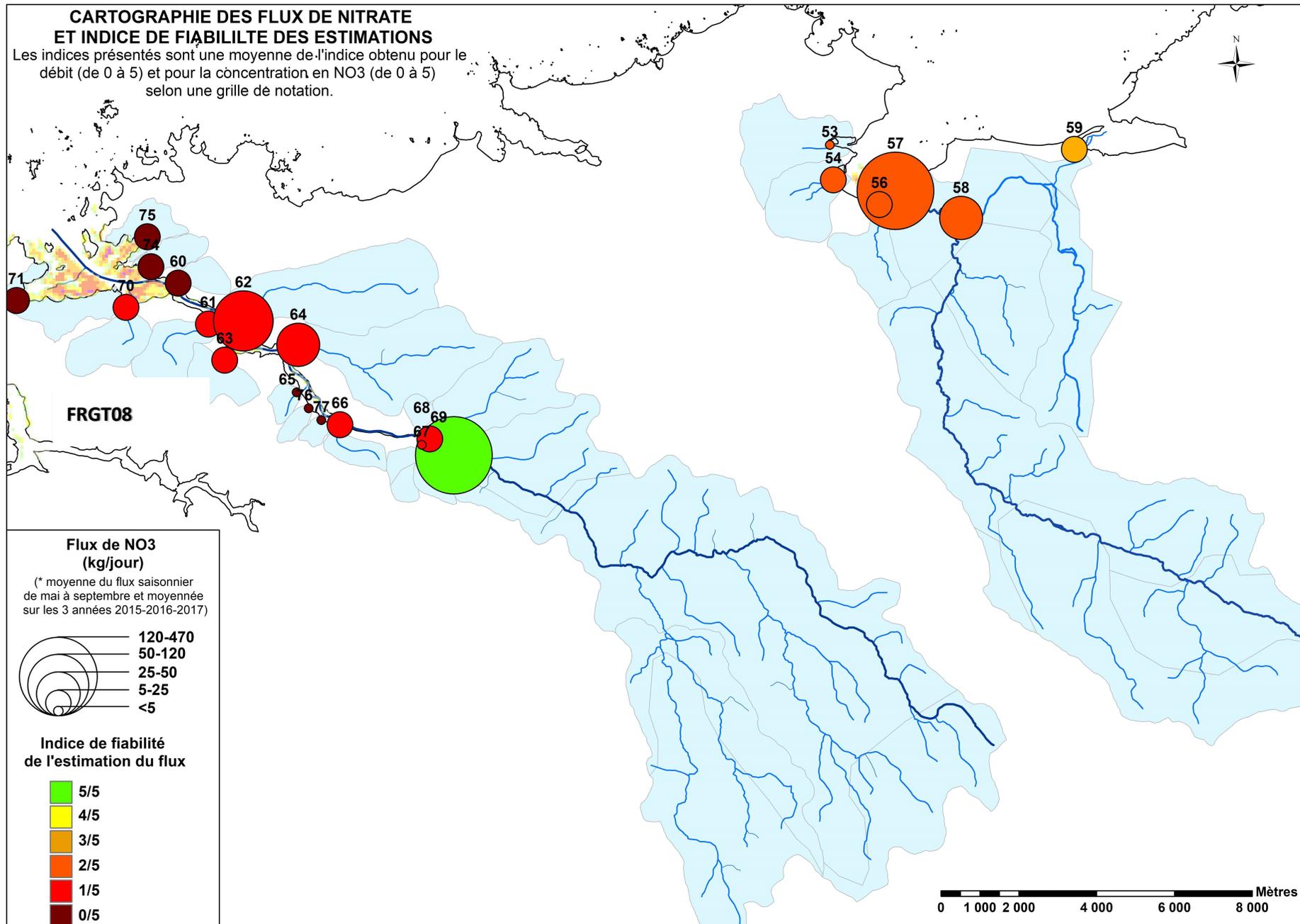






EXUTOIRE	NOM	X	Y	SURFACE BV	STATION REFERENCE DEBIT	NOM STATION DEBIT	STATION REFERENCE NUTRIMENT	FLUX MOYEN SAISONNIER	SCORE QUALIFICATION DONNEES
EX_ABE_60	-	144866	6859955	87	J3204030	Loc Brevalaire	04175190	5,4	1,3
EX_ABE_61	Troréon (Lannilis)	145632	6858903	255	J3204030	Loc Brevalaire	04175190	11,5	2,3
EX_ABE_62	Ste Anne (Le Traon, Plouguerneau)	146531	6858977	853	J3204030	Loc Brevalaire	04175190	53,4	2,0
EX_ABE_63	Poulfougou (Lannilis)	146046	6857983	181	J3204030	Loc Brevalaire	04175190	14,5	2,0
EX_ABE_64	Grouannec (Kervidot, Plouguerneau)	147937	6858359	790	J3204030	Loc Brevalaire	04175190	39,9	2,7
EX_ABE_65	-	147887	6857145	57	J3204030	Loc Brevalaire	04175190	4,1	1,3
EX_ABE_66	Pont Crac'h	148995	6856314	107	J3204030	Loc Brevalaire	04175190	6,6	2,7
EX_ABE_67	Le Diouris (RG)	151087	6855785	183	J3204030	Loc Brevalaire	04175190	4,9	2,7
EX_ABE_68	Baniguel-Kernilis	151911	6855512	8763	J3204030	Loc Brevalaire	04175190	442,0	5,0
EX_ABE_69	Le Diouris (RD)	151298	6855934	592	J3204030	Loc Brevalaire	04175190	8,9	2,7
EX_ABE_70	St Antoine (Landéda)	143520	6859346	228	J3204030	Loc Brevalaire	04175190	10,3	1,0
EX_ABE_71	-	140713	6859546	238	J3204030	Loc Brevalaire	04175190	10,7	0,0
EX_ABE_74	-	148995	6856314	110	J3204030	Loc Brevalaire	04175190	6,9	0,0
EX_ABE_75	-	151087	6855785	143	J3204030	Loc Brevalaire	04175190	8,9	0,0
EX_ABE_76	-	151911	6855512	47	J3204030	Loc Brevalaire	04175190	3,3	1,3
EX_ABE_77	-	151298	6855934	40	J3204030	Loc Brevalaire	04175190	2,8	1,7
EX_GOU_53	Goulven (Mez ar Pont)	161628	6863341	115	J3204030	Loc Brevalaire	42 (SMBL) / 1161 (SANDRE)	2,0	3,3
EX_GOU_54-55	Goulven (Trégueiller)	161713	6862453	276	J3204030	Loc Brevalaire	42 (SMBL) / 1161 (SANDRE)	7,9	2,3
EX_GOU_56	Goulven (Goulven)	162890	6861813	207	J3204030	Loc Brevalaire	42 (SMBL) / 1161 (SANDRE)	8,8	1,7
EX_GOU_57	LA FLECHE TOTAL	163307	6862160	8316	J3204030	Loc Brevalaire	FR4 (SMH) / 1547 (SANDRE)	468,5	1,3
EX_GOU_58	Le Frouit>La Flèche	164988	6861453	1196	J3204030	Loc Brevalaire	FR4 (SMH) / 1547 (SANDRE)	38,0	3,3
EX_GOU_59	Le Frouit	167910	6863180	881	J3204030	Loc Brevalaire	FR4 (SMH) / 1547 (SANDRE)	14,4	3,7

