

CENTRE D'ÉTUDE  
& DE VALORISATION  
DES ALGUES



ALGAE TECHNOLOGY  
& INNOVATION  
CENTRE

Suivi des blooms de macroalgues  
opportunistes sur le littoral Loire-Bretagne,  
Réseau de Contrôle Opérationnel - DCE 2020  
Inventaire des marées vertes sur le littoral breton

Année 2021

Contrat AELB : 20GC042 - novembre 2022

Sylvain BALLU : Chef de projet surveillance des Marées vertes

Clément DANIEL : Technicien supérieur environnement

Loïc CELLIER : Technicien environnement

Sophie RICHIER : Responsable de Pôle EENV



CEVA





## SOMMAIRE

1.	CONTEXTE ET OBJECTIFS .....	4
2.	METHODES .....	9
2.1.	Dénombrement des sites (suivi DCE RCS, financé en dehors de ce programme).....	9
2.2.	Estimation quantitative surfacique .....	11
2.3.	Indices d'eutrophisation.....	15
2.4.	Missions réalisées.....	17
3.	RESULTATS .....	19
3.1.	Dénombrement des sites en Bretagne (suivi DCE surveillance, financé en dehors de ce programme).....	19
3.1.1.	Sites touchés par des échouages d'ulves en 2021 .....	19
3.1.2.	Comparaison inter-annuelle 1997-2021 .....	29
3.1.3.	Mise en évidence de la particularité des sites sur vase .....	37
3.1.4.	Détermination des espèces proliférantes .....	40
3.1.5.	Conclusion .....	42
3.2.	Résultats de l'estimation surfacique sur les côtes bretonnes.....	43
3.2.1.	L'importance relative des sites (sites sableux).....	44
3.2.2.	Evolution annuelle de la marée verte .....	51
3.2.3.	Evolutions de la marée verte sur la période 2002-2021 .....	55
3.2.5.	Conclusions.....	78
3.3.	Suivi d'indices d'eutrophisation .....	79
3.3.1.	Résultats de suivi des quotas azotés dans les différents sites .....	79
3.3.2.	Eléments d'interprétation des profils saisonniers .....	79
3.3.3.	Résultats .....	81
3.3.4.	Evaluation des stocks totaux.....	103
4.	CONCLUSION .....	104
	ANNEXES.....	107



## TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : plan de vol RCO Bretagne et localisation des sites intégrés au suivi	6
Tableau 1 : liste des sites faisant l'objet de mesure d'indice d'eutrophisation	7
Tableau 2: Récapitulatif des MET et assimilées faisant l'objet d'une évaluation surfacique en 2021	13
Figure 2 : Découpage des masses d'eau sur la côte nord de la Bretagne (FRGC en rouge et FRGT en bleu) combiné au découpage par sites à « échouage d'ulves » (violet). Les trois sites de vasière sont indiqués par les flèches	14
Figure 3 : Illustration des masses d'eau et des sites à « échouages d'ulves » de milieux vaseux. Les masses d'eau pour lesquelles les données ont été complètement acquises en 2021 apparaissent en bleu. Les masses d'eau et les sites pour lesquels les données surfaciques n'ont pas été acquises en 2021 apparaissent en violet (uniquement acquisition des photographies aériennes).	14
Figure 4 : Nombre de sites touchés par département (Côtes d'Armor (22), Finistère (29), Ille et Vilaine (35) et Morbihan (56)) par des échouages d'ulves au moins une fois pour les inventaires estivaux en 2021 (juillet ou septembre).	21
Figure 5 : Nombre de sites touchés par département par des échouages d'ulves au moins une fois en 2021 (mai, juillet, septembre).	24
Tableau 3 : Sites touchés par des échouages d'ulves sur les trois inventaires de 2021 comparés aux années 2002-2020 sur 3 ou 4 dates d'inventaires. Le site de la Fresnaye, touché par des échouages d'Ulvaria (« ulvoïde ») de 2007 à 2009 puis de 2015 à 2021 a été classé dans ces sites « ulves ».	25
Figure 6 : Nombre de sites touchés par des échouages d'ulves par date d'inventaire sur l'ensemble du linéaire breton. Le site de la Fresnaye, touché par des échouages d'Ulvaria (« ulvoïde ») de 2007 à 2009 puis de 2015 à 2021 a été classé dans ces sites « ulves ».	26
30	
Figure 7 : Nombre de sites touchés entre 2000 et 2021 par des échouages d'ulves en période estivale (début juillet et fin août pour 2000 ; fin juin et début septembre pour 2001 ; juillet et / ou août pour 2002-2006 et mi-juillet et mi-septembre pour les années 2007 à 2021). Le site de la Fresnaye, touché par des échouages d'Ulvaria (« ulvoïde ») sur les années 2007-2009 puis 2015-2021 a été classé dans ces sites.	30
Figure 8 : Nombre de sites touchés par des échouages d'ulves en Bretagne entre 1997 et 2020 pour la période estivale sur les secteurs de plage (figure du haut) et de vasières (figure du bas). Les années antérieures à 2000 ne comportant qu'un seul inventaire annuel sont à distinguer des années postérieures pour lesquelles on dispose d'au moins deux informations annuelles. A partir de 2007 le deuxième inventaire estival est en septembre et non plus en août ; les résultats ne sont pas totalement comparables avec la période 2002-2006. Le site de la Fresnaye, touché par des échouages d'Ulvaria (« ulvoïde ») sur les années 2007-2009 puis 2015-2020 a été classé dans ces sites.	31
Figure 9 : Sites touchés par des échouages d'ulves en début de saison (fin juin ou juillet) sur les côtes bretonnes. Le site de la Fresnaye, touché par des échouages d'Ulvaria (« ulvoïde ») sur les années 2007-2009 puis 2015-2021 a été classé dans ces sites.	32
Figure 10 : Sites touchés par des échouages d'ulves en « fin de saison » (août ou septembre) sur les côtes bretonnes. Le site de la Fresnaye, touché par des échouages d'Ulvaria (« ulvoïde ») sur les années 2007-2009 puis 2015-2021 a été classé dans ces sites.	32
Figure 11 : Nombre de sites touchés par des échouages d'ulves sur l'ensemble de la saison sur les départements bretons entre 1997 et 2020 (nombre d'inventaires différents selon les années). Le site de la Fresnaye, touché par des échouages d'Ulvaria (« ulvoïde ») sur les années 2007-2009 puis 2015-2021 a été classé dans ces sites.	33
Figure 12 : Proportion de vasières dans les sites touchés par des échouages d'ulves sur les années 1997 à 2021. L'amélioration des suivis permet probablement d'expliquer, en partie au moins, l'augmentation de la proportion des vasières dans le total des sites inventoriés du début des suivis à 2008.	38
Tableau 4 : Répartition des sites sur secteur de plage par classe de taille maximum atteinte en 2021 sur les 3 inventaires « généraux » (« rideau » + échouage en « équivalent 100% » de couverture). 58 sites de type « plage » ont été classés pour des échouages d'ulves en 2021 et ont fait l'objet d'évaluation surfacique.	44
Figure 13 : Répartition par classe de taille (maximum annuel sur les trois inventaires « généraux ») des sites présentant des échouages d'ulves sur secteur de plage entre 2002 et 2021 ; le site de la Fresnaye, touché par des échouages d'Ulvaria (« ulvoïde ») de 2007 à 2009 puis de 2015 à 2021 a été classé dans ces sites.* A NOTER : en	



2013, pour diminuer les coûts des suivis, certains sites sableux n'ont pas fait l'objet d'évaluation surfacique malgré un classement pour des échouages d'ulves : cinq sites sur le littoral du Finistère et un sur le littoral du Morbihan sont dans ce cas. Les mesures surfaciques de ces sites augmenteraient la représentation des plus petites catégories (moins de 1 ha principalement mais éventuellement aussi de 1 à 10 ha)	45
Tableau 5 : Répartition des sites sur secteur de plage touchés en 2021 par des échouages d'ulves par département et par classe de taille (taille maximale atteinte sur les 3 inventaires généraux).	45
Figure 16 : Surfaces couvertes par les ulves en début de saison (avril+mai) et lien avec le niveau de couverture de la fin de l'année n-1. Les niveaux plus faibles qu'attendus en 2006, 2007, 2010, 2013, 2014, 2015, 2016, 2018 et 2020 s'expliquent par : des températures de l'eau plus froides en hiver/printemps que la moyenne (environ 1 mois de retard sur les températures de l'eau sur avril-mai-juin pour 2006, 2010 et 2013) ; le caractère particulièrement dispersif de l'hiver (pour 2007, 2013, 2014, 2015, 2016, 2018 et 2020). Le caractère plus précoce qu'attendu en 2017 s'explique par l'hiver le moins dispersif et parmi les plus lumineux. La position de 2021 (cercle vert) est liée aux surfaces importantes sur les baies de Saint Brieuc et Fresnaye très peu exposées à la dispersion (et vastes donc moins « destockables »).	65
Figure 21 : écart (pourcentage) entre les heures d'ensoleillement sur les stations MétéoFrance littorales suivies et les normales pour ces stations.	67
Figure 24 : pluviosité sur les stations Météo France suivies entre le 15 juin et le 13 juillet 2021 comparée au niveau moyen juin-juillet des années 1981-2010	71
Figure 25 : (gauche) Ecart, par BV, entre flux d'azote inorganique dissous sur mai-août 2021 et le flux pluriannuel 2010-2020 et (droite) détails des écarts mensuels sur mars à septembre 2021, sur octobre 2020-septembre 2021 et sur mai-août 2021 et les flux pluriannuels 2010-2020. Les différences observées s'expliquent principalement par les différences locales de pluviosité et les contextes géologiques locaux.	72
Figure 26 : Données de MétéoFrance écarts de pluviosité en 2019-2021 par rapport aux normales des différentes stations (gauche) et pluviosité mesurée sur la station de Saint Brieuc de 2013 à 2021 (droite)	73
Figure 28 : ensoleillement sur les stations Météo France suivi sur la fin 2020 (octobre-décembre) et le début 2021 (janvier-septembre)	82



## 1. CONTEXTE ET OBJECTIFS

Depuis la fin des années 60, le littoral breton est touché, en certains points, par des proliférations de macroalgues vertes de type Ulves, connues du public sous le terme de « marées vertes ».