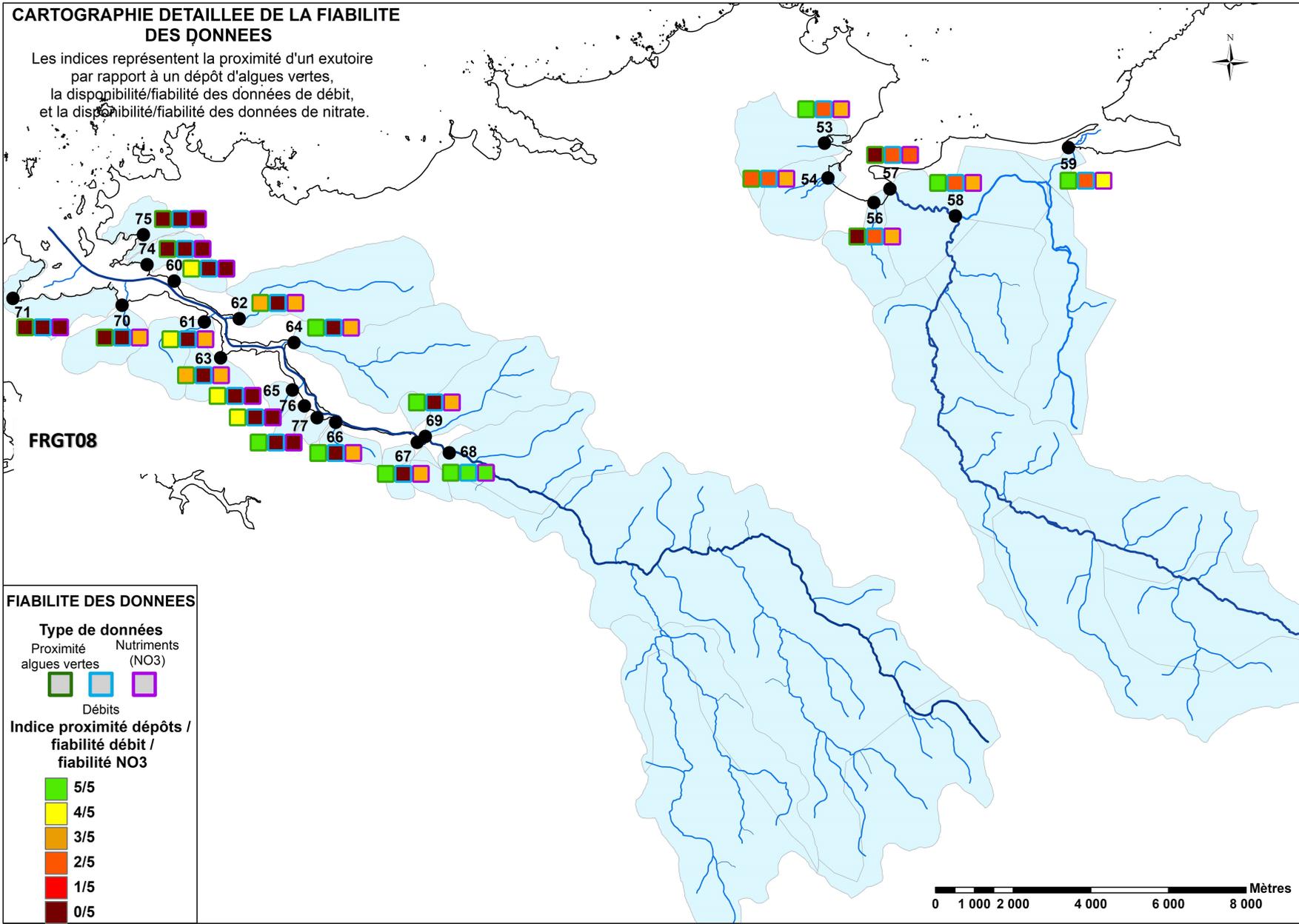






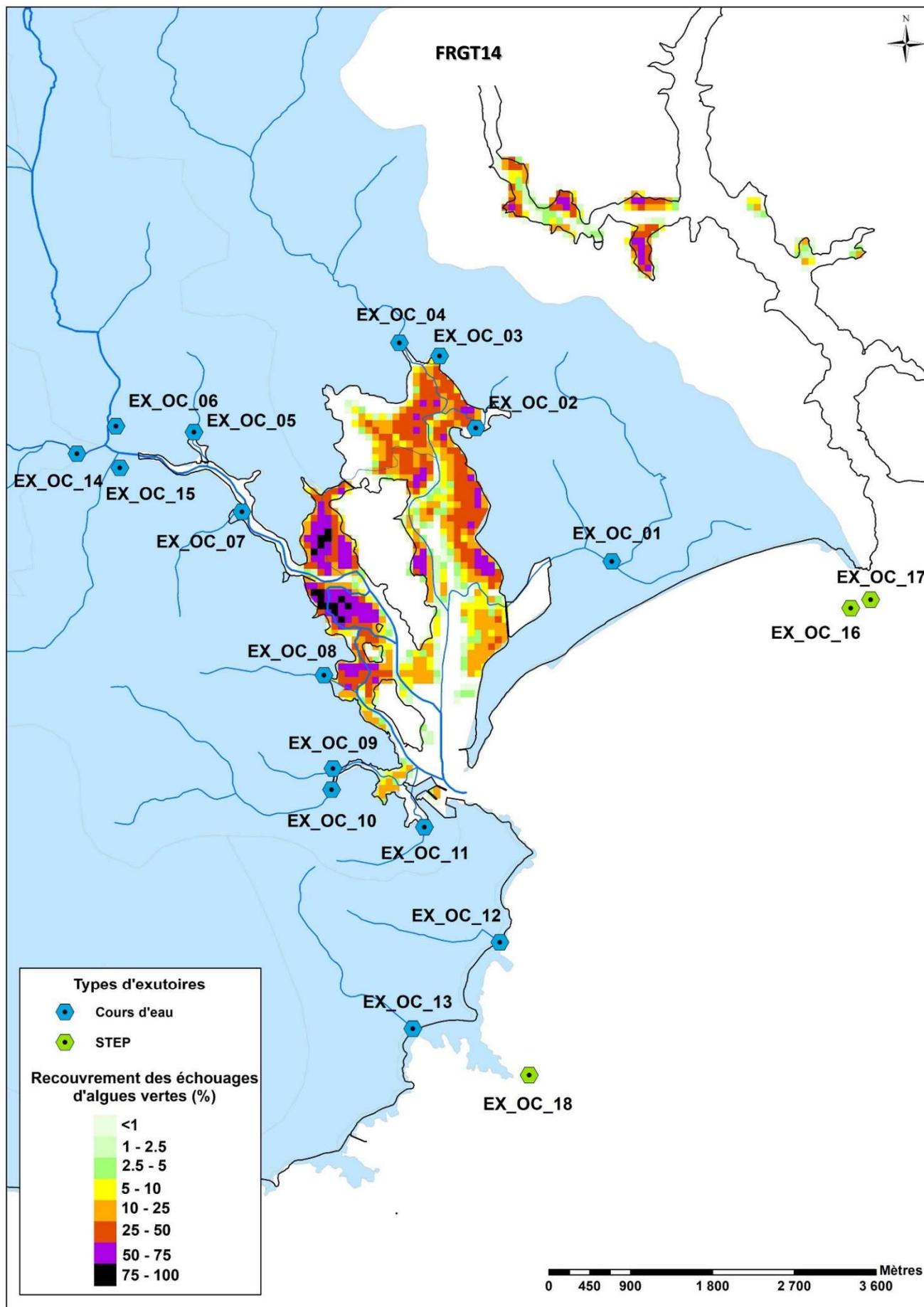
### CARTOGRAPHIE DETAILLÉE DE LA FIABILITE DES DONNEES

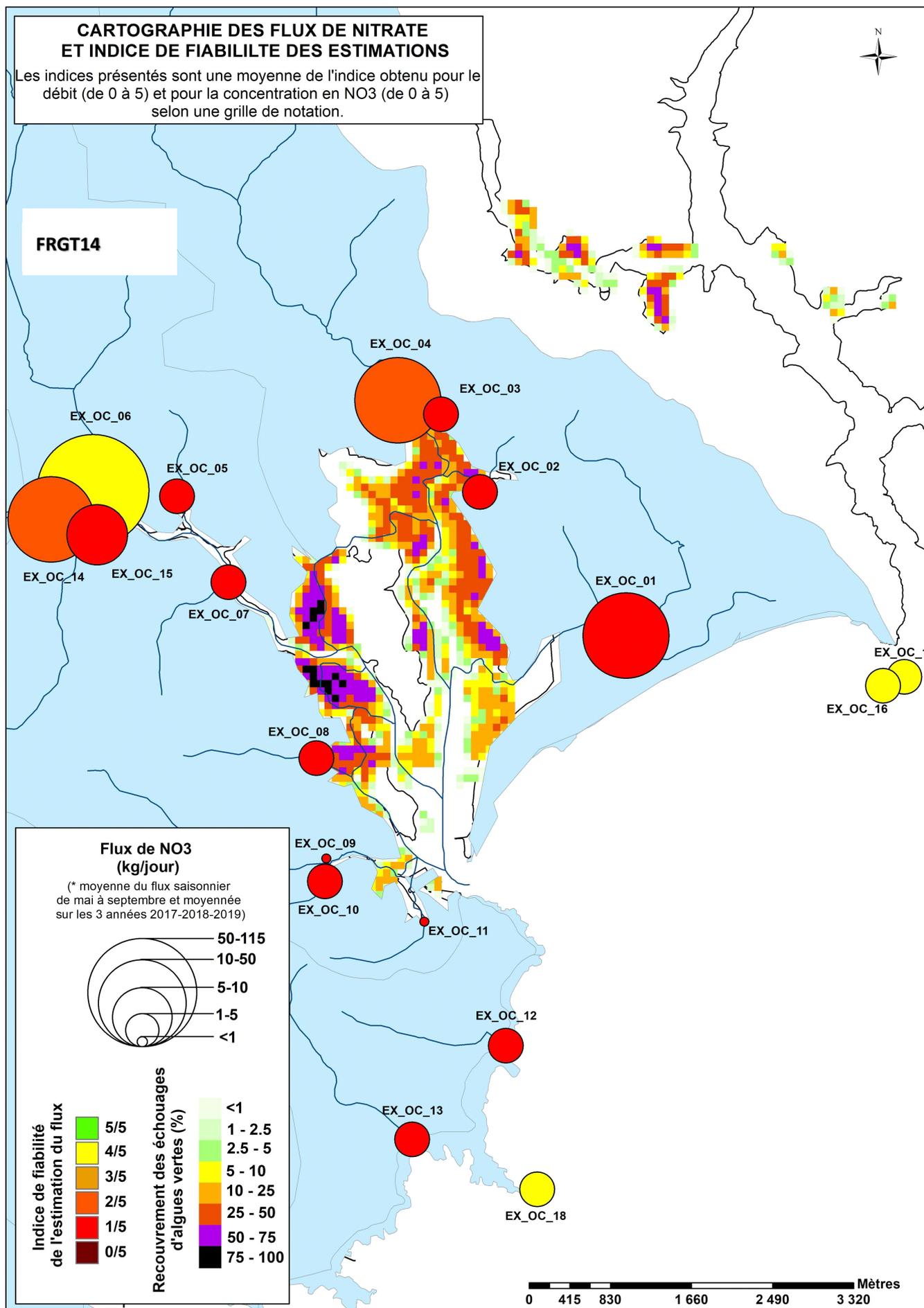
Les indices représentent la proximité d'un exutoire par rapport à un dépôt d'algues vertes, la disponibilité/fiabilité des données de débit, et la disponibilité/fiabilité des données de nitrate.

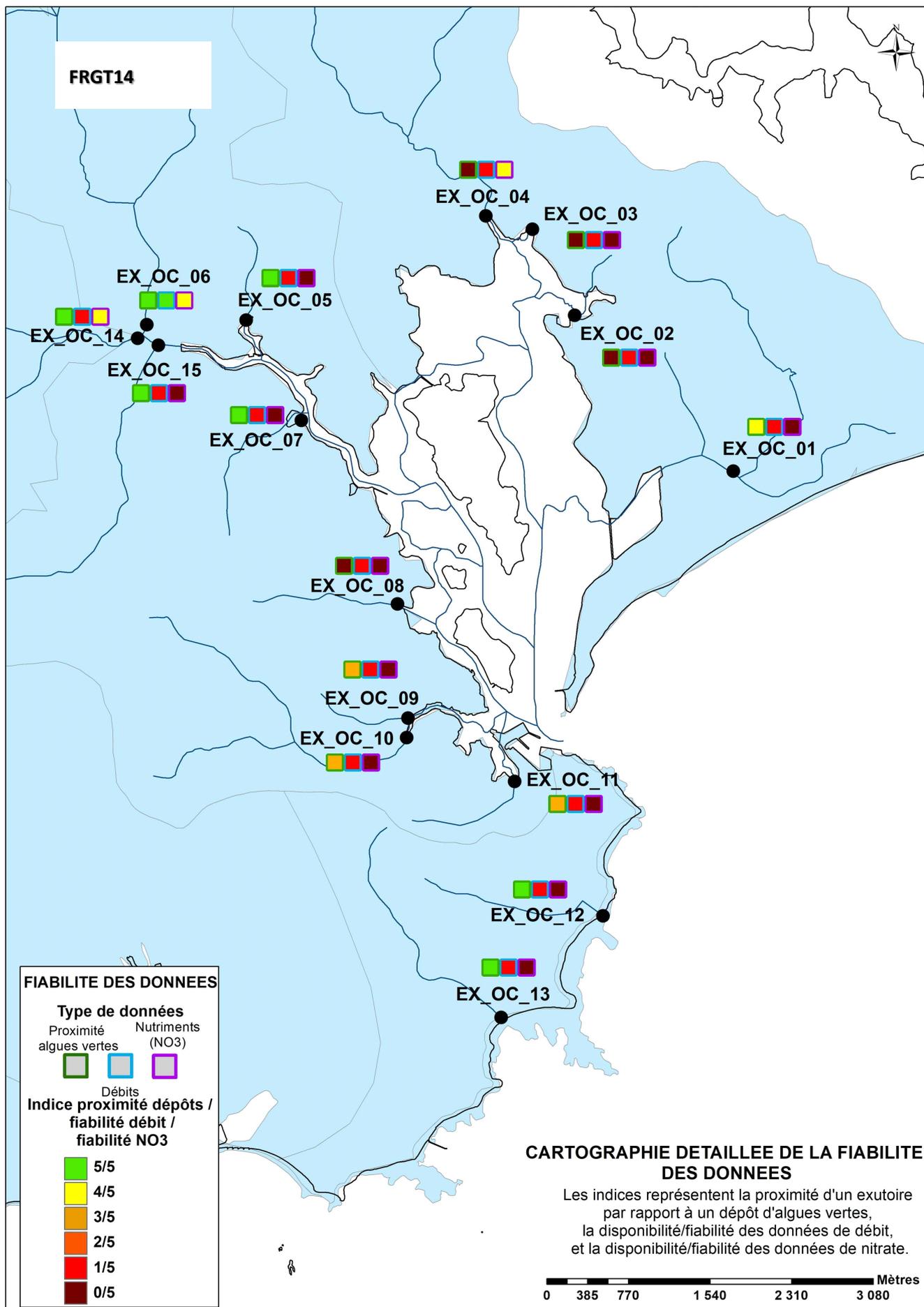




EXUTOIRE	NOM	X	Y	SURFACE BV	DEBIT REFERENCE	DEBIT REFERENCE NOM	NUTRIMENT REFERENCE	FLUX MOYEN SAISONNIER	SCORE QUALIFICATION DONNEES
EX_OC_01	Kergulan	115088	2337979	6	J4124420 / J4125720	La rivière de Pont-l'Abbé à Plonéour-Lanvern [Tremillec] / Le Trovon à Plonéour-Lanvern [Ty Poes]	04341018 (Tremeoc)	<b>16,5</b>	0,5
EX_OC_02	Ty Rhu	113593	2339460	1	J4124420 / J4125720	La rivière de Pont-l'Abbé à Plonéour-Lanvern [Tremillec] / Le Trovon à Plonéour-Lanvern [Ty Poes]	04341018 (Tremeoc)	<b>2,8</b>	0,5
EX_OC_03	Kergadec	113194	2340278	1	J4124420 / J4125720	La rivière de Pont-l'Abbé à Plonéour-Lanvern [Tremillec] / Le Trovon à Plonéour-Lanvern [Ty Poes]	04341018 (Tremeoc)	<b>2,6</b>	0,5
EX_OC_04	Ruisseau Le Tréméoc	112753	2340405	17	J4124420 / J4125720	La rivière de Pont-l'Abbé à Plonéour-Lanvern [Tremillec] / Le Trovon à Plonéour-Lanvern [Ty Poes]	04341018 (Tremeoc)	<b>46,8</b>	2,5
EX_OC_05	Kermaria	110492	2339414	2	J4124420 / J4125720	La rivière de Pont-l'Abbé à Plonéour-Lanvern [Tremillec] / Le Trovon à Plonéour-Lanvern [Ty Poes]	04341025 (Pont l'Abbé)	<b>2,7</b>	0,5
EX_OC_06	Pont L'abbé- Lanvern	109625	2339190	55	J4124420 / J4125720	La rivière de Pont-l'Abbé à Plonéour-Lanvern [Tremillec] / Le Trovon à Plonéour-Lanvern [Ty Poes]	04341015 (Pont l'Abbé)	<b>111,8</b>	4,5
EX_OC_07	Pont L'abbé	109541	2339352	3	J4124420 / J4125720	La rivière de Pont-l'Abbé à Plonéour-Lanvern [Tremillec] / Le Trovon à Plonéour-Lanvern [Ty Poes]	04341025 (Pont l'Abbé)	<b>3,8</b>	0,5
EX_OC_08	Kerondo	111920	2336716	2	J4124420 / J4125720	La rivière de Pont-l'Abbé à Plonéour-Lanvern [Tremillec] / Le Trovon à Plonéour-Lanvern [Ty Poes]	04341025 (Pont l'Abbé)	<b>2,1</b>	0,5
EX_OC_09	Kerveltré Briémen	112020	2335631	1	J4124420 / J4125720	La rivière de Pont-l'Abbé à Plonéour-Lanvern [Tremillec] / Le Trovon à Plonéour-Lanvern [Ty Poes]	04341025 (Pont l'Abbé)	<b>1,1</b>	0,5
EX_OC_10	le Suler	112006	2335446	4	J4124420 / J4125720	La rivière de Pont-l'Abbé à Plonéour-Lanvern [Tremillec] / Le Trovon à Plonéour-Lanvern [Ty Poes]	04341025 (Pont l'Abbé)	<b>4,3</b>	0,5
EX_OC_11	Kergolven	113025	2335029	1	J4124420 / J4125720	La rivière de Pont-l'Abbé à Plonéour-Lanvern [Tremillec] / Le Trovon à Plonéour-Lanvern [Ty Poes]	04341025 (Pont l'Abbé)	<b>1,1</b>	0,5
EX_OC_12	Kerguiffinan	113858	2333753	2	J4124420 / J4125720	La rivière de Pont-l'Abbé à Plonéour-Lanvern [Tremillec] / Le Trovon à Plonéour-Lanvern [Ty Poes]	04341025 (Pont l'Abbé)	<b>2,1</b>	0,5
EX_OC_13	Lodonnec	112899	2332786	3	J4124420 / J4125720	La rivière de Pont-l'Abbé à Plonéour-Lanvern [Tremillec] / Le Trovon à Plonéour-Lanvern [Ty Poes]	04341025 (Pont l'Abbé)	<b>3,2</b>	0,5
EX_OC_14	Rau de St Jean - Ploneour-Lanvern	109470	2339242	24	J4124420 / J4125720	La rivière de Pont-l'Abbé à Plonéour-Lanvern [Tremillec] / Le Trovon à Plonéour-Lanvern [Ty Poes]	04341025 (Pont l'Abbé)	<b>30,7</b>	2,5
EX_OC_15	Trébéhoret	109665	2339176	5	J4124420 / J4125720	La rivière de Pont-l'Abbé à Plonéour-Lanvern [Tremillec] / Le Trovon à Plonéour-Lanvern [Ty Poes]	04341025 (Pont l'Abbé)	<b>6,1</b>	0,5
EX_OC_16	STEP de Combrit	117936	2337554	-	STEP de Combrit	STEP de Combrit	STEP de Combrit	<b>1,7</b>	4,5
EX_OC_17	STEP de Pont l'Abbé	117936	2337554	-	STEP de Pont l'Abbé	STEP de Pont l'Abbé	STEP de Pont l'Abbé	<b>1,7</b>	4,5
EX_OC_18	STEP de Loctudy	114179	2332273	-	STEP de Loctudy	STEP de Loctudy	STEP de Loctudy	<b>2,4</b>	4,5
EX_OC_06a	Lanvern - Ti Poes	108332	2342668	13,2	J4125720	Le Trovon à Plonéour-Lanvern [Ty Poes]	04341025 (Pont l'Abbé)	<b>29,4</b>	4,0
EX_OC_06b	Pont l'Abbe-Tremillec	108882	2343239	32,6	J4124420	La rivière de Pont-l'Abbé à Plonéour-Lanvern [Tremillec]	04341025 (Pont l'Abbé)	<b>128,4</b>	4,0