Après plusieurs années d'études plus locales, le CEVA a été chargé, de 2002 à 2006, de la mise en place puis de la réalisation du suivi du phénomène de « marées vertes » à l'échelle de la Bretagne, dans le cadre du programme Prolittoral, programme régional et interdépartemental de lutte contre les marées vertes (financement de l'Agence de l'Eau Loire Bretagne, du Conseil régional de Bretagne et des quatre Conseils généraux bretons). Dans ce cadre, le CEVA a développé des outils spécifiques pour évaluer le phénomène et son évolution. Ces outils ont été élaborés en partant de la connaissance du phénomène acquise au travers des suivis antérieurs, réalisés pour le compte du Conseil général des Côtes d'Armor, de l'Agence de l'Eau Loire Bretagne et de collectivités locales bretonnes particulièrement touchées par le phénomène.

Depuis le début de leurs mises en œuvre en 2007, les inventaires de marées vertes du Réseau de Contrôle de Surveillance (RCS) et le classement des masses d'eau ont été réalisés par le CEVA, sous maîtrise d'ouvrage Ifremer. Le suivi du Réseau de Contrôle Opérationnel (RCO) des masses d'eau déclassées était organisé quant à lui selon deux méthodes suivant les régions. En Bretagne, le RCO se faisait sous maîtrise d'ouvrage CEVA et en Pays de Loire, sous maîtrise d'ouvrage de l'Agence de l'Eau, de 2014 à 2017, après deux années de suivi en maîtrise d'ouvrage CEVA.

En 2017, l'Agence de l'Eau Loire Bretagne a pris la maîtrise d'ouvrage des réseaux RCS et RCO sur le littoral Loire Bretagne et établi le CCTP en vue de la réalisation de ces suivis. Le CCTP rappelle le contexte réglementaire dans lequel sont définis les réseaux de suivi.

En application de la directive cadre européenne sur l'eau 2000/60/CE du 23 octobre 2000, un programme de surveillance (RCS) a été mis en place pour les différentes catégories d'eau. Il a commencé en janvier 2007 pour l'ensemble des paramètres disposant d'une métrique.

Concernant les eaux côtières et de transition, la mise en œuvre de ce programme est encadrée par 2 arrêtés nationaux et un arrêté de bassin :

- Arrêté du 17 octobre 2018 modifiant l'arrêté du 25 janvier 2010 établissant le programme de surveillance de l'état des eaux en application de l'article R. 212-22 du code de l'environnement NOR : TREL1819387A
- Arrêté n° 15.188 du 18 novembre 2015 Relatif au programme de surveillance de l'état des eaux du bassin Loire-Bretagne établi en application de l'article L.212-2-2 du code de l'environnement.
- Arrêté du 27 juillet 2018 modifiant l'arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R. 212-10, R. 212-11 et R. 212-18 du code de l'environnement NOR : TREL1819388A.

Ces 3 documents précisent les modalités d'organisation et de réalisation des prélèvements et d'analyses de l'ensemble des paramètres de contrôle de la DCE.

Les modalités pratiques de surveillance et les règles d'évaluation de la qualité des eaux littorales sont quant à elles encadrées par le Guide relatif aux règles d'évaluation de l'état des eaux littorales (eaux côtières et eaux de transition) en vue de la mise à jour de l'état des lieux 2019 - février 2018 – Articles R. 212-10, R. 212-11 et R. 212-8 du Code l'environnement Annexe 1, téléchargeable : <https://www.eaufrance.fr/sites/default/files/2019-04/guide-reeel-2018-3.pdf>



Concernant les masses d'eau déclassées, ces textes prévoient la mise en place d'un réseau de contrôle complémentaire appelé « Réseau de contrôle opérationnel » (RCO). Sa finalité est de suivre l'évolution du critère biologique responsable du déclassement et de vérifier l'efficacité des actions engagées.

L'objectif du présent programme porté par l'Agence de l'eau Loire Bretagne est de réaliser les inventaires « marée verte » pour le RCS, pour tout le littoral Loire Bretagne et de qualifier les masses d'eau côtières et de transition sur ce critère.

A l'issue de la consultation, le CEVA a été retenu pour la réalisation des suivis RCS et RCO du littoral Loire Bretagne (2017-2020 puis 2021-2024) comprenant :

- RCS :
  - Réalisation de 3 survols aériens (mai, juillet, septembre) de l'ensemble du littoral (du Mont Saint Michel à l'île de Ré), des opérations de contrôle sur le terrain des dépôts repérés et la mesure des surfaces d'échouages pour chaque dépôt, sur photo aériennes redressées et assemblées.
  - Conduite d'une enquête auprès des communes littorales sur les proliférations et le ramassage des algues vertes.
  - Mise en forme de ces données pour l'interprétation.
- RCO :
  - Réalisation de 4 suivis aériens (avril, juin, août, octobre) pour estimer les surfaces d'échouage en Bretagne et 2 (juin et août) en Pays de Loire-Ile de Ré ;
  - Mesures d'indices d'eutrophisation : Quota interne N et P ;
  - Mise en forme de ces données pour interprétation.
- Interprétation des données pour qualifier les masses d'eau de tout le littoral Loire Bretagne et stockage des données dans Quadrigé2.

Les interprétations porteront sur :

- Les données surfaciques d'échouages, issues des 3 survols du RCS (mai, juillet, septembre), complétées par les données acquises par le RCO, qui serviront à réaliser une évaluation annuelle du classement des masses d'eau, en application des règles nationales de classement.
- Les mesures d'indices d'eutrophisation : Quota interne N et P,
- La saisie des données surfaciques dans la base Quadrigé2 en collaboration avec Ifremer.

Le présent rapport porte sur les résultats acquis sur le linéaire de la région Bretagne dans le cadre du Réseau de Contrôle Opérationnel RCO. Les données issues des suivis RCS, sur ce littoral régional sont néanmoins intégrées au présent rapport, ces données étant complémentaires aux données du RCO. Les données sur la façade Pays de Loire-Ré, ayant un historique de suivi et des périodes de suivi différents sont présentés par ailleurs.



### Détails des suivis réalisés (RCO) :

#### ■ Suivis aériens :

- ✓ 4 survols additionnels (avril, juin, août, octobre), sur les principaux secteurs suivis depuis 2002 (Figure 1) afin de disposer d'une information mensuelle entre avril et octobre (perception de l'évolution interannuelle, de la durée et de la dynamique de la prolifération). En 2002, les sites avaient été sélectionnés soit parce qu'ils semblaient présenter les plus fortes proliférations soit pour des raisons « patrimoniales ». Le même réseau de site a été conservé afin de pouvoir estimer des évolutions sur le long terme avec des références « historiques ». Pour minimiser les coûts, chaque survol RCO est effectué sur **une seule journée** en partant de la côte sud (Vannes) pour finir en baie du Mont Saint Michel, comme cela était effectué dans les suivis antérieurs (Prolittoral puis CIMAV) ce qui induit un calage sur la marée basse un peu moins favorable, notamment dans le Golfe du Morbihan, que si les acquisitions se déroulaient sur deux jours comme c'est le cas des survols RCS de mai, juillet et septembre.

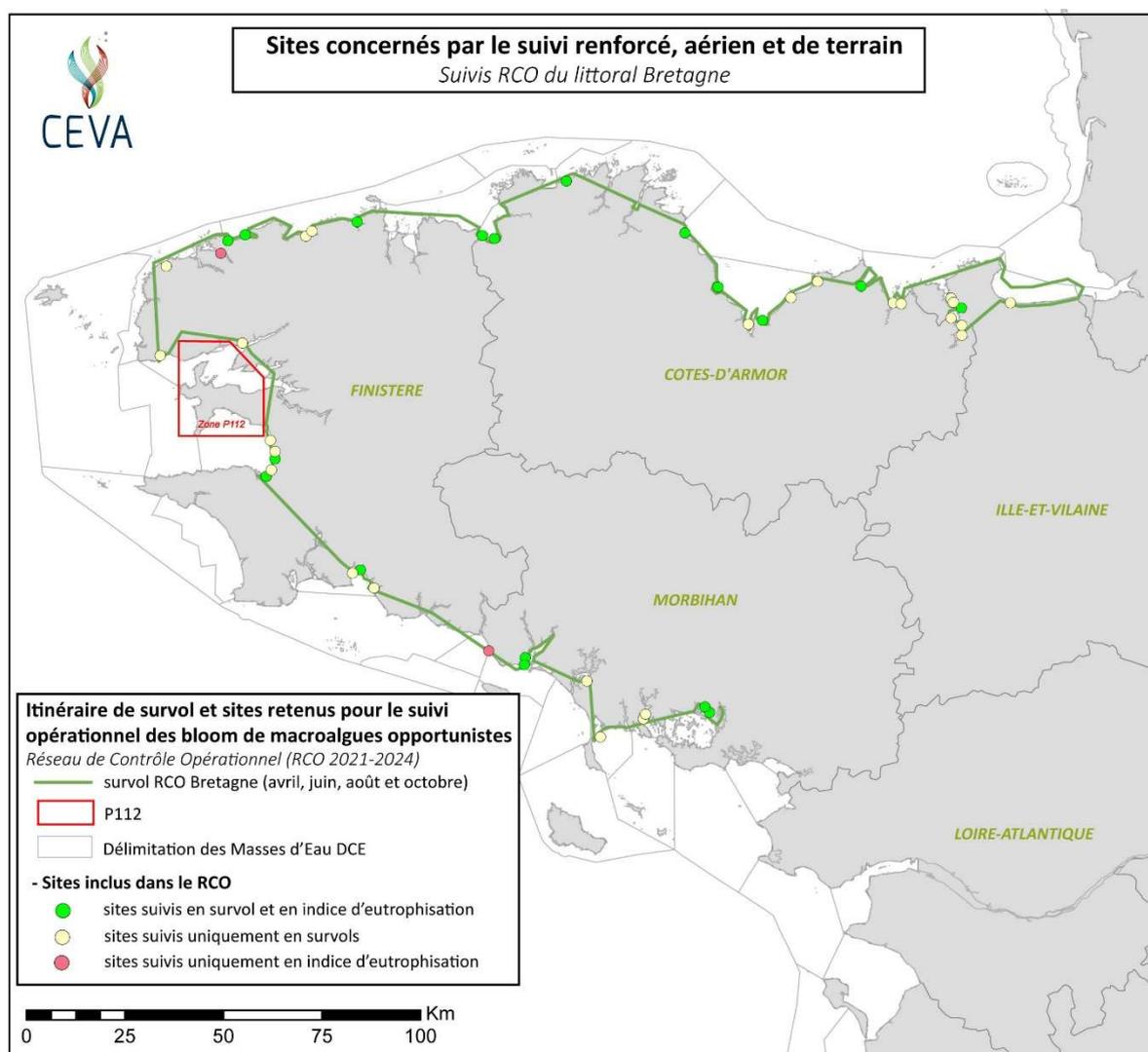


Figure 1 : plan de vol RCO Bretagne et localisation des sites intégrés au suivi

- ✓ Contrôles de terrain : suite aux survols, tous les sites présentant des dépôts d'algues vertes pour lesquels la connaissance des types d'algue n'est pas établie, font l'objet d'un contrôle de terrain dans les jours qui suivent les survols (type d'algues présentes, les proportions des différentes algues en cas de mélange et notamment détermination du taux d'ulve dans l'échouage).