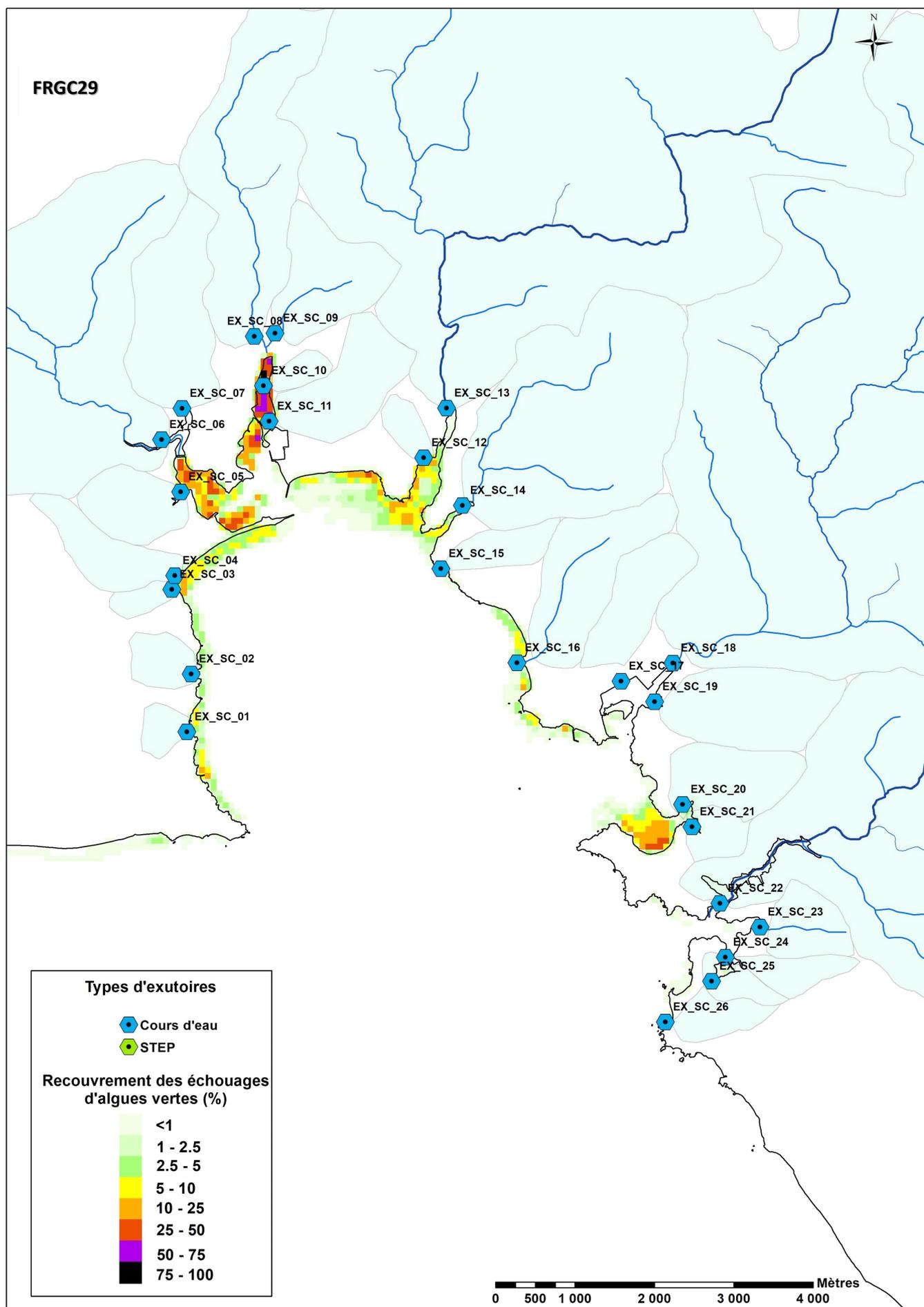


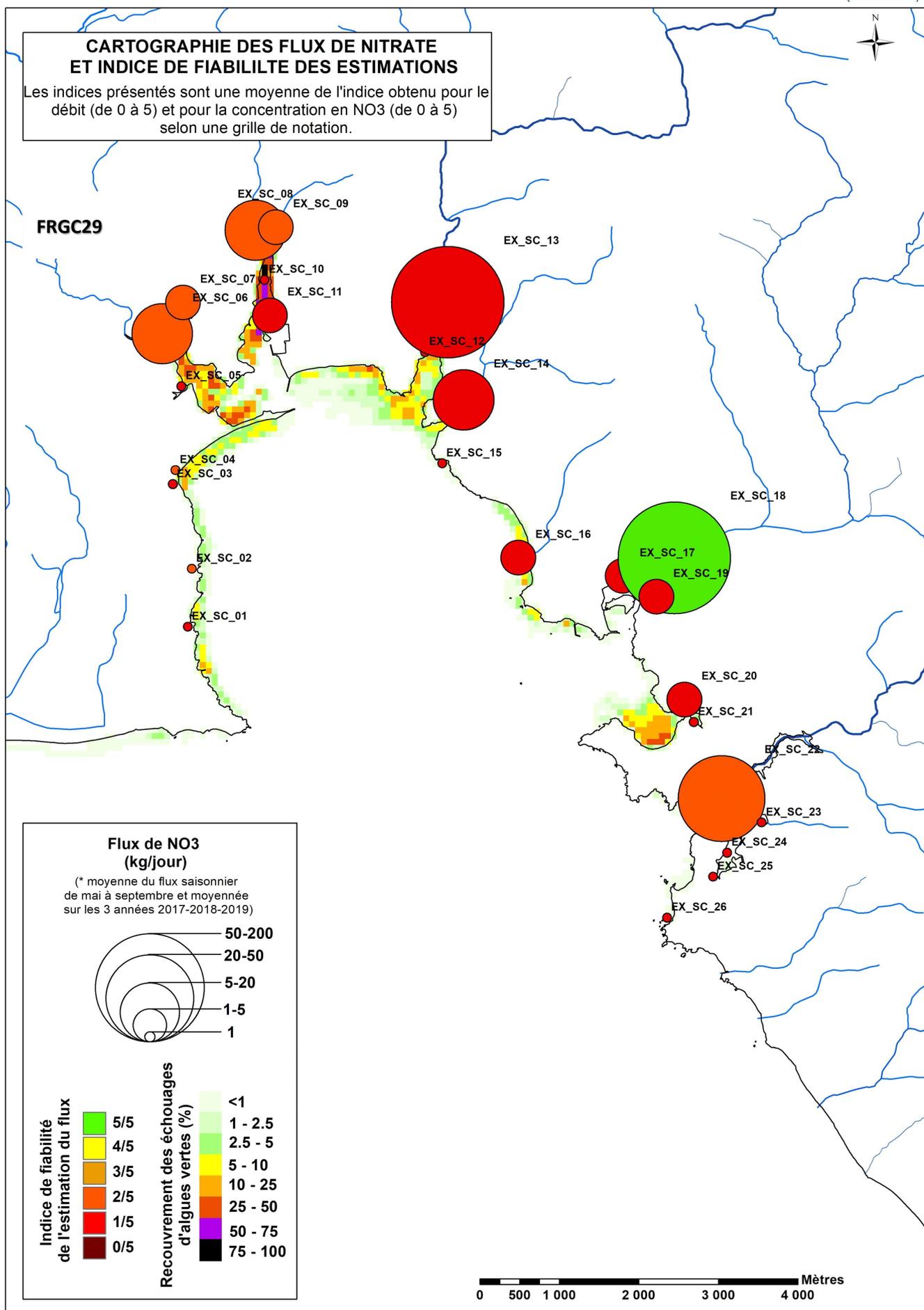


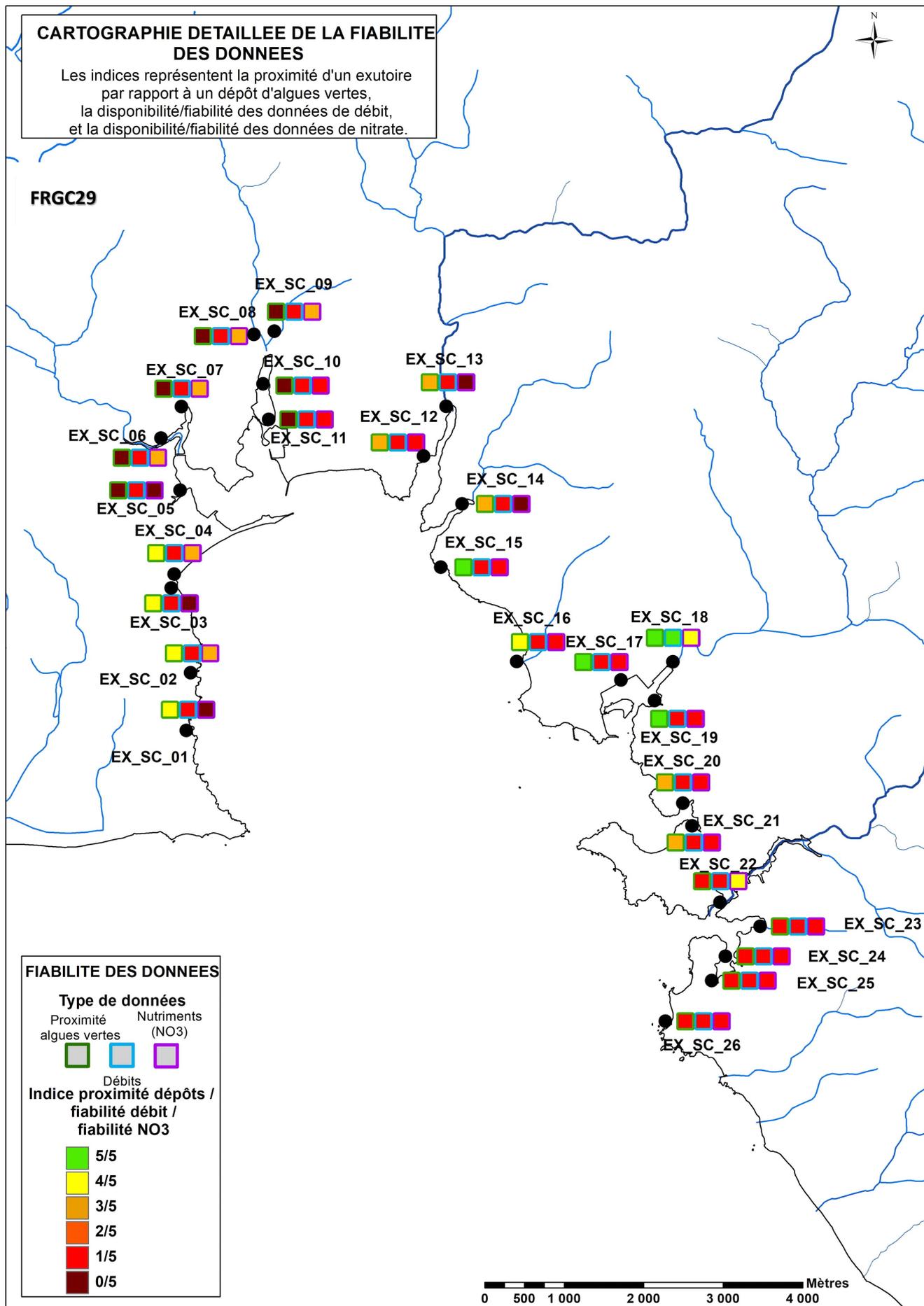




EXUTOIRE	NOM	X	Y	SURFACE BV	DEBIT REFERENCE	DEBIT REFERENCE NOM	NUTRIMENT REFERENCE	FLUX MOYEN SAISONNIER	SCORE QUALIFICATION DONNEES
EX_SC_01	-	178400	6774801	31	J4514010 / J4515420	Le Moros à Concarneau [Pont D 22] / Le Styval à Concarneau [Moulin de la Haie]	E0 (CCPF)	0,121825614	1,7
EX_SC_02	Bot Conan	178458	6775535	50	J4514010 / J4515420	Le Moros à Concarneau [Pont D 22] / Le Styval à Concarneau [Moulin de la Haie]	L6 (CCPF) / 04345004 (SANDRE)	0,196618124	2,7
EX_SC_03	-	178225	6776607	26	J4514010 / J4515420	Le Moros à Concarneau [Pont D 22] / Le Styval à Concarneau [Moulin de la Haie]	Ecap (CCPF)	0,182754008	1,7
EX_SC_04	Cap Coz	178263	6776785	100	J4514010 / J4515420	Le Moros à Concarneau [Pont D 22] / Le Styval à Concarneau [Moulin de la Haie]	L6 (CCPF) / 04345004 (SANDRE)	0,714824701	2,7
EX_SC_05	-	178345	6777848	101	J4514010 / J4515420	Le Moros à Concarneau [Pont D 22] / Le Styval à Concarneau [Moulin de la Haie]	Ecap (CCPF)	0,717292968	0,3
EX_SC_06	Penalen	178111	6778510	987	J4514010 / J4515420	Le Moros à Concarneau [Pont D 22] / Le Styval à Concarneau [Moulin de la Haie]	L6 (CCPF) / 04345004 (SANDRE)	9,465793525	1,3
EX_SC_07	Prat ar Sand	178372	6778906	231	J4514010 / J4515420	Le Moros à Concarneau [Pont D 22] / Le Styval à Concarneau [Moulin de la Haie]	L6 (CCPF) / 04345004 (SANDRE)	3,875635379	1,3
EX_SC_08	Pen ar Ster	179290	6779812	458	J4514010 / J4515420	Le Moros à Concarneau [Pont D 22] / Le Styval à Concarneau [Moulin de la Haie]	L6 (CCPF) / 04345004 (SANDRE)	9,517789577	1,3
EX_SC_09	Bourg La Forêt-Fouesnant	179548	6779852	161	J4514010 / J4515420	Le Moros à Concarneau [Pont D 22] / Le Styval à Concarneau [Moulin de la Haie]	L6 (CCPF) / 04345004 (SANDRE)	3,168200418	1,3
EX_SC_10	-	179399	6779185	26	J4514010 / J4515420	Le Moros à Concarneau [Pont D 22] / Le Styval à Concarneau [Moulin de la Haie]	E3 (CCPF)	0,508522927	0,7
EX_SC_11	-	179466	6778735	149	J4514010 / J4515420	Le Moros à Concarneau [Pont D 22] / Le Styval à Concarneau [Moulin de la Haie]	E3 (CCPF)	2,929579388	0,7
EX_SC_12	-	181409	6778257	33	J4514010 / J4515420	Le Moros à Concarneau [Pont D 22] / Le Styval à Concarneau [Moulin de la Haie]	E3 (CCPF)	0,647360139	1,7
EX_SC_13	Beg Menez	181701	6778882	3005	J4514010 / J4515420	Le Moros à Concarneau [Pont D 22] / Le Styval à Concarneau [Moulin de la Haie]	L6 (CCPF) / 04345004 (SANDRE)	109,9208678	1,3
EX_SC_14	Kergueres	181890	6777644	630	J4514010 / J4515420	Le Moros à Concarneau [Pont D 22] / Le Styval à Concarneau [Moulin de la Haie]	J3 (CCPF) / 04345006 (SANDRE)	17,90235113	1,3
EX_SC_15	-	181614	6776845	58	J4514010 / J4515420	Le Moros à Concarneau [Pont D 22] / Le Styval à Concarneau [Moulin de la Haie]	J3 (CCPF) / 04345006 (SANDRE)	1,641569503	2,3
EX_SC_16	-	182561	6775643	196	J4514010 / J4515420	Le Moros à Concarneau [Pont D 22] / Le Styval à Concarneau [Moulin de la Haie]	J3 (CCPF) / 04345006 (SANDRE)	5,577828788	2,0
EX_SC_17	-	183870	6775398	119	J4514010 / J4515420	Le Moros à Concarneau [Pont D 22] / Le Styval à Concarneau [Moulin de la Haie]	M0 (CCPF) / 04184200 (SANDRE)	3,826336457	2,3
EX_SC_18	Moros	184524	6775625	5023	J4514010 / J4515420	Le Moros à Concarneau [Pont D 22] / Le Styval à Concarneau [Moulin de la Haie]	M0 (CCPF) / 04184200 (SANDRE)	161,2640759	4,7
EX_SC_19	-	184291	6775134	193	J4514010 / J4515420	Le Moros à Concarneau [Pont D 22] / Le Styval à Concarneau [Moulin de la Haie]	M0 (CCPF) / 04184200 (SANDRE)	6,222554733	2,3
EX_SC_20	-	184634	6773831	126	J4514010 / J4515420	Le Moros à Concarneau [Pont D 22] / Le Styval à Concarneau [Moulin de la Haie]	E4 (CCPF) / 04345005 (SANDRE)	3,237553899	1,7
EX_SC_21	-	184750	6773542	45	J4514010 / J4515420	Le Moros à Concarneau [Pont D 22] / Le Styval à Concarneau [Moulin de la Haie]	E4 (CCPF) / 04345005 (SANDRE)	1,144327758	1,7
EX_SC_22	Pont minauët	185092	6772572	2392	J4514010 / J4515420	Le Moros à Concarneau [Pont D 22] / Le Styval à Concarneau [Moulin de la Haie]	E4 (CCPF) / 04345005 (SANDRE)	50,35077537	2,0
EX_SC_23	-	185593	6772264	78	J4514010 / J4515420	Le Moros à Concarneau [Pont D 22] / Le Styval à Concarneau [Moulin de la Haie]	E4 (CCPF) / 04345005 (SANDRE)	1,492328321	1,0
EX_SC_24	-	185156	6771887	50	J4514010 / J4515420	Le Moros à Concarneau [Pont D 22] / Le Styval à Concarneau [Moulin de la Haie]	E4 (CCPF) / 04345005 (SANDRE)	0,978501461	1,0
EX_SC_25	Pouldohan	184979	6771582	35	J4514010 / J4515420	Le Moros à Concarneau [Pont D 22] / Le Styval à Concarneau [Moulin de la Haie]	E4 (CCPF) / 04345005 (SANDRE)	0,650103304	1,0
EX_SC_26	Pointe de la Jument	184394	6771070	52	J4514010 / J4515420	Le Moros à Concarneau [Pont D 22] / Le Styval à Concarneau [Moulin de la Haie]	E4 (CCPF) / 04345005 (SANDRE)	0,87834913	1,0

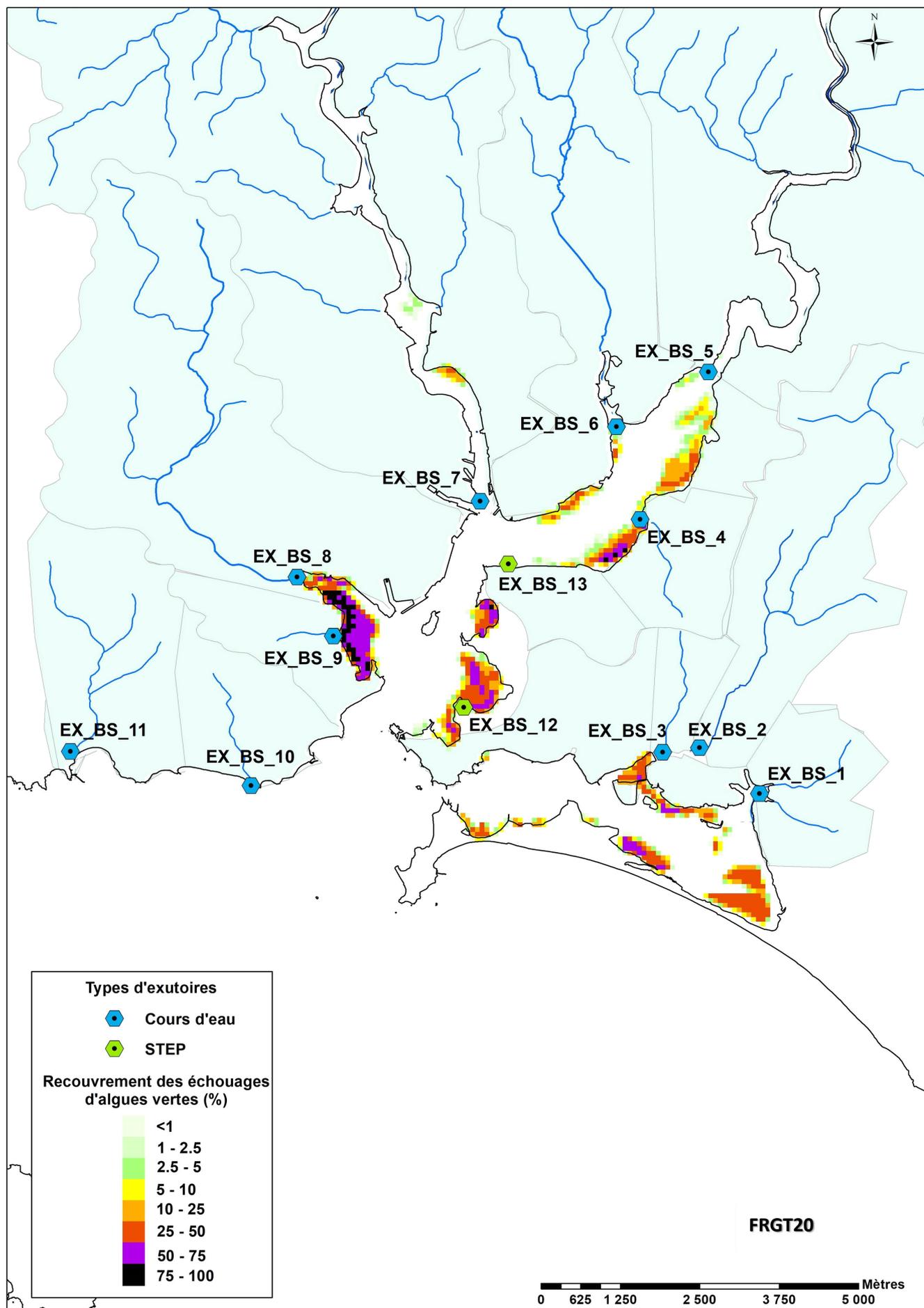


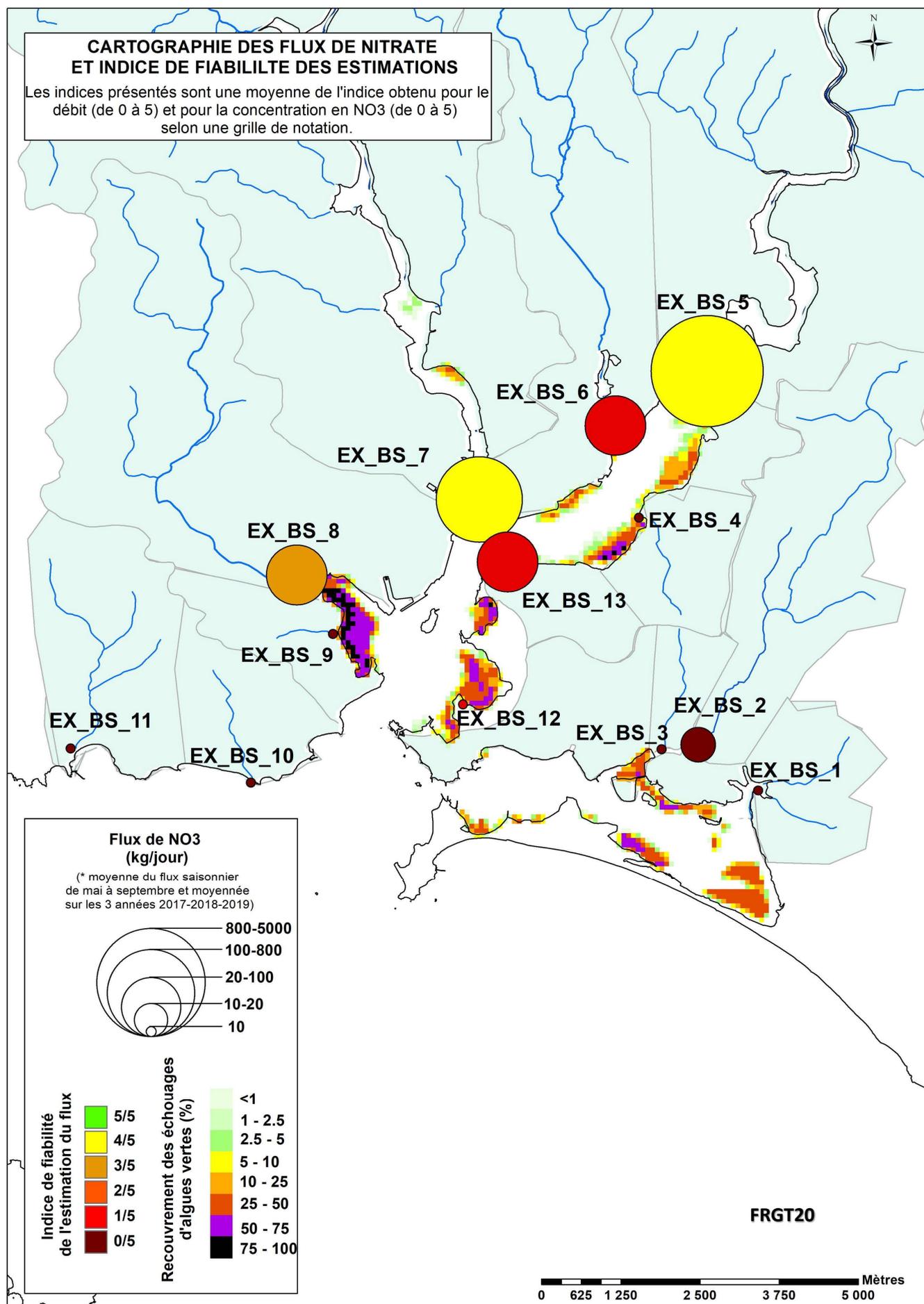


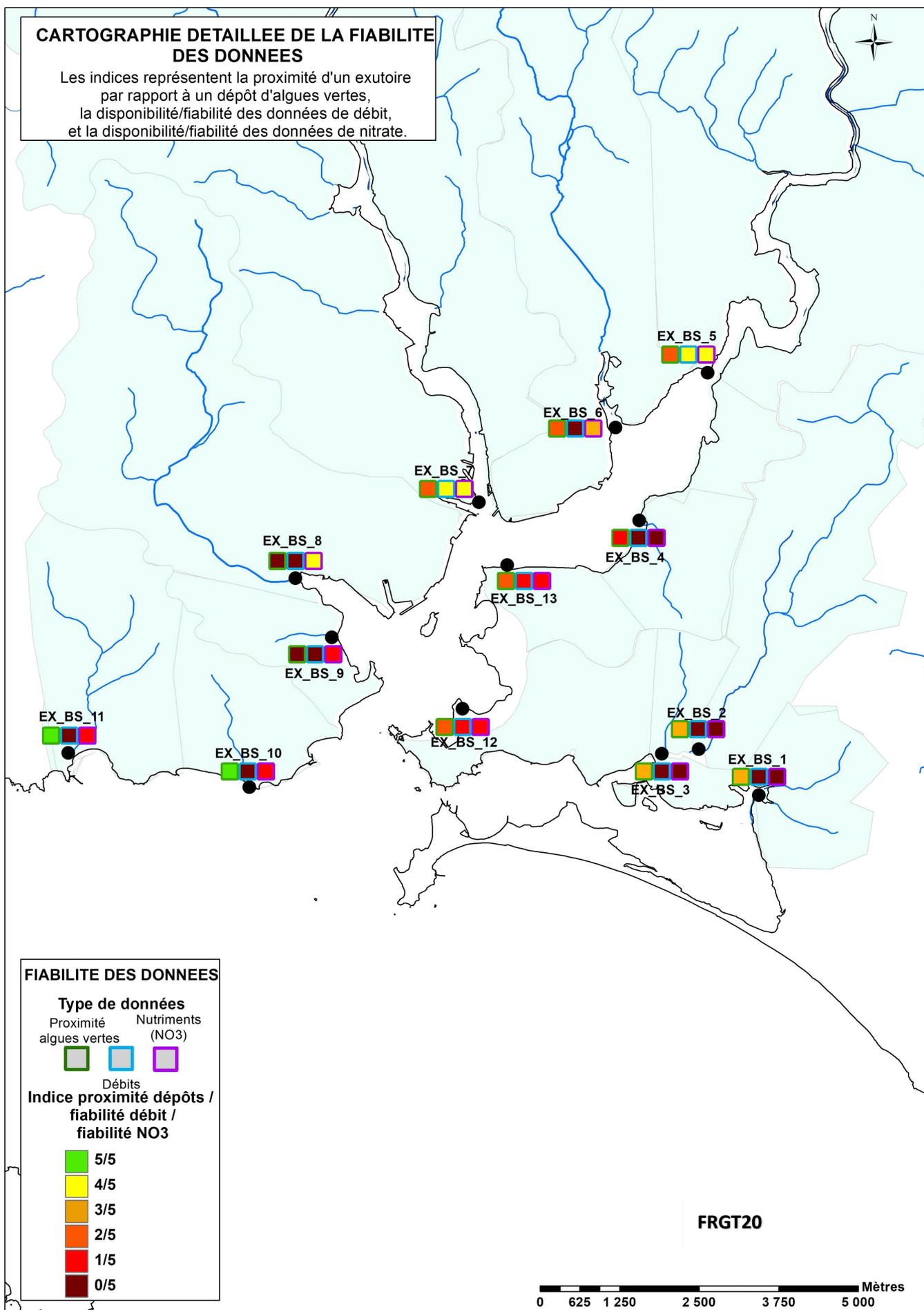




EXUTOIRE	NOM	X	Y	SURFACE BV	DEBIT REFERENCE	DEBIT REFERENCE NOM	NUTRIMENT REFERENCE	FLUX MOYEN SAISONNIER	SCORE QUALIFICATION DONNEES
EX_BS_1	Ruisseau de Brambis à Plouhinec	229095	6752614	4	J5102210	Scorff	04194200 (Ter)	6,8	0,0
EX_BS_2	Kervignac	228155	6753349	12	J5102210	Scorff	04194200 (Ter)	20,5	0,0
EX_BS_3	Riantec	227574	6753280	2	J5102210	Scorff	04194200 (Ter)	3,4	0,0
EX_BS_4	Sterbouest	227249	6756972	4	J5102210	Scorff	04194200 (Ter)	6,8	0,0
EX_BS_5	Blavet	228343	6759296	1929	J5712140	Blavet	04194000 (Blavet) + STEP Hennebont	4702,5	4,0
EX_BS_6	Plessis - Lanester	226890	6758442	22	J5102210	Scorff	04357002 (Plessis) + 04194200 (Ter) + STEP Lanester	86,0	1,5
EX_BS_7	Scorff	224737	6757280	247	J5102210	Scorff	04190550 (Scorff) + 04190569 (Scave) + STEP Le Queven	772,9	4,0
EX_BS_8	Ter	221848	6756100	23	J5102210	Scorff	04194200 (Ter) + STEP de Lorient	60,3	2,0
EX_BS_9	Quelisoy	222412	6755161	3	J5102210	Scorff	04194200 (Ter)	5,1	0,5
EX_BS_10	Larmor-Plage	221097	6752802	4	J5102210	Scorff	04194200 (Ter)	6,8	0,5
EX_BS_11	Pen Palud	218259	6753366	6	J5102210	Scorff	04194200 (Ter)	10,3	0,5
EX_BS_12	STEP Port Louis	224452	6754018	-	STEP Port Louis	STEP Port Louis	STEP Port Louis	5,2	1,0
EX_BS_13	STEP Locmiquelic	225171	6756283	-	STEP Locmiquelic	STEP Locmiquelic	STEP Locmiquelic	62,0	0,0









## Annexe 4

### Publication bibliography

Agusman et al. (2019): Conspecific cues that induce spore settlement in the biofouling and green tide-forming alga *Ulva tepida* provide a potential aggregation mechanism. In *International Biodeterioration & Biodegradation* 145, p. 104807. DOI: 10.1016/j.ibiod.2019.104807.

Ansary et al. (2019a): Dietary substitution effect of *Ulva australis* for *Undaria pinnatifida* on growth, body composition and air exposure of juvenile abalone, *Haliotis discus* (Reeve 1846). In *J Appl Phycol* 31 (2), pp. 1467–1474. DOI: 10.1007/s10811-018-1654-4.

Ansary et al. (2019b): Substitution effect of the combined fouling macroalgae *Ulva australis* and *Sargassum horneri* for *Undaria pinnatifida* in formulated diets on growth and body composition of juvenile abalone (*Haliotis discus*, Reeve 1846) subjected to air exposure stressor. In *J Appl Phycol* 31 (5), pp. 3245–3254. DOI: 10.1007/s10811-019-01812-x.

Balar&Mantri (2019): Insights into life cycle patterns, spore formation, induction of reproduction, biochemical and molecular aspects of sporulation in green algal genus *Ulva*. Implications for commercial cultivation. In *J Appl Phycol* 183 (4), p. 100. DOI: 10.1007/s10811-019-01959-7.

Baldrighi et al. (2019): Meiofauna communities' response to an anthropogenic pressure. The case study of green macroalgal bloom on sandy beach in Brittany. In *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 227, p. 106326. DOI: 10.1016/j.ecss.2019.106326.

Barnes (2019): Context dependency in the effect of *Ulva* -induced loss of seagrass cover on estuarine macrobenthic abundance and biodiversity. In *Aquatic Conserv: Mar Freshw Ecosyst* 29 (2), pp. 163–174. DOI: 10.1002/aqc.2977.

Barr et al. (2019): Macroalgal Bioindicators of Recovery from Eutrophication in a Tidal Lagoon Following Wastewater Diversion and Earthquake Disturbance. In *Estuaries and Coasts* 28 (1-2), p. 568. DOI: 10.1007/s12237-019-00654-7.

Bast, Felix & Rani, Pooja (2019): First report of uniseriate free-living *Ulva* species with description of new species *Ulva uniseriata* sp. nov (Chlorophyta, Ulvales). In *Indian journal of Geo Marine Sciences* 48 (11), pp. 1687–1691, checked on 1/17/2020.

Bastos et al. (2019): Phytoremediation potential of *Ulva ohnoi* (Chlorophyta). Influence of temperature and salinity on the uptake efficiency and toxicity of cadmium. In *Ecotoxicology and environmental safety* 174, pp. 334–343. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2019.01.130.