- ✓ Mesure sur SIG des surfaces de dépôts : intégration et géoréférencement des photos numériques dans le SIG, digitalisation des dépôts, gestion des données dans les bases. Le suivi surfacique proposé ici est conforme aux méthodes en œuvre pour DCE-RCS et « Prolittoral-Cimav » des années antérieures. Les vasières font l'objet d'une digitalisation de leurs surfaces à partir des prises de vues réalisées dans le programme RCO, uniquement si les surfaces colonisées visibles semblent supérieures à celles observées lors des trois survols de surveillance. Cela pourrait se produire en raison d'un « pic » de prolifération lors d'un des vols du suivi RCO ou si le niveau de marée au moment du passage de l'avion était plus favorable lors de ces vols. La digitalisation des couvertures en algues est, par contre, réalisée dans le cadre du programme « DCE RCS » pour la date semblant présenter le maximum annuel et, depuis 2011 uniquement sur 10 Masses d'Eau et non sur tous les sites classés comme c'était le cas jusqu'en 2010. Les données de bases (photographiques) ont cependant été acquises sur les vasières depuis 2011 et pourront faire l'objet de traitements ultérieurement si cela était jugé utile pour déterminer, pour tous les sites touchés par des proliférations d'ulves sur vasière, leurs surfaces couvertes.
- ✓ Analyse, rapport.
- **Indices d'eutrophisation (N et P) :**
  - ✓ Prélèvement tous les 15 jours sur la période de prolifération d'ulves (à partir de fin avril si présence d'échouage et jusqu'au début septembre soit 10 campagnes de prélèvement), sur une liste prédéfinie de sites (Figure 1 et liste du Tableau 1 ci-dessous).

*Tableau 1 : liste des sites faisant l'objet de mesure d'indice d'eutrophisation*

<b>Sites du linéaire breton</b>
Rance / Saint Jouan des Guérets
Baie de la Fresnaye (échantillonnage du Pylaiella si pas d'ulves)
Baie de Saint Briec
Baie de Binic
Bréhec,
Trestel,
Baie de Saint Michel en Grève
Baie de Locquirec
Baie du Dossen (« Horn/Guillec »)
Baie de Guisseny
Moguéran,
Aber Wrac'h
Baie de Douarnenez / Sainte Anne la Palud
Baie de Douarnenez / le Ry
Baie de la Forêt / Kerleven
Fort Bloqué,
Larmor Plage,
Rade de Lorient
Golfe du Morbihan / Arcal
Golfe du Morbihan / Séné
Penvins
Mine d'Or



- ✓ lavage, tri, déshydratation puis broyage des échantillons prélevés.
- ✓ analyse des teneurs internes en azote et phosphore.
- ✓ analyse des résultats, rapport.

■ **Evaluation des stocks totaux :**

Les suivis aériens réalisés permettent par la mesure des surfaces d'échouages d'apprécier l'importance relative des sites et le profil des proliférations mais ne permettent pas d'estimer les biomasses présentes. La mesure en biomasse suppose des moyens importants en personnels sur le terrain au moment des survols, autour de la marée basse.

Par ailleurs, comme cela a pu être mis en évidence par les suivis spécifiques en biomasse incluant des prospections au-delà de la limite des marées basses (par plongées tractées) réalisés dans le cadre de Prolittoral puis du CIMAV entre 2002 et 2015, certains des sites bretons comprennent une partie importante de leurs algues en infralittoral, d'autres échouent la quasi-totalité sur l'estran lors de la marée basse. Les données recueillies de 2002 à 2015 montrent que le pourcentage des algues qui se trouvent en infralittoral varie de moins de 5 % pour les sites de l'Est des Côtes d'Armor à plus de 95 % pour les sites du Sud Bretagne (baie de la Forêt). Il est donc important, pour chaque site et plus particulièrement pour les sites stockant une grosse proportion en infralittoral, de qualifier cette partie non accessible aux observations aériennes pour déterminer l'importance réelle de la marée verte du site mais aussi pour améliorer la connaissance du fonctionnement de celui-ci. De plus, dans **l'hypothèse de mise en œuvre de déstockages de sites** (notamment par prélèvements d'une part importante des biomasses d'un site sur des périodes ciblées), il est primordial de pouvoir **estimer la biomasse totale** du site et de ne pas se limiter à la partie déposée sur l'estran.

En outre, la marée verte sur certains sites semble redémarrer à partir de stocks hivernaux qui subsistent non loin des plages et autorisent un démarrage précoce de la prolifération à une période où les flux sont encore très importants. D'autres sites redémarrent à partir de stocks beaucoup plus limités, voire même à partir d'algues d'arrachage ce qui permet d'expliquer des marées vertes très limitées en début de saison et devenant importantes, en fin de saison, en particulier les années pluvieuses. La compréhension du fonctionnement des sites et la perception de l'objectif qu'il faudra atteindre en terme de qualité de l'eau arrivant des bassins versants nécessitent d'évaluer l'importance de ces stocks de reconduction hivernaux.

Malgré l'intérêt que représente cette évaluation en biomasse afin d'alléger les suivis et en partant du principe que les évaluations ont été relativement nombreuses ces dernières années sur les sites de Douarnenez et de la baie de la Forêt (les plus pertinents pour ces évaluations), **aucune mesure de biomasse estivale n'est prévue dans ce programme**. De telles mesures pourront être reprogrammées sous quelques années en particulier si la situation sur les estrans évoluait de façon importante.



## 2. METHODES

Les méthodes et outils employés ici pour suivre les marées vertes ont été mis au point par le CEVA dans le cadre du programme Prolittoral, programme régional et interdépartemental de lutte contre les marées vertes en Bretagne, ce programme ayant lui-même bénéficié des acquis des études antérieures. Les suivis à réaliser et les méthodes à employer sont décrits dans le CCTP de l'étude publié par l'Agence de l'Eau Loire Bretagne et sont dans la lignée des suivis antérieurs ce qui les rend comparables avec la série historique remontant pour la Bretagne à 2002 et pour le sud Loire à 2007.

### 2.1. Dénombrement des sites (suivi DCE RCS, financé en dehors de ce programme)

Le dénombrement des sites touchés par des échouages d'ulves a été réalisé par survols aériens. Afin de parcourir le littoral à un niveau de marée suffisamment bas, trois jours de vol sont programmés pour chaque mois d'inventaire (Bretagne nord, Bretagne sud et Sud Loire). La carte 1 présente le trajet parcouru par l'avion (trajet défini, pour la partie Bretagne lors des suivis de Prolittoral de 2002 à 2006 permettant de couvrir dans les meilleures conditions et à un coût acceptable la majorité du littoral et toutes les zones sur lesquelles des développements d'ulves avaient déjà été reportés).

Les survols sont planifiés pour correspondre au mieux aux heures de basse mer des zones survolées et lors de coefficients de marée les plus forts (supérieurs à 75 quand cela est possible) afin de pouvoir observer de manière optimale les dépôts sur l'estran. Ces conditions doivent coïncider avec des conditions climatiques de bonne visibilité et plafond nuageux suffisamment haut pour acquérir des photographies qui soient à des échelles convenables pour les traitements ultérieurs.

En plus du pilote, un observateur-photographe est chargé à la fois des prises de vue et du report des informations essentielles. Les acquisitions ont été réalisées avec un appareil Nikon D7100 de 24 MP (ou D7500 de 20 MP), équipé d'un objectif Nikkor 18-70 ou 18-140 VR et du module GPS GP1A. C'est dans l'avion, en fonction de la perception aérienne, que sont pré-déterminés les sites devant faire l'objet de contrôle de terrain ; la liste définitive est consolidée au retour à terre, après visualisation des photos de l'ensemble du littoral.