Beacham et al. (2019): Analysis of Seaweeds from South West England as a Biorefinery Feedstock. In *Applied Sciences* 9 (20), p. 4456. DOI: 10.3390/app9204456.



- Becherucci et al. (2019): Eutrophication in a semi-desert coastal ecosystem promotes increases in N and C isotopic signatures and changes in primary sources. In *Marine environmental research* 146, pp. 71–79. DOI: 10.1016/j.marenvres.2019.03.004.
- Bermejo et al. (2019): Spatial and temporal variability of biomass and composition of green tides in Ireland. In *Harmful Algae* 81, pp. 94–105. DOI: 10.1016/j.hal.2018.11.015.
- Byeon et al. (2019): The origin and population genetic structure of the 'golden tide' seaweeds, *Sargassum horneri*, in Korean waters. In *Scientific reports* 9 (1), p. 7757. DOI: 10.1038/s41598-019-44170-x.
- Cao et al. (2019): Spatiotemporal Patterns and Morphological Characteristics of *Ulva prolifera* Distribution in the Yellow Sea, China in 2016–2018. In *Remote Sensing* 11 (4), p. 445. DOI: 10.3390/rs11040445.
- Chávez-Sánchez et al. (2019): First report, along with nomenclature adjustments, of *Ulva ohnoi*, *U. tepida* and *U. torta* (Ulvaceae, Ulvales, Chlorophyta) from northwestern Mexico. In *Botanica Marina* 62 (2), pp. 113–123. DOI: 10.1515/bot-2018-0007.
- Chen et al. (2019a): High-frequency observation of floating algae from AHI on Himawari-8. In *Remote Sensing of Environment* 227, pp. 151–161. DOI: 10.1016/j.rse.2019.03.038.
- Chen et al. (2019b): Spatial-Temporal Distribution of Golden Tide Based on High-Resolution Satellite Remote Sensing in the South Yellow Sea. In *Journal of Coastal Research* 90 (sp1), p. 221. DOI: 10.2112/SI90-027.1.
- Cheney et al. (2019): Bioaccumulation of PCBs by a seaweed bloom (*Ulva rigida*) and transfer to higher trophic levels in an estuarine food web. In *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 611, pp. 75–93. DOI: 10.3354/meps12840.
- Cho et al. (2019): Tracing nitrogen sources fueling coastal green tides off a volcanic island using radon and nitrogen isotopic tracers. In *The Science of the total environment* 665, pp. 913–919. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.02.212.
- Cruces et al. (2019): Interaction of Photoprotective and Acclimation Mechanisms in *Ulva rigida* (Chlorophyta) in Response to Diurnal Changes in Solar Radiation in Southern Chile. In *Journal of phycology* 55 (5), pp. 1011–1027. DOI: 10.1111/jpy.12894.
- Cui et al. (2019): Assessment of blooming *Ulva* macroalgae production potential in the Yellow Sea, China. In *Phycologia* 58 (5), pp. 535–541. DOI: 10.1080/00318884.2018.1551016.
- Di Wu et al. (2019): A review on drone-based harmful algae blooms monitoring. In *Environmental monitoring and assessment* 191 (4), p. 211. DOI: 10.1007/s10661-019-7365-8.
- Dominguez&Loret (2019): *Ulva lactuca*, A Source of Troubles and Potential Riches. In *Marine drugs* 17 (6). DOI: 10.3390/md17060357.
- Du et al. (2019): Temporal succession of community structure and biphasic ratio in a natural population of *Ulva* spp. (Chlorophyta) attached to *Pyropia* rafts in the Yellow Sea, China. In *Botanica Marina* 62 (6), pp. 549–561. DOI: 10.1515/bot-2018-0115.
- Fort et al. (2019): Extensive Variations in Diurnal Growth Patterns and Metabolism Among *Ulva* spp. Strains. In *Plant physiology* 180 (1), pp. 109–123. DOI: 10.1104/pp.18.01513.
- Fort et al. (2020): Green tides select for fast expanding *Ulva* strains. In *The Science of the total environment* 698, p. 134337. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.134337.
- Fu et al. (2019): Buoyancy potential of dominant green macroalgal species in the Yellow Sea's green tides, China. In *Marine pollution bulletin* 140, pp. 301–307. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2019.01.056.



- Gao et al. (2019a): Combination of ocean acidification and warming enhances the competitive advantage of *Skeletonema costatum* over a green tide alga, *Ulva linza*. In *Harmful Algae* 85, p.101698. DOI: 10.1016/j.hal.2019.101698.
- Gao et al. (2019b): Future CO<sub>2</sub>-induced ocean acidification enhances resilience of a green tide alga to low-salinity stress. In *ICES Journal of Marine Science* 28, p. 1476. DOI: 10.1093/icesjms/fsz135.
- Geng et al. (2019): Tracing the settlement region of massive floating green algae in the Yellow Sea. In *J. Ocean. Limnol.* 37 (5), pp. 1555–1565. DOI: 10.1007/s00343-019-8348-x.
- Ghaderiardakani et al. (2019a): Analysis of algal growth- and morphogenesis- promoting factors in an integrated multi-trophic aquaculture system for farming *Ulva* spp. In *Aquacult. Environ. Interact.* 11, pp. 375–391. DOI: 10.3354/aei00319.
- Ghaderiardakani et al. (2019b): Effects of green seaweed extract on *Arabidopsis* early development suggest roles for hormone signalling in plant responses to algal fertilisers. In *Scientific reports* 9 (1), p. 1983. DOI: 10.1038/s41598-018-38093-2.
- Gladyshev&Gubelit (2019): Green Tides. New Consequences of the Eutrophication of Natural Waters (Invited Review). In *Contemp. Probl. Ecol.* 12 (2), pp. 109–125. DOI: 10.1134/S1995425519020057.
- Hamid et al. (2019): Metabolome profiling of various seaweed species discriminates between brown, red, and green algae. In *Planta* 249 (6), pp. 1921–1947. DOI: 10.1007/s00425-019-03134-1.
- Han et al. (2019): Distribution of green algae micro-propagules and their function in the formation of the green tides in the coast of Qinhuangdao, the Bohai Sea, China. In *Acta Oceanol. Sin.* 38 (8), pp. 72–77. DOI: 10.1007/s13131-018-1278-1.
- Harris et al. (2019): Decomposing macroalgae (*Ulva* spp.) impacts benthic macrofauna and surface sediment erosion. In *Geo-Mar Lett* 53 (7), p. 1. DOI: 10.1007/s00367-019-00593-z.
- He et al. (2019a): Comparative transcriptome analysis between floating and attached *Ulva prolifera* in studying green tides in the Yellow Sea. In *Algal Research* 44, p. 101712. DOI: 10.1016/j.algal.2019.101712.
- He et al. (2019b): Dynamic metabolic profiles of the marine macroalga *Ulva prolifera* during fragmentation-induced proliferation. In *PLoS one* 14 (5), e0214491. DOI: 10.1371/journal.pone.0214491.
- Hiraoka et al. (2019): Replacement of *Ulva ohnoi* in the type locality under rapid ocean warming in southwestern Japan. In *J Appl Phycol* 62, p. 113. DOI: 10.1007/s10811-019-01974-8.
- Hu et al. (2019): On the remote estimation of *Ulva prolifera* areal coverage and biomass. In *Remote Sensing of Environment* 223, pp. 194–207. DOI: 10.1016/j.rse.2019.01.014.
- Huang et al. (2019): Threshold stability of different algorithms for green tide detection base on geostationary ocean color imager.
- Hughey et al. (2019): Genetic analysis of the Linnaean *Ulva lactuca* (Ulvales, Chlorophyta) holotype and related type specimens reveals name misapplications, unexpected origins, and new synonymies. In *Journal of phycology* 55 (3), pp. 503–508. DOI: 10.1111/jpy.12860.
- Jiang et al. (2019a): Complete chloroplast genome of *Ulva prolifera*, the dominant species of green macroalgal blooms in Yellow Sea, China. In *Mitochondrial DNA Part B* 4 (1), pp. 1930–1931. DOI: 10.1080/23802359.2019.1610090.
- Jiang et al. (2019b): Effects of CO<sub>2</sub> supply on growth and photosynthetic ability of young sporophytes of the economic seaweed *Sargassum fusiforme* (Sargassaceae, Phaeophyta). In *J Appl Phycol* 31 (1), pp. 615–624. DOI: 10.1007/s10811-018-1569-0.



- Jiang et al. (2019c): Photosynthetic behaviors in response to intertidal zone and algal mat density in *Ulva lactuca* (Chlorophyta) along the coast of Nan'ao Island, Shantou, China. In *Environmental science and pollution research international* 26 (13), pp. 13346–13353. DOI: 10.1007/s11356-019-04775-1.
- Jiang et al. (2020): Remote sensing methods for biomass estimation of green algae attached to nursery-nets and raft rope. In *Marine pollution bulletin* 150, p. 110678. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2019.110678.
- Jones et al. (2019): Green macroalgae blooms (*Ulva* spp.) influence trophic ecology of juvenile flatfish differently in sandy beach nurseries. In *Marine environmental research*, p. 104843. DOI: 10.1016/j.marenvres.2019.104843.
- Kachur et al. (2019): Comparative effects of pollution stress on the West Bering Sea and Sea of Okhotsk Large Marine Ecosystems. In *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 163, pp. 65–71. DOI: 10.1016/j.dsr2.2019.04.010.
- Kang et al. (2019): Species composition, diversity, and distribution of the genus *Ulva* along the coast of Jeju Island, Korea based on molecular phylogenetic analysis. In *PloS one* 14 (7), e0219958. DOI: 10.1371/journal.pone.0219958.
- Kim et al. (2019a): Efficient production of poly  $\gamma$ -d-glutamic acid from the bloom-forming green macroalgae, *Ulva* sp., by *Bacillus* sp. SJ-10. In *Biotechnology and bioengineering* 116 (7), pp. 1594–1603. DOI: 10.1002/bit.26966.
- Kim et al. (2019b): Long-Term Trend of Green and Golden Tides in the Eastern Yellow Sea. In *Journal of Coastal Research* 90 (sp1), p. 317. DOI: 10.2112/SI90-040.1.
- Lamb et al. (2019): Identification of the Bloom Forming *Ulva* and Macroalgal Assemblage in Jamaica Bay, New York, USA. In *Rhodora* 120 (984), pp. 269–299. DOI: 10.3119/17-29.
- Le et al. (2019): Optimization of Microwave-Assisted Extraction of Polysaccharides from *Ulva pertusa* and Evaluation of Their Antioxidant Activity. In *Antioxidants (Basel, Switzerland)* 8 (5). DOI: 10.3390/antiox8050129.
- Lee et al. (2019): Taxonomy of *Ulva* causing blooms from Jeju Island, Korea with new species, *U. pseudo-ohnoi* sp. nov. (Ulvales, Chlorophyta). In *ALGAE* 34 (4), pp. 253–266. DOI: 10.4490/algae.2019.34.12.9.
- Li et al. (2019a): Characteristics and influence of green tide drift and dissipation in Shandong Rongcheng coastal water based on remote sensing. In *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 227, p. 106335. DOI: 10.1016/j.ecss.2019.106335.
- Li et al. (2019b): Composition variations and spatiotemporal dynamics of dissolved organic matters during the occurrence of green tide (*Ulva prolifera* blooms) in the Southern Yellow Sea, China. In *Marine pollution bulletin* 146, pp. 619–630. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2019.07.021.
- Li et al. (2019c): Darkness and low nighttime temperature modulate the growth and photosynthetic performance of *Ulva prolifera* under lower salinity. In *Marine pollution bulletin* 146, pp. 85–91. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2019.05.058.
- Li et al. (2019d): Nitrogen uptake and assimilation preferences of the main green tide alga *Ulva prolifera* in the Yellow Sea, China. In *J Appl Phycol* 31 (1), pp. 625–635. DOI: 10.1007/s10811-018-1575-2.
- Li et al. (2019e): Purification and Characterization of a Novel Hydrolase That Can Specifically Degrade the Polysaccharide Isolated from Green Seaweed *Ulva prolifera*. In *J. Ocean Univ. China* 18 (1), pp. 185–192. DOI: 10.1007/s11802-019-3687-y.
- Liu et al. (2019a): Good news. We can identify *Ulva* species erupted in the Yellow Sea more easily and cheaply now. In *Conservation Genet Resour* 35 (3), p. 575. DOI: 10.1007/s12686-019-01114-x.



- Liu et al. (2019b): Macroalgae bloom decay decreases the sediment organic carbon sequestration potential in tropical seagrass meadows of the South China Sea. In *Marine pollution bulletin* 138, pp. 598–603. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2018.12.009.
- Liu et al. (2020): Acid treatment combined with high light leads to increased removal efficiency of *Ulva prolifera*. In *Algal Research* 45, p. 101745. DOI: 10.1016/j.algal.2019.101745.
- Lu et al. (2019): Uncertainty in the optical remote estimation of the biomass of *Ulva prolifera* macroalgae using MODIS imagery in the Yellow Sea. In *Optics express* 27 (13), pp. 18620–18627. DOI: 10.1364/OE.27.018620.
- Ma et al. (2019): Differential Photosynthetic Response of a Green Tide Alga *Ulva linza* to Ultraviolet Radiation, Under Short- and Long-term Ocean Acidification Regimes. In *Photochemistry and photobiology* 95 (4), pp. 990–998. DOI: 10.1111/php.13083.
- McGovern et al. (2019): Interannual Improvement in Sea Lettuce Blooms in an Agricultural Catchment. In *Front. Mar. Sci.* 6, p. 67. DOI: 10.3389/fmars.2019.00064.
- Mei et al. (2019): Community Structure of Bacteria Associated With Drifting *Sargassum horneri*, the Causative Species of Golden Tide in the Yellow Sea. In *Frontiers in microbiology* 10, p. 1192. DOI: 10.3389/fmicb.2019.01192.
- Mhatre et al. (2019): Influence of nitrogen source on photochemistry and antenna size of the photosystems in marine green macroalgae, *Ulva lactuca*. In *Photosynthesis research* 139 (1-3), pp. 539–551. DOI: 10.1007/s11120-018-0554-4.
- Miyamoto et al. (2019): Combined Effects of Drift Macroalgal Bloom and Warming on Occurrence and Intensity of Diel-Cycling Hypoxia in a Eutrophic Coastal Lagoon. In *Estuaries and Coasts* 42 (2), pp. 494–503. DOI: 10.1007/s12237-018-0484-6.
- Nainu, Firzan; Rangga Meidianto Asri; M Natsir Djide; Muhammad Ahsan; Gemini Alam (2019): Protective Effect of Green Algae *Ulva reticulata* Against *Pseudomonas aeruginosa* in *Drosophila* Infection Model (published in HAYATI Journal of Biosciences, 26(4), 163-171).
- Nakamura et al. (2019): Photosynthesis and growth of *Ulva ohnoi* and *Ulva pertusa* (Ulvophyceae) under high light and high temperature conditions, and implications for green tide in Japan. In *Phycological Res.* 116, p. 229. DOI: 10.1111/pre.12410.
- Oliveira et al. (2019): The *Ulva* spp. Conundrum. What Does the Ecophysiology of Southern Atlantic Specimens Tell Us? In *Journal of Marine Biology* 2019 (9), pp. 1–6. DOI: 10.1155/2019/5653464.
- Osseni et al. (2019): Hedonic valuation of harmful algal bloom pollution. Why econometrics matters? In *Land Use Policy*, p. 104283. DOI: 10.1016/j.landusepol.2019.104283.
- Otani et al. (2020): Annual dynamics of benthic primary production by macrophytes on a sand flat in the eutrophic Hiroshima Bay, Japan. In *Regional Studies in Marine Science* 34, p. 101000. DOI: 10.1016/j.rsma.2019.101000.
- Prabhu et al. (2019): Starch from the sea. The green macroalga *Ulva ohnoi* as a potential source for sustainable starch production in the marine biorefinery. In *Algal Research* 37, pp. 215–227. DOI: 10.1016/j.algal.2018.11.007.
- Pugazhendhi et al. (2019): Anticancer, antimicrobial and photocatalytic activities of green synthesized magnesium oxide nanoparticles (MgONPs) using aqueous extract of *Sargassum wightii*. In *Journal of photochemistry and photobiology. B, Biology* 190, pp. 86–97. DOI: 10.1016/j.jphotobiol.2018.11.014.
- Qu et al. (2019): Ecological effects of *Ulva prolifera* green tide on bacterial community structure in Qingdao offshore environment. In *Chemosphere* 244, p. 125477. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2019.125477.