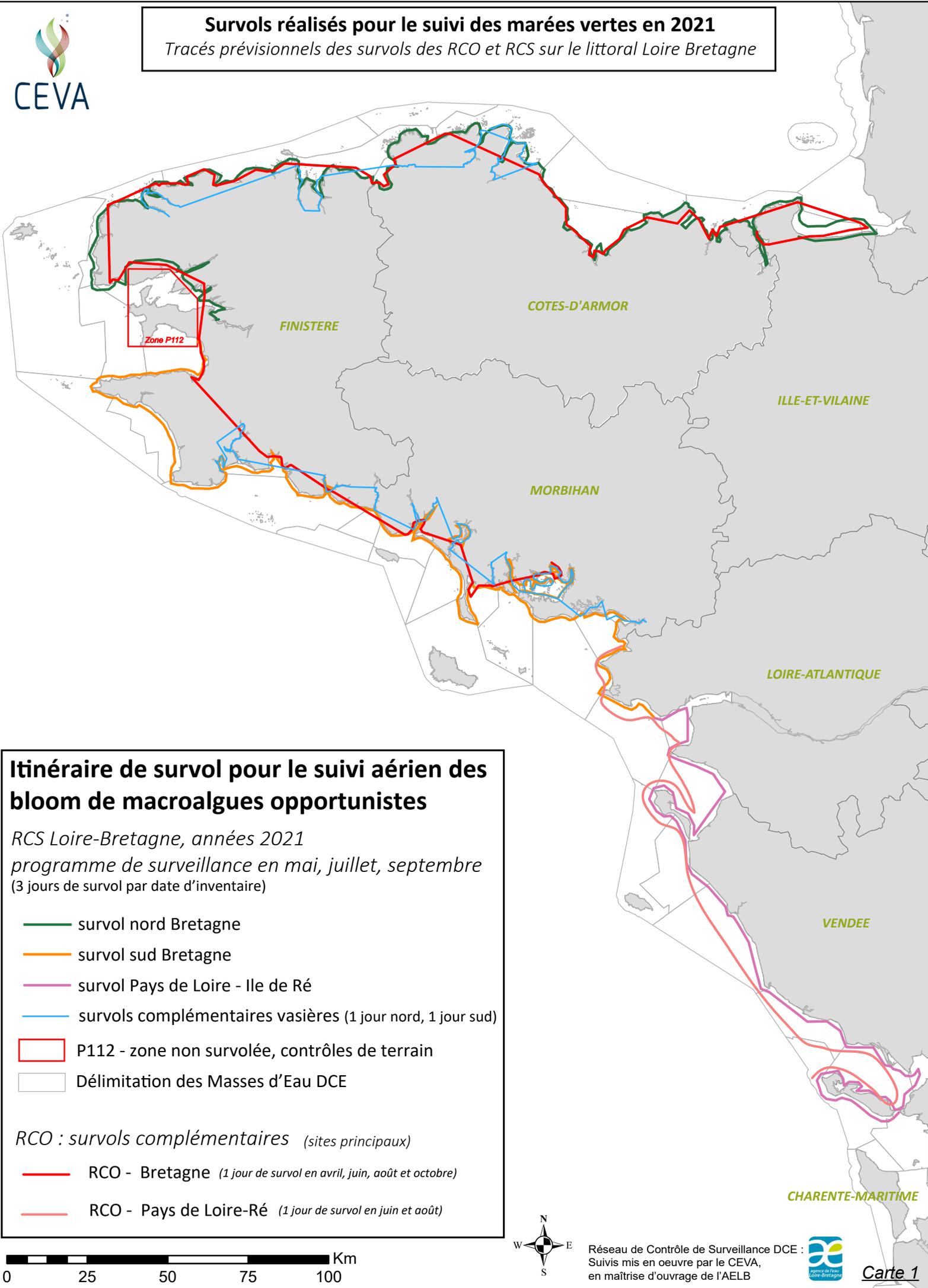
Une fois les photos acquises, les opérateurs de terrain sont rapidement dépêchés sur site afin de valider ou non le constat de site d'« échouage d'ulves ». Ces opérateurs relèvent les proportions des différentes algues en présence, en font des constats photographiques, recueillent, si besoin, des échantillons d'algues pour détermination systématique, ainsi que des informations relatives au type de dépôt et au mode de croissance (notamment la morphologie de l'algue indicatrice d'une phase fixée récente dans la vie de l'algue). Ces informations relevées sont ensuite archivées et intégrées dans la base de données « Marées Vertes ».

La définition d'un site à « échouage d'ulves » repose sur :

- un seuil de quantité anormale d'algues vertes détectable par avion,
- un contrôle de terrain qui vérifie que ce sont bien des ulves, qu'elles sont libres et représentent visuellement plus d'un tiers des échouages (ou d'un rideau de bas de plage).

Pour le cas des vasières, le classement du site repose sur la présence, au moins localement de tapis continu d'ulves (plutôt qu'un taux d'ulves dans l'échouage).

Il n'y a donc pas, à proprement parler, de seuil de superficie minimale pour qu'un site soit considéré, si ce n'est le fait que celui-ci doit pouvoir être détectable par avion (et dépôts visibles sur les photos aériennes). Cela permet de considérer les sites émergents (« alerte précoce »), de petites tailles, comme les sites plus importants. La notion d'importance de la prolifération est traitée dans l'approche surfacique décrite ci-dessous (possibilité alors de faire des seuillages sur les surfaces). A noter que dans ce dénombrement, l'aspect prépondérant est la présence d'ulves dans l'échouage ou le « tapis » d'ulves sur vasière qui sont considérés comme indicateurs d'un dysfonctionnement potentiel de l'écosystème.



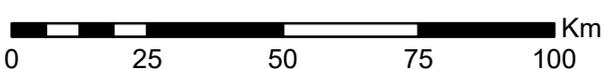
### Itinéraire de survol pour le suivi aérien des bloom de macroalgues opportunistes

RCS Loire-Bretagne, années 2021  
 programme de surveillance en mai, juillet, septembre  
 (3 jours de survol par date d'inventaire)

- survol nord Bretagne
- survol sud Bretagne
- survol Pays de Loire - Ile de Ré
- survols complémentaires vasières (1 jour nord, 1 jour sud)
- P112 - zone non survolée, contrôles de terrain
- Délimitation des Masses d'Eau DCE

RCO : survols complémentaires (sites principaux)

- RCO - Bretagne (1 jour de survol en avril, juin, août et octobre)
- RCO - Pays de Loire-Ré (1 jour de survol en juin et août)





## 2.2. Estimation quantitative surfacique

Lors des survols, tous les dépôts d'algues sont photographiés ce qui implique un nombre de photos plus ou moins important en fonction de la taille du site et des conditions atmosphériques qui imposent une altitude de vol. En 2021, tous les sites de type « sableux » classés « site à échouage d'ulves », ont fait l'objet d'une estimation surfacique (comme cela était le cas de 2002 à 2012 puis depuis 2014 sur les côtes bretonnes). Pour les sites à « marée verte » de type 3 « vasières », les évaluations surfaciques sont réalisées sur une liste de 10 ME (hors bon état sur les années 2008-2010 ; les dépôts d'algues vertes des autres ME sont photographiés mais les digitalisations ne sont pas réalisées). Pour les sites faisant l'objet d'une estimation surfacique des couvertures en ulves, les images acquises les plus pertinentes sont sélectionnées puis importées sous SIG. Le nombre de photos utilisées pour l'estimation des surfaces varie en fonction de la taille du site et de l'altitude de vol (une quinzaine de clichés pour les plus grands sites). Les photographies sont souvent obliques (en particulier dans le cas des grandes baies, surtout lorsque le plafond nuageux interdit une prise d'altitude suffisante) ce qui impose, pour pouvoir mesurer les surfaces de dépôt, la rectification des clichés par géoréférencement. Pour les sites présentant de vastes estrans et nécessitant de nombreuses prises de vues pour couvrir l'ensemble des dépôts à une résolution adaptée, et lorsque la qualité des prises de vues aériennes le permet (peu de nuages, recouvrement suffisant entre les photos), il est possible d'utiliser les techniques de photogrammétrie pour réaliser des « mosaïques orthorectifiées ». Cette méthode permet, entre autre, d'optimiser la précision et la résolution du géoréférencement, ainsi que le volume de données. Ainsi, une photo de bonne résolution (zoomée) mais présentant peu ou pas d'amers stables dans le temps (donc pas disponible sur les ortholittorales ni dans les bases d'amers CEVA) pourra-t-elle être utilisée en exploitant les structures visibles sur cette photo ainsi que sur des photos des zones adjacentes (par exemple les figures de dépôt d'ulves sur l'estran).

Une fois intégrées au SIG « Marées Vertes », les photos sont géoréférencées (alignement sur des données de référence). Pour disposer de références fiables, le CEVA utilise principalement les orthophotographies du littoral (acquises à marée basse). Un certain nombre de repères stables sur les estrans, repérés au cours des dernières années de suivi et rassemblés dans une base de données « amers », interne au CEVA, sont également utilisés. Cette opération de géoréférencement permet d'obtenir des données géométriquement redressées.

Cela permet ensuite la délimitation des surfaces couvertes. Deux digitalisations distinctes sont effectuées :

- délimitation correspondant à l'emprise du « rideau »<sup>1</sup> au moment de la prise de vue,
- délimitation des dépôts d'algues sur l'estran,

Pour pouvoir comparer les dépôts entre eux (comparaison inter ou intra sites au cours de la saison et interannuelle) le CEVA a défini une surface dite « équivalent 100 % » de couverture. Chaque dépôt fait l'objet d'une détermination de taux de couverture, par photo-interprétation. Les photo-interprétations sont standardisées par l'utilisation d'un catalogue de référence illustrant les recouvrements types (étalonnés en utilisant une procédure de traitement d'image). Le rapport RCS LB 2021 propose plus de détail sur ces traitements (annexe 1 qui illustre les traitements surfaciques réalisés pour obtenir ces surfaces couvertes).

Les surfaces en algues digitalisées pour chaque site sont ensuite traitées dans la banque de données : calcul, pour chaque polygone, des surfaces en « équivalent 100% » (taux de couverture x surface du dépôt) et agrégation par site de l'ensemble des surfaces. Intégrée à la base de données « Marées Vertes », une table synthétique des résultats permet alors de disposer pour chaque site et pour chaque inventaire :

---

<sup>1</sup> Les ulves forment un « rideau » dans l'eau en se concentrant dans les faibles profondeurs, sur l'ensemble de la colonne d'eau



- de la somme des surfaces couvertes par le rideau (équivalent 100 %),
- de la somme des surfaces « globalement » concernées par les dépôts d'ulves,
- de la surface totale réellement couverte par les ulves en dépôt (équivalent 100%).

Le traitement des données issues de cette procédure permet l'analyse statistique et la cartographie numérique des résultats concernant chacun des inventaires sur l'ensemble de la saison.

Les outils développés par le CEVA pour suivre les marées vertes ont été initialement développés pour les sites bretons de marées vertes « classiques » correspondant à des baies sableuses touchées par des proliférations d'algues monospécifiques (ulves en lames, très majoritairement). Ces mêmes outils peuvent cependant être appliqués également aux sites dits de « vasières » pour lesquels les dépôts d'algues sont moins mobiles et sont, la plupart du temps, constitués de plusieurs espèces d'algues, en lame du genre *Ulva* ou *Ulvaria* et d'algues vertes filamenteuses. A la demande des collectivités bretonnes et de l'Agence de l'Eau regroupées dans Prolittoral, le CEVA a réalisé en 2003 de premières estimations « sommaires » des surfaces couvertes par les ulves « en lame » sur les sites de « vasières ». Ces estimations ont toujours été présentées comme plus délicates dans la mesure où les limites entre les dépôts massifs d'ulves et des dépôts parfois fins d'algues vertes filamenteuses sont souvent difficiles à tracer. De plus, les conditions d'échantillonnage des vasières sont souvent difficiles (en particulier parcours très délicat de ces milieux). Enfin, d'une manière générale, l'évolution saisonnière de la couverture algale est plus lente sur les sites de vasières que sur les sites « classiques » de plage. C'est pourquoi le CEVA, en accord avec les partenaires de Prolittoral, avait choisi de saisir, pour une année, les surfaces couvertes par des dépôts épais d'ulves à la date pour laquelle ces dépôts semblent à leur maximum. Ce même travail sur le maximum annuel des vasières avait été proposé dans le cadre du programme de surveillance pour 2007. Cela permettait déjà de donner un poids relatif à chaque site et de comparer les maximums annuels de chaque site.

En 2008, pour converger vers les grilles de classement européennes de la DCE des **masses d'eau de type « abritées » (vasières)**, mises au point par les Anglais et les Irlandais, le CEVA a tracé, toujours pour la date semblant présenter le maximum annuel de biomasse (ou présentant le plus de photos exploitables des dépôts), **toutes les surfaces couvertes par les algues vertes** (filamenteuses ou en lame) pour les sites qui sont classés comme « touchés par des échouages d'ulves ». Cela évite d'avoir à distinguer les deux types d'algues mais cela suppose aussi un travail nettement plus important en termes de couverture photographique aérienne, de géoréférencement des photos et de digitalisation des dépôts (surface beaucoup plus étendue si on ne se limite plus aux seuls dépôts épais de morphologie ulve). Ce changement dans le traitement sur les sites de vasière rend donc délicate toute comparaison brute des données de 2008 avec les données des années antérieures.

En 2009, les suivis surfaciques des vasières ont été réalisés avec les mêmes méthodes qu'en 2008 (digitalisation des surfaces couvertes par les algues vertes au maximum annuel de biomasse). En 2010, afin de converger vers les méthodologies mises au point par les Anglais et les Irlandais dans le cadre de la DCE, il a été choisi :

- d'une part de s'affranchir de la notion de classement de sites et de digitaliser systématiquement tous les dépôts d'algues vertes des systèmes vaseux (toutes les masses d'eau de transition, ainsi que 4 masses d'eau côtières présentant des sites de vasières : FRGC07 « Paimpol-Perros Guirec », FRGC11 « Baie de Morlaix », FRGC16 « Rade de Brest » et FRGC39 « Golfe du Morbihan ») dans la mesure où les dépôts semblent pouvoir représenter 5 % de couverture de l'aire potentiellement colonisable.
- et d'autre part de choisir le mois d'inventaire présentant le maximum annuel de surface couverte par les algues vertes (et non plus seulement basé sur le maximum annuel de biomasse).

Il est à noter que la notion de classement des vasières est tout de même une donnée conservée pour permettre l'élaboration des mêmes cartes et histogrammes de dénombrement que dans les rapports précédents (continuité de l'indicateur et maintien d'un suivi « a minima » de ces milieux).



Depuis 2011, et jusqu'en 2020, le traitement des données des 10 masses d'eau les plus touchées (base classement sur 2010, Tableau 2) a été retenu plutôt que l'exhaustivité des vasières touchées par des tapis d'ulves comme les années précédentes. Il est essentiel de noter que les surfaces d'algues vertes se développant sur les zones vaseuses des MEC majoritairement sableuses ne sont donc plus considérées dans l'évaluation de la qualité écologique des masses d'eau depuis 2011. Sur ces années, sur les MEC comme sur les MET, les surfaces des sites de vasière sont estimées en se focalisant sur le mois d'inventaire reflétant le maximum annuel surfacique.

Tableau 2: Récapitulatif des MET et assimilées faisant l'objet d'une évaluation surfacique en 2021

Code ME	ME suivies en 2021
FRGT02	✓
FRGT03	✓
FRGT06	✓
FRGT07	✓
FRGT08	✓
FRGT14	✓
FRGT20	✓
FRGT21	✓
FRGT24	✓
FRGC39	✓

Pour pouvoir faire des acquisitions photographiques plus exhaustives des vasières sans compromettre les acquisitions sur le reste du littoral, deux survols spécifiques ont été effectués à des dates *a priori* proches du maximum annuel (cf. § 2.4.).

Les digitalisations sont effectuées sur le mois d'inventaire correspondant au maximum annuel du développement algal, le choix du maximum étant fait par appréciation visuelle des dépôts à partir des photos aériennes prises lors des trois mois d'inventaire. Ce changement de procédure a pour conséquence l'absence de digitalisation sur les sites de vasière qui appartiennent à une masse d'eau côtière (grille type 1) ce qui entraîne une sous-estimation de l'importance de la marée verte à l'échelle de la masse d'eau. Pour illustrer ce cas, la Figure 2 ci-dessous présente la masse d'eau côtière FRGC09 qui contient 9 sites dont 3 de type vasière (Anse de Perros, Penvern et Diben) sur lesquels aucune digitalisation n'a été effectuée au cours des années 2011 à 2021. Néanmoins, cela conduit à une homogénéisation des données utilisées dans le cadre de l'évaluation de la qualité écologique des masses d'eau côtières, les sites de vasière n'étant comptabilisés qu'au maximum annuel de développement des algues vertes à l'inverse des sites ouverts qui peuvent faire l'objet de trois estimations par an (à condition que le site soit classé comme touché par une « marée verte à ulves »).

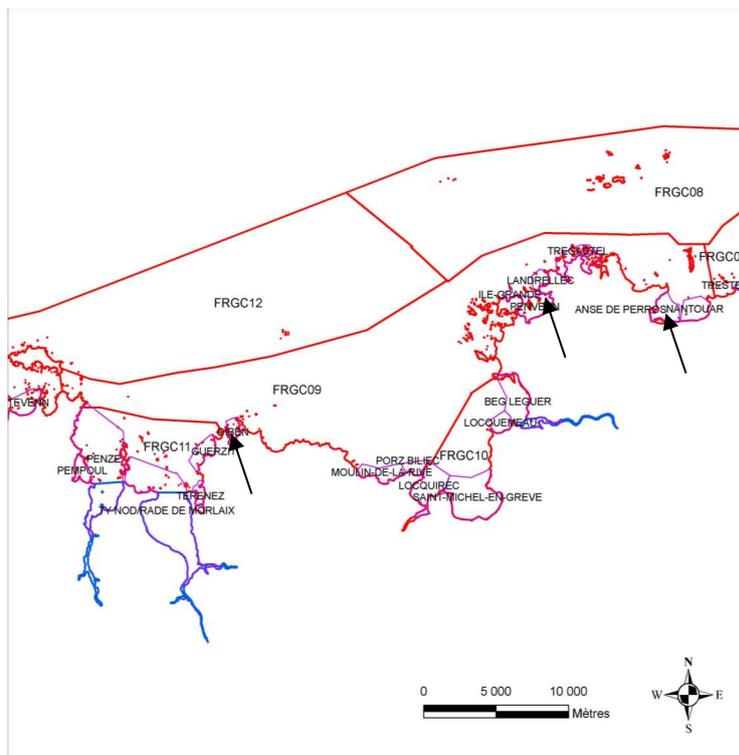


Figure 2 : Découpage des masses d'eau sur la côte nord de la Bretagne (FRGC en rouge et FRGT en bleu) combiné au découpage par sites à « échantillonnage d'ulves » (violet). Les trois sites de vasière sont indiqués par les flèches

Pour une vision complète de l'inventaire 2021 concernant les masses d'eau de transition (FRGT) et assimilées (FRGC07, FRGC11, FRGC16 et FRGC39), la Figure 3 ci-dessous illustre les masses d'eau sur lesquelles les données ont été ou non acquises. Les sites de vasière des masses d'eau côtières sur lesquels aucune digitalisation n'a été effectuée sont également signalés.

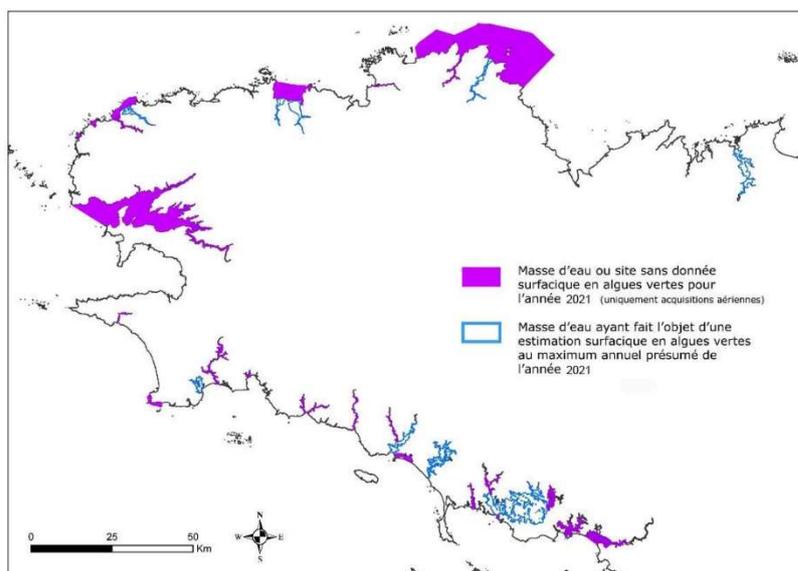


Figure 3 : Illustration des masses d'eau et des sites à « échantillonnage d'ulves » de milieux vaseux. Les masses d'eau pour lesquelles les données ont été complètement acquises en 2021 apparaissent en bleu. Les masses d'eau et les sites pour lesquels les données surfaciques n'ont pas été acquises en 2021 apparaissent en violet (uniquement acquisition des photographies aériennes).

Les résultats des suivis surfacique sur l'ensemble du linéaire Loire Bretagne, allant jusqu'au classement des masses d'eau sur l'EQR « macroalgues opportunistes » sont présentés dans le rapport RCS DCE Loire-Bretagne 2021.



### 2.3. Indices d'eutrophisation

La mesure d'un « niveau d'eutrophisation » dans différents sites à marées vertes est possible par une analyse saisonnière de teneurs internes des ulves en azote et phosphore. Le principe d'utilisation de cet indicateur biochimique repose sur l'existence d'une relation entre ces quotas azotés ou phosphorés et la croissance de l'algue, relation lui conférant un caractère d'indicateur nutritionnel de croissance. Il permet de manière générale d'analyser l'action limitante des flux d'azote et de phosphore sur la croissance des ulves en période estivale, en relation avec certains facteurs climatiques.

L'analyse saisonnière des quotas internes des algues permet plus particulièrement :

- d'établir un état de référence nutritionnel pour le degré d'eutrophisation atteint dans le site, en mesurant le niveau de saturation de la croissance des algues par les sels nutritifs. Ce niveau exprime aussi la sensibilité du site à des apports supplémentaires en sels nutritifs, comme sa résistance potentielle à des mesures préventives (en cas de sursaturation de la croissance).
- de mettre en place un indicateur de suivi pour contrôler en continu l'effet de mesures préventives sur le bassin versant. Cet effet peut s'observer sur la composition chimique des algues avant même de pouvoir être mesuré sur la croissance ou la quantité d'algues produites.
- de mettre en évidence, dans certains sites, une aggravation pluriannuelle de la situation alors que la « marée verte apparente » mesurable par les stocks en place semble ne plus évoluer.

A noter que cette connaissance de la situation nutritionnelle des ulves est indispensable pour mettre en œuvre la modélisation écologique des proliférations d'un site (données de calage et de validation principales).

Le programme a consisté à mesurer le niveau de saturation de la croissance des algues par la disponibilité d'azote et de phosphore dans 22 sites touchés sur les côtes bretonnes (Figure 1 et Tableau 1). Les niveaux azotés et phosphorés mesurés permettent l'établissement de profils saisonniers (suivi bimensuel) de l'évolution des quotas internes des algues. Le phosphore est réintégré depuis 2010 dans le suivi de la composition chimique des ulves, suite la mise en évidence (CIMAV P3-2008 et 2009) que le phosphore pouvait, co-limiter avec l'azote la croissance des algues dans certains sites.

➤ Moyens mis en œuvre :

Prélèvements et identification des différentes espèces d'ulves. Tri, conditionnement, analyse des échantillons. Traitement des données et interprétation des profils de composition interne.

- **Description de l'indicateur :**

L'indicateur consiste à analyser l'évolution des teneurs en azote ou en phosphore des ulves, par rapport aux niveaux  $Q_1N$  ou  $Q_1P$ , en dessous desquels la croissance des algues est limitée par N ou P, et  $Q_0N$  ou  $Q_0P$  à partir desquels la croissance s'annule (cf. Dion et LeBozec, 1997). Ces valeurs de quotas ont été consolidées à partir de données de la littérature établies pour des ulves (Villares et Caballeira, 2004, Daalsgard et Krause-Jensen, 2006) et à partir d'expérimentations réalisées au CEVA sur *Ulva armoricana* (CIMAV P3 2009, 2010, 2011). La méthode de référence pour le dosage de l'azote est la méthode Kjeldahl. La méthode utilisée pour le phosphore est un dosage par ICP.

Pour l'azote on retiendra que 80 à 100 % de la croissance maximale est maintenue au-dessus d'un quota critique ( $Q_1N$ ) de 2 % de la matière sèche (M.S), et que la croissance s'annule en dessous d'un quota de subsistance de 0,9 % de la M.S.

Pour le phosphore on considèrera que la croissance commence à être limitée en dessous 0.12% de la MS et qu'elle s'annule à 0.05% de la MS (cf. résultats du projet CIMAV P3 2010).

On prendra comme hypothèse que *Ulva rotundata*, présente dans certains sites, possède les mêmes caractéristiques de quotas limitants que *Ulva armoricana*, espèce la plus répandue dans les marées vertes et



qui est la seule à avoir fait l'objet d'investigations précises pour la détermination de ses quotas internes critiques et de subsistance.

▪ **Prélèvement, traitement et analyse des échantillons :**

Les algues ont été prélevées à une fréquence bimensuelle, totalisant 208 prélèvements effectués dès l'apparition nette et régulière des algues sur l'estran des sites (un nombre plus important de sites ont été « visités » pour réaliser des prélèvements mais certains ne présentaient pas assez d'algues pour un échantillonnage significatif). Les premiers prélèvements ont été réalisés du 26 au 30 avril (15 sites présentaient déjà suffisamment d'algues pour effectuer un prélèvement à cette date) et les derniers du 7 au 11 septembre (plus quatre prélèvements additionnels sur des sites particuliers le 21 et 22 septembre, afin de mieux caractériser l'année 2021 sur ces sites chargés : Fresnaye, Marieux, Binic et Saint Michel en Grève). Le démarrage tardif voire la quasi absence d'algues sur certains sites, explique le plus faible nombre de mesures en début de saison et sur l'ensemble de la saison. Pour d'autres sites deux proliférations distinctes ont pu impliquer le prélèvement deux lots d'algues. A chaque date et lieu de prélèvement, les algues ont été échantillonnées à marée basse, au niveau de la masse d'algues flottantes de bas de plage. Sept à dix échantillons de 20 à 50 g ont été, à chaque fois que les quantités d'algues présentes le permettaient, récoltés à une dizaine de mètres les uns des autres, puis rassemblés en un seul lot dans un sac plastique. De retour au laboratoire, les lots ont été conditionnés (tri, lavage, rinçage, lyophilisation) pour stockage avant analyse. Avant les analyses, les lots sont homogénéisés lors du broyage à 120 microns au broyeur à couteaux. Chaque lot a fait l'objet d'une analyse, pour la matière sèche, l'azote Kjeldahl et pour le phosphore total. L'ensemble des dosages a été réalisé par UPScience, laboratoire agréé COFRAC, sous-traitant du CEVA. A noter que pour quelques prélèvements (21) les quantités de matière étaient insuffisantes pour effectuer les dosages « macroanalyses ». Dans ces cas, des dosages par « microanalyse » ont été réalisés. C'est dans la grande majorité des cas pour des échantillons d'autres algues que les ulves (Ectocarpales en majorité, algue pour laquelle il est difficile de prélever et trier/laver des quantités suffisantes pour des macro-analyses). Enfin, certains échantillons dont les valeurs semblaient aberrantes ont fait l'objet de redosage afin de confirmer ou infirmer les premières valeurs obtenues (6 échantillons au total soit 214 dosages réalisés).

▪ **Plan de prélèvements et localisation des sites :**

- ✓ Les sites suivis (Tableau 1) sont ceux listés dans le CCTP de l'étude et correspondent à la liste établie en 2011 ce qui permet d'avoir un suivi historique de ces sites. Cette liste comprend :
  - la totalité des « sites principaux », faisant actuellement l'objet de modélisations d'objectifs de qualité à atteindre aux exutoires et/ou d'actions BV spécifique dans le cadre du plan gouvernemental AV.
  - quelques sites secondaires sur lesquels il semblait intéressant de poursuivre la chronique de connaissance de ces niveaux.
- ✓ la fréquence d'échantillonnage a été globalement bimensuelle pour l'ensemble des sites, générant en moyenne 10 prélèvements par site au cours de la saison de prolifération. Cependant, pour certaines dates, les algues n'étaient pas présentes ou pas accessibles (en rideau mais non accessible en cas de vagues qui déferlent) ce qui explique certaines dates sans valeur. Les campagnes additionnelles mises en œuvre les années antérieures (afin de consolider à une échelle hebdomadaire l'analyse la descente des quotas azotés et phosphorés, certains sites faisant l'objet de 3 campagnes de prélèvements supplémentaires sur la période la plus critique du développement du bloom) n'ont pas été mise en œuvre en 2021, conformément au cahier des charge de l'étude.



## 2.4. Missions réalisées

### ➤ **Contrôle de surveillance DCE (financé en dehors de ce programme)**

Toutes les missions planifiées ont pu être réalisées aux périodes prévues. Les contraintes spécifiques de survol de la rade de Brest (zone militaire P112) ont conduit, conformément au programme annuel, à exclure cette zone des survols aériens. Les opérations de terrain ont été densifiées sur cette zone pour compenser cette impossibilité de survol (secteur de la presqu'île de Crozon principalement ; secteurs du fond de rade sur la partie Aulne comme Elorn étant accessibles en survol comme le présente la carte de la Figure 1).

Pour ce qui concerne le linéaire breton, les survols ont été réalisés aux dates et coefficients de marées suivants :

#### **Mai :**

- 10 mai : côtes Sud Loire ; coeff. 78
- 13 mai : côtes de Bretagne Nord ; coeff. 78
- 14 mai : côtes de Sud Bretagne ; coeff. 76

#### **Juillet :**

- 11 juillet : côtes Sud Loire ; coeff. 75
- 12 juillet : côtes de Bretagne Sud ; coeff. 76
- 14 juillet : côtes de Bretagne Nord ; coeff. 75
- 23 juillet : survol complémentaire des vasières du Sud Bretagne (Estuaire de la Vilaine, de Penerf, de la rivière d'Auray, Golfe du Morbihan, de la rivière de Crac'h, de la Ria d'Étel, du Blavet et du Scorff, de la Laïta, de l'Aven et du Belon, de l'Odet et de la rivière de Pont L'Abbé) ; coeff. 85
- 10 août : survol complémentaire des vasières du Nord Bretagne (Aber Benoit, Aber Wrac'h, baie de la Penzé, de Morlaix, estuaire du Léguer, Jaudy, Trieux et baie de Paimpol) ; coeff. 88

NB : conformément au programme, les acquisitions sur les autres vasières ont été réalisées en même temps que les acquisitions côtières sur les survols de mai, juillet, ou septembre.

#### **Septembre :**

- 6 septembre : côtes de Bretagne Nord (sauf Binic et Baie de Saint Briec) ; coeff. 85
- 7 septembre : côtes de Bretagne Sud + littoral Binic à baie de Saint Briec ; coeff. 94
- 9 septembre : côtes du Sud Loire ; coeff. 101

Rapidement après chaque vol, l'équipe du CEVA a été mobilisée sur le terrain pour contrôler le type d'algues repérées en aérien. L'intervention rapide (dans les 5 jours suivant le survol pour la majorité des sites) permet de minimiser le risque de ne pas retrouver, lors des contrôles de terrain, les algues photographiées lors de la mission aérienne. Ces contrôles ont pu être réalisés sur les sites principaux pour lesquels cela avait été jugé nécessaire.



➤ **Suivi aérien complémentaire**

Les 4 survols complémentaires se sont déroulés aux dates suivantes :

- 13 avril ; coeff. 87,
- 12 juin ; coeff. 73 (maximum de coefficient sur ce cycle de vives eaux),
- 11 août ; coeff. 89,
- 8 octobre ; coeff. 100.

➤ **Missions de prélèvement « indices d'eutrophisation »**

Les algues ont été prélevées à une fréquence bimensuelle, dans la mesure où leur présence permettait les prélèvements, sur tous les sites présentés dans le Tableau 1, à partir du 26 avril pour les premiers prélèvements et jusqu'au 11 septembre pour les derniers prélèvements (ajout, pour 4 sites de prélèvements les 21 et 22 septembre).



## 3. RESULTATS

### 3.1. Dénombrement des sites en Bretagne (suivi DCE surveillance, financé en dehors de ce programme)

*Bien que ne faisant pas partie du programme RCO 2021, il est proposé ici une analyse à l'échelle de la Bretagne des sites concernés par des échouages d'ulves sur la base des observations du « programme DCE surveillance » des côtes Loire Bretagne. Cette analyse permet de poursuivre la série acquise dans le cadre des programmes CIMAV et Prolittoral et antérieurement pour le compte de l'Agence de l'Eau Loire Bretagne depuis 1997. Il ne s'agit ici que d'une extraction des données acquises à l'échelle du littoral Loire Bretagne pour le « réseau de contrôle de surveillance » (RCS).*

Le premier rôle de ce suivi est l'observation locale de la colonisation par les ulves, la mise « sous surveillance » de certains points du littoral et l'archivage de ces observations. Cela permet aussi d'évaluer l'évolution de la marée verte au cours de l'année et sur une période pluriannuelle débutant en 1997, année du premier inventaire régional commandé au CEVA par l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne (pas d'évaluation surfacique disponible avant 2002 à l'échelle Bretagne). Par ailleurs, la localisation précise des sites permet de percevoir leur répartition géographique et l'apparition de nouveaux sites sur le littoral breton (vérifier que l'observation concerne un nouveau site et non un site préexistant dont les échouages seraient répartis différemment des années précédentes). Enfin, de premiers éléments de caractérisation des sites peuvent être relevés en ce qui concerne leur typologie (sites enclavés développant des proliférations sur vase ou plus ouverts, sur sable) et les espèces d'algues proliférantes à l'origine des marées vertes.

#### 3.1.1. Sites touchés par des échouages d'ulves en 2021

Les sites repérés par avion sont classés comme sites à « **échouages d'ulves** » à partir du moment où les dépôts sont décelables par avion et où les contrôles de terrain mettent en évidence une proportion jugée « anormale » d'ulves (visuellement un tiers d'ulves dans l'échouage). Une partie de ces sites sont des sites d'échouage de goémon, parfois de très petite taille (quelques dizaines ou centaines de mètres carrés). Dans la mesure où la présence d'ulves est significative, le site est classé car on ne peut exclure un lien avec l'eutrophisation du milieu qui provoque une croissance « anormale » des algues et des algues vertes plus particulièrement (croissance rapide de ces algues). Les vasières, si elles sont, en plus ou moins grande partie, couvertes par des ulves sont également classées comme touchées. Il est important de répertorier ces sites (réponses à des riverains préoccupés par ces échouages, « alerte précoce » en cas d'apparition d'échouages plus ou moins importants et devenant réguliers). De plus, ce classement des sites est préalable aux opérations d'évaluation des couvertures par les ulves qui ne sont déclenchées qu'en cas de détection d'une anomalie (pas d'évaluation surfacique des sites d'échouages de goémon même si 5 ou 10 % d'ulves s'y trouvent mêlés, ce type d'échouage étant considéré comme naturel). Ces sites ne peuvent pour autant être tous assimilés aux quelques grands sites régionaux dits à « **marées vertes** », sur lesquels la production d'ulves est considérable et dure plusieurs mois de l'année, provoquant des échouages massifs, sources de nuisances pour les riverains et touristes. **Aussi, le dénombrement de sites est un indicateur qu'il convient d'utiliser avec prudence. L'importance de la marée verte de l'année sera qualifiée de façon plus fine à travers l'indicateur des surfaces couvertes par les ulves. L'indicateur DCE qui prend en compte les surfaces d'échouage sur 6 années de mesure permet une évaluation plus fiable.**



Notion de « site touché » par les échouages d'ulves :

*Sur la côte bretonne, premier linéaire côtier suivi, le CEVA a déterminé des "sites d'échouage d'ulves" à chaque observation d'un échouage répondant au critère de classement si le secteur d'échouage était distinct de "site" préexistant : site pouvant être alimenté par un cours d'eau différent et présentant une discontinuité avec les dépôts de sites voisins (classiquement séparés par une pointe rocheuse, ou un secteur côtier indemne d'algues). Pour ce qui est du secteur côtier au sud de la Loire, le suivi de 2007 constituait une première observation. Afin que la définition de site ne soit pas trop éloignée de ce qui était fait sur les côtes bretonnes, le CEVA, à l'issue des trois campagnes aériennes, a défini des sites en fonction des échouages qui ont été observés lors de ces trois campagnes : type d'algues rencontrées, morphologie des dépôts, continuité de ceux-ci. Il convient de noter que les types de dépôts sont assez différents de ce qui est rencontré sur les côtes bretonnes (secteurs sur lesquels les dépôts sont plus ou moins continus, concentrés sur le haut de l'estran, ou au contraire dépôts de bas de plage sur près de 15 km dans le cas de l'inventaire de septembre 2007 ou 2013 sur la côte vendéenne). Le dénombrement des sites, dépendant largement de la définition de « site », doit donc être considéré avec prudence. A titre d'illustration, la baie de Douarnenez qui peut être considérée comme une « baie touchée » est en réalité dans les inventaires décomposée en 11 « sites » distincts. Ce comptage en nombre de sites peut donc, en fonction des délimitations des sites (liés à la géomorphologie du littoral et à l'historique des suivis du CEVA), donner une image très différente de celle permise par l'analyse en surface d'échouage ou en biomasse totale.*

L'année 2021 ne comportant que trois inventaires régionaux, au lieu de 4 entre 2002 et 2006, il n'est pas possible de comparer de façon brute les données de 2021 à la série 2002-2006. Pour pouvoir comparer au mieux les données de l'année, sont isolés les inventaires « d'été » (juillet ou septembre) pour les comparer aux données des années antérieures.

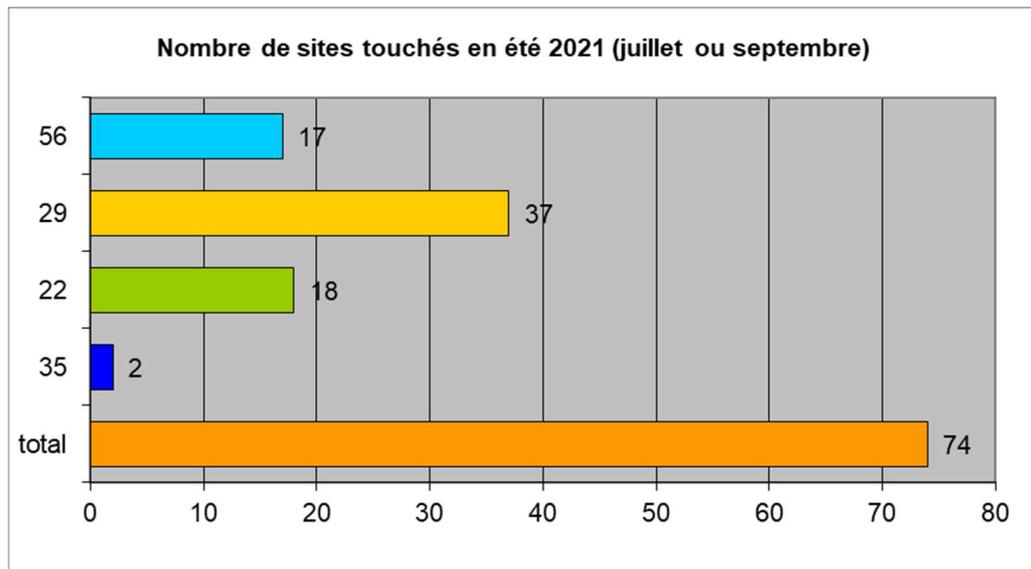
**Sites touchés par des échouages d'ulves pendant la période estivale (juillet ou septembre)**

Afin de pouvoir comparer entre elles les années de la série 2000-2021 concernées par au moins deux survols en période estivale, ne sont considérés ici que les dénombrements de juillet et septembre 2021.

On comptabilise alors sur le littoral breton :

- 63 sites touchés par des échouages d'ulves en juillet 2021 (carte en annexe 1)
- 58 sites touchés en septembre 2021 (carte en annexe 1)
- 74 sites au total touchés en juillet ou en septembre 2021 (carte 2)

Sur ces 74 sites recensés, en période estivale, 47 sont touchés lors des deux inventaires et 27 lors d'un des deux inventaires.



*Figure 4 : Nombre de sites touchés par département (Côtes d'Armor (22), Finistère (29), Ille et Vilaine (35) et Morbihan (56)) par des échouages d'ulves au moins une fois pour les inventaires estivaux en 2021 (juillet ou septembre).*

La carte 2 et la Figure 4 montrent la nette prédominance, en nombre de sites, du département du Finistère qui, sur cette période de l'année regroupe la moitié (50 %) du total des sites des côtes bretonnes ; suit, avec 2 fois moins de sites, les départements des Côtes d'Armor et du Morbihan (24 % et 23 % des sites) puis le département d'Ille et Vilaine, nettement moins touché (2 sites soit 3 % du total ; à noter que certains sites de la Rance ont été concernés par des développements d'algues vertes filamenteuses mais n'ont pas été classés pour présence anormale d'ulves).

Cet indicateur ne tient pas compte de l'importance relative des sites ; l'analyse des surfaces des sites (cf. § 3.2) donne une image très différente de l'importance relative du phénomène par département.

# Echouages d'ulves observés en juillet ou septembre 2021

L'ensemble du linéaire côtier est survolé à marée basse de fort coefficient. Les sites sont classés comme touchés à partir du moment où les dépôts sont décelables d'avion et que les contrôles de terrain mettent en évidence des proportions anormales d'ulves. Certains sites sont de très petite taille et ne correspondent pas à la description classique de "marée verte".

**74 sites touchés**

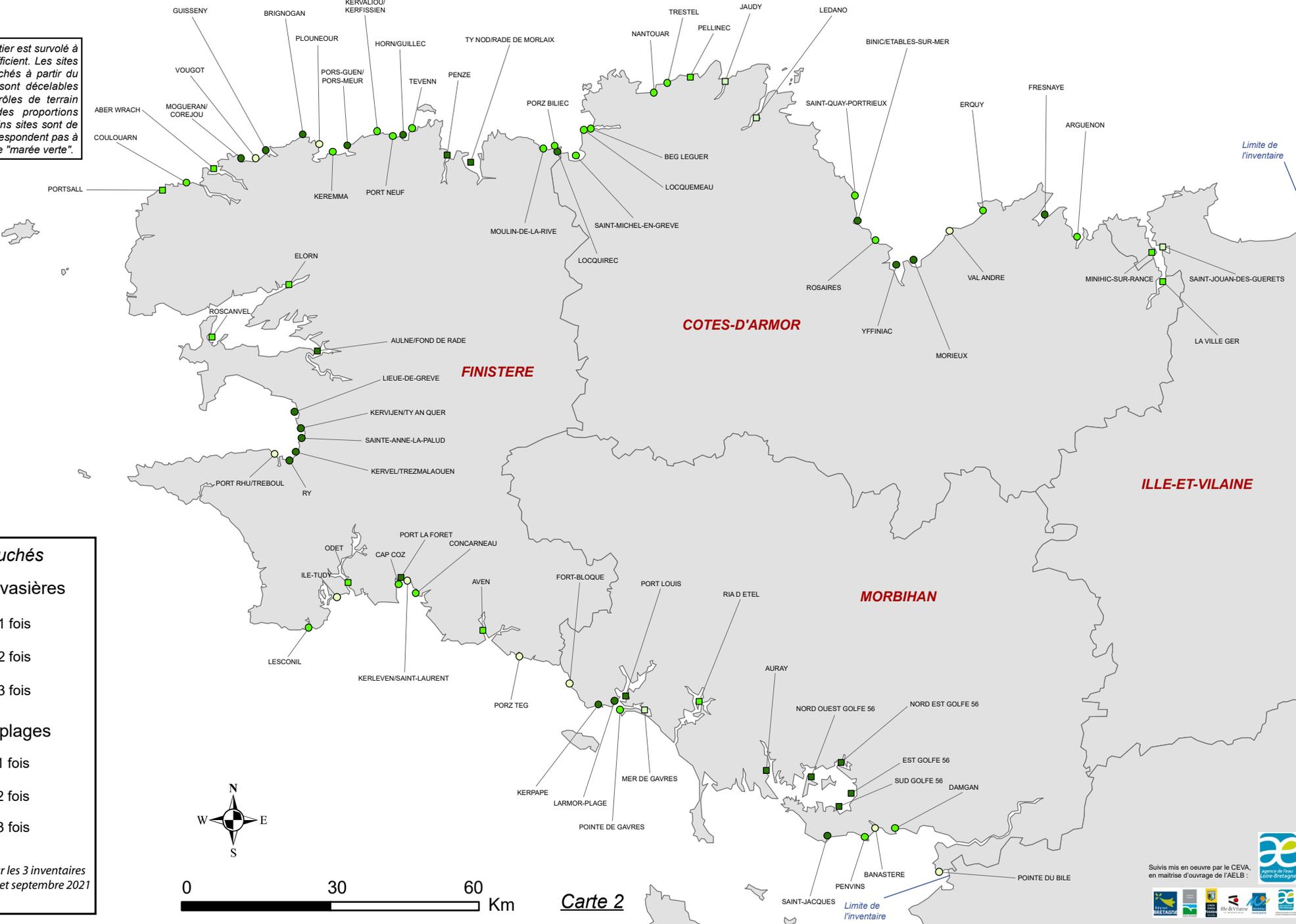
**Sites de type vasières**

- site classé 1 fois
- site classé 2 fois
- site classé 3 fois

**Sites de type plages**

- site classé 1 fois
- site classé 2 fois
- site classé 3 fois

*Occurences calculées sur les 3 inventaires généraux de mai, juillet et septembre 2021*



Carte 2



### Sites touchés par des échouages d'ulves sur l'ensemble de la saison

Les suivis, avant la mise en place de Prolittoral en 2002, ne comportaient que des inventaires en période estivale, ce qui avait été analysé comme réducteur, certains secteurs étant concernés par des échouages très précoces, d'autres par des échouages tardifs, d'autres encore par des échouages irréguliers et dépendants des conditions météorologiques lors du vol ou dans les jours qui précèdent. Le fait d'augmenter le nombre de survols permet alors de diminuer le « risque » de passer à côté de ces sites d'échouage. Afin de percevoir le phénomène de façon plus complète et de mieux estimer l'évolution annuelle sur chaque site, deux survols supplémentaires, l'un printanier, l'autre automnal, ont été réalisés chaque année de 2002 à 2006 (au total, 4 survols régionaux : mai, juillet, août et octobre). Depuis 2007, l'inventaire comporte 3 dates d'inventaire (mai, juillet et septembre). Le paragraphe précédent présentait les résultats des suivis de 2021 au travers des deux survols « estivaux » juillet et septembre. Depuis 2002, en plus de ces deux survols estivaux « exhaustif » des côtes, un troisième se déroule en mai. L'exploitation de cet inventaire supplémentaire permet d'améliorer la perception du phénomène.

#### ➤ Un dénombrement de sites plus complet

**En mai, 51 sites** ont été classés comme touchés par des échouages d'ulves. Le mois de mai 2021 est le mois présentant le moins de sites touchés. En mai 2021 le nombre de sites touché **est inférieur au niveau moyen** (54.2 sur 2002-2020) signe d'une année plutôt tardive sur cet indicateur « dénombrement ». Le niveau est cependant nettement au-dessus des années les plus tardives 2014 et 2013 ou 2010 (respectivement 33, 43 et 42 sites en mai). Cet inventaire de début de saison, a permis de repérer **10 sites additionnels par rapport à la situation relevée sur la seule période estivale** (juillet-septembre). Ces sites repérés uniquement en mai correspondent à des sites « précoces » qui ont présenté une prolifération printanière d'ulves (« anse de Pouldohan », « Cabellou », Landrellec », « Trez hir », « Moulin-Blanc », « Lodonnet », « Saint Gildas de Ruys », « Pleubian », « Aber Benoit », « Tréompan » ...) puis des quantités d'ulves trop faibles ensuite pour que les sites soient classés (pas perceptibles en aérien ou proportion d'ulves trop faible dans un échouage mixte). A noter que l'analyse des surfaces couvertes donne une image différente de la précocité de l'année 2021 (prolifération « régionale » qualifiée de précoce du fait de la situation de deux « grandes baies », « Fresnaye » et « baie de Saint-Brieuc »).

- 51 sites touchés en mai (carte en annexe 1),
- 10 sites repérés uniquement en mai,
- 84 sites au total sur l'ensemble de l'année (carte 3 et Figure 5).

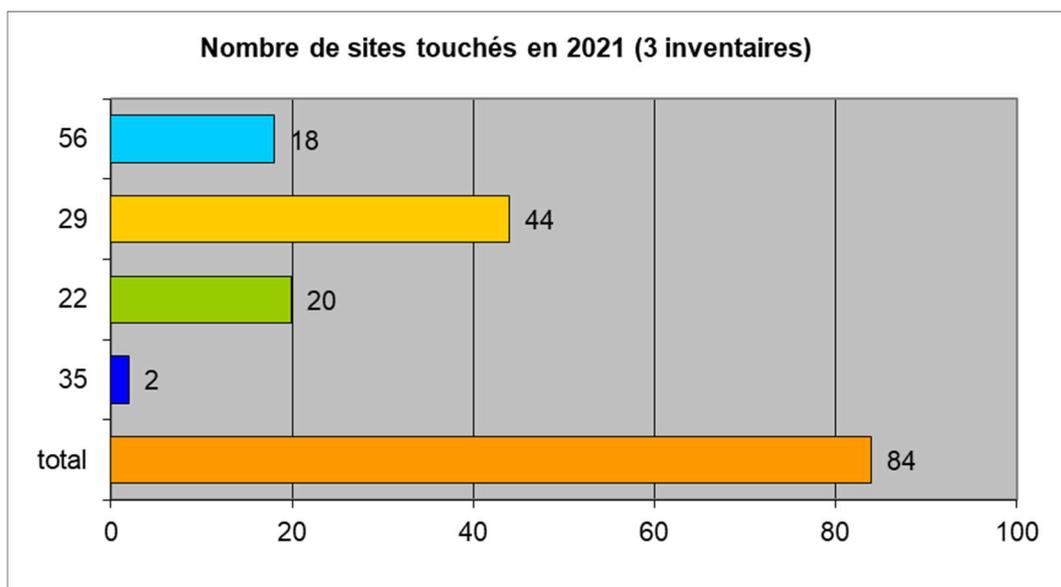


Figure 5 : Nombre de sites touchés par département par des échouages d'ulves au moins une fois en 2021 (mai, juillet, septembre).

Parmi les 10 sites classés uniquement au mois de mai, 7 se trouvent sur les côtes du Finistère ; 2 localisés sur les Côtes d'Armor et 1 les côtes du Morbihan.

Sur l'ensemble de l'année, le département du Finistère comprend la majorité des sites (52%) repérés