- Reisky et al. (2019): A marine bacterial enzymatic cascade degrades the algal polysaccharide ulvan. In *Nature chemical biology* 15 (8), pp. 803–812. DOI: 10.1038/s41589-019-0311-9.
- Ren et al. (2019): Green tide biomass templated synthesis of molybdenum oxide nanorods supported on carbon as efficient nanozyme for sensitive glucose colorimetric assay. In *Sensors and Actuators B: Chemical* 296, p. 126517. DOI: 10.1016/j.snb.2019.04.148.
- Rosa et al. (2020): Uptake of enrofloxacin from seawater to the macroalgae *Ulva* and its use in IMTA systems. In *Aquaculture* 516, p. 734609. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2019.734609.
- Safavi et al. (2019): Effect of sulfated polysaccharides extracted from marine macroalgae (*Ulva intestinalis* and *Gracilariopsis persica*) on growth performance, fatty acid profile, and immune response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). In *J Appl Phycol* 31 (6), pp. 4021–4035. DOI: 10.1007/s10811-019-01902-w.
- Salarux&Kaewplang (2020): Estimation of algal bloom biomass using UAV-based remote sensing with NDVI and GRVI 6 (1), checked on 1/17/2020.
- Samanta et al. (2019a): Comparative assessment of salinity tolerance based on physiological and biochemical performances in *Ulva australis* and *Pyropia yezoensis*. In *Algal Research* 42, p. 101590. DOI: 10.1016/j.algal.2019.101590.
- Samanta et al. (2019b): Stable carbon and nitrogen isotopic characterization and tracing nutrient sources of *Ulva* blooms around Jeju coastal areas. In *Environmental pollution (Barking, Essex : 1987)* 254 (Pt A), p. 113033. DOI: 10.1016/j.envpol.2019.113033.
- Schaefer et al. (2019): Integrated observing systems. An approach to studying harmful algal blooms in south Florida. In *Journal of Operational Oceanography* 12 (sup2), S187-S198. DOI: 10.1080/1755876X.2019.1606879.
- Shafay et al. (2019): Allelopathic effect of the green macroalgae *Ulva fasciata* (Delile) on potentially harmful algal bloom forming species. In *Egypt. J. Exp. Biol. (Bot.)* 15 (2), p. 1. DOI: 10.5455/egyjebb.20190505044917.
- Shan et al. (2019): Estimating ecological damage caused by green tides in the Yellow Sea. A choice experiment approach incorporating extended theory of planned behavior. In *Ocean & Coastal Management* 181, p. 104901. DOI: 10.1016/j.ocecoaman.2019.104901.
- Shen et al. (2019): A New Molecular Label Applied to the Study of the Yellow Sea Green Tide. In *J. Ocean Univ. China* 18 (6), pp. 1507–1514. DOI: 10.1007/s11802-019-3988-1.
- Song et al. (2019a): Molecular identification of the macroalgae that cause green tides in the Bohai Sea, China. In *Aquatic Botany* 156, pp. 38–46. DOI: 10.1016/j.aquabot.2019.04.004.
- Song et al. (2019b): Tracking the original source of the green tides in the Bohai Sea, China. In *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 219, pp. 354–362. DOI: 10.1016/j.ecss.2019.02.036.
- Song&Duan (2019): The Yellow Sea, pp. 395–413. DOI: 10.1016/B978-0-08-100853-9.00025-7.
- Steinhagen et al. (2018): Molecular analysis of *Ulva compressa* (Chlorophyta, Ulvales) reveals its morphological plasticity, distribution and potential invasiveness on German North Sea and Baltic Sea coasts. In *European Journal of Phycology* 54 (1), pp. 102–114. DOI: 10.1080/09670262.2018.1513167.
- Steinhagen et al. (2019): Conspicuity of the model organism *Ulva mutabilis* and *Ulva compressa* (Ulvophyceae, Chlorophyta). In *Journal of phycology* 55 (1), pp. 25–36. DOI: 10.1111/jpy.12804.
- Sun et al. (2019): Antialgal Activity of Glycoglycerolipids Derived from a Green Macroalgae *Ulva prolifera* on Six Species of Red Tide Microalgae. In *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 484, p. 12057. DOI: 10.1088/1757-899X/484/1/012057.



- Sun et al. (2020): Metagenomic Analysis of the Effect of *Enteromorpha prolifera* Bloom on Microbial Community and Function in Aquaculture Environment. In *Current microbiology*. DOI: 10.1007/s00284-019-01862-x.
- Tao et al. (2019): Cofactor-Based Efficient Endmember Extraction for Green Algae Area Estimation. In *IEEE Geosci. Remote Sensing Lett.* 16 (6), pp. 849–853. DOI: 10.1109/LGRS.2018.2888574.
- Thorsen et al. (2019): Fertilizer-derived N in opportunistic macroalgae after flooding of agricultural land. In *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 616, pp. 37–49. DOI: 10.3354/meps12927.
- Vila Duplá, María (2019): Dynamics and ecological implications of the *Ulva-Zostera* ecotone in Elkhorn Slough, CA.
- Wan et al. (2019): Macroalgae as a sustainable aquafeed ingredient. In *Rev Aquacult* 11 (3), pp. 458–492. DOI: 10.1111/raq.12241.
- Wang et al. (2019a): Characterization and transcriptional analysis of one carbonic anhydrase gene in the green-tide-forming alga *Ulva prolifera* (Ulvophyceae, Chlorophyta). In *Phycological Res.* 68 (1), pp. 90–97. DOI: 10.1111/pre.12402.
- Wang et al. (2019b): Comparative transcriptome analysis of four co-occurring *Ulva* species for understanding the dominance of *Ulva prolifera* in the Yellow Sea green tides. In *J Appl Phycol* 31 (5), pp. 3303–3316. DOI: 10.1007/s10811-019-01810-z.
- Wang et al. (2019c): Nutrient absorption by *Ulva prolifera* and the growth mechanism leading to green-tides. In *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 227, p. 106329. DOI: 10.1016/j.ecss.2019.106329.
- Wang et al. (2019d): Polysaccharides from *Enteromorpha Prolifera* Ameliorate Acute Myocardial Infarction *in Vitro* and *in Vivo* via Up-Regulating HIF-1 $\alpha$ . In *Int. Heart J.* 60 (4), pp. 964–973. DOI: 10.1536/ihj.18-519.
- Wang et al. (2019e): Temporal variability in zooplankton community in the western Yellow Sea and its possible links to green tides. In *PeerJ* 7, e6641. DOI: 10.7717/peerj.6641.
- Wei et al. (2019): Physical-biogeochemical interactions and potential effects on phytoplankton and *Ulva prolifera* in the coastal waters off Qingdao (Yellow Sea, China). In *Acta Oceanol. Sin.* 38 (2), pp. 11–23. DOI: 10.1007/s13131-019-1344-3.
- Wu et al. (2019): Effects of increased CO<sub>2</sub> and temperature on the physiological characteristics of the golden tide blooming macroalgae *Sargassum horneri* in the Yellow Sea, China. In *Marine pollution bulletin* 146, pp. 639–644. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2019.07.025.
- Xiao et al. (2019): Remote sensing estimation of the biomass of floating *Ulva prolifera* and analysis of the main factors driving the interannual variability of the biomass in the Yellow Sea. In *Marine pollution bulletin* 140, pp. 330–340. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2019.01.037.
- Xie et al. (2019): Growth characteristics of hybrids produced by closely related *Ulva* species. In *Aquaculture*, p. 734902. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2019.734902.
- Xing et al. (2019): Factors that affect the growth and photosynthesis of the filamentous green algae, *Chaetomorpha valida*, in static sea cucumber aquaculture ponds with high salinity and high pH. In *PeerJ* 7, e6468. DOI: 10.7717/peerj.6468.
- Xiu et al. (2019): Bioavailability of dissolved organic nitrogen and its uptake by *Ulva prolifera*. Implications in the outbreak of a green bloom off the coast of Qingdao, China. In *Marine pollution bulletin* 140, pp. 563–572. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2019.01.057.
- Yang et al. (2019a): Antioxidative defense response of *Ulva prolifera* under high or low-temperature stimulus. In *Algal Research* 44, p. 101703. DOI: 10.1016/j.algal.2019.101703.



- Yang et al. (2019b): Characterization of fluorescent dissolved organic matter from green macroalgae (*Ulva prolifera*)-derived biochar by excitation-emission matrix combined with parallel factor and self-organizing maps analyses. In *Bioresource technology* 287, p. 121471. DOI: 10.1016/j.biortech.2019.121471.
- Yoshida et al. (2000): *Sargassum boreale* sp. nov. (Fucales, Phaeophyceae) from Hokkaido, Japan. In *Phycological Research* 48 (3), pp. 125–131. DOI: 10.1046/j.1440-1835.2000.00197.x.
- Yu et al. (2019): The role of ecological factors in the progress of the green tide in the Yellow Sea 41 (8), checked on 1/17/2020.
- Yue et al. (2019): Future CO<sub>2</sub>-induced seawater acidification mediates the physiological performance of a green alga *Ulva linza* in different photoperiods. In *PeerJ* 7, e7048. DOI: 10.7717/peerj.7048.
- Zaidi et al. (2019): Conjoint effect of microwave irradiation and metal nanoparticles on biogas augmentation from anaerobic digestion of green algae. In *International Journal of Hydrogen Energy* 44 (29), pp. 14661–14670. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2019.02.245.
- Zhang et al. (2019a): A simple and effective method for monitoring floating green macroalgae blooms. A case study in the Yellow Sea. In *Optics express* 27 (4), pp. 4528–4548. DOI: 10.1364/OE.27.004528.
- Zhang et al. (2019b): Adsorptive removal of polycyclic aromatic hydrocarbons by detritus of green tide algae deposited in coastal sediment. In *The Science of the total environment* 670, pp. 320–327. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.03.296.
- Zhang et al. (2019c): An increase in new *Sargassum* (Phaeophyceae) blooms along the coast of the East China Sea and Yellow Sea. In *Phycologia* 58 (4), pp. 374–381. DOI: 10.1080/00318884.2019.1585722.
- Zhang et al. (2019d): Annual patterns of macroalgal blooms in the Yellow Sea during 2007-2017. In *PloS one* 14 (1), e0210460. DOI: 10.1371/journal.pone.0210460.
- Zhang et al. (2019e): Phycoremediation of coastal waters contaminated with bisphenol A by green tidal algae *Ulva prolifera*. In *The Science of the total environment* 661, pp. 55–62. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.01.132.
- Zhang et al. (2019f): *Ulva prolifera* green-tide outbreaks and their environmental impact in the Yellow Sea, China. In *National Science Review* 6 (4), pp. 825–838. DOI: 10.1093/nsr/nwz026.
- Zhao et al. (2019a): Photosynthetic response of floating *Ulva prolifera* to diurnal changes of in-situ environments on the sea surface. In *J. Ocean. Limnol.* 37 (2), pp. 589–599. DOI: 10.1007/s00343-019-8081-5.
- Zhao et al. (2019b): Reproductive strategy of the floating alga *Ulva prolifera* in blooms in the Yellow Sea based on a combination of zoid and chromosome analysis. In *Marine pollution bulletin* 146, pp. 584–590. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2019.07.018.
- Zheng et al. (2019a): Salinity mediates the effects of nitrogen enrichment on the growth, photosynthesis, and biochemical composition of *Ulva prolifera*. In *Environmental science and pollution research international* 26 (19), pp. 19982–19990. DOI: 10.1007/s11356-019-05364-y.
- Zheng et al. (2019b): Spatiotemporal variation in environmental features and elemental/isotopic composition of organic matter sources and primary producers in the Yundang Lagoon (Xiamen, China). In *Environmental science and pollution research international* 26 (13), pp. 13126–13137. DOI: 10.1007/s11356-019-04720-2.
- Zollmann et al. (2019): Green technology in green macroalgal biorefineries. In *Phycologia* 58 (5), pp. 516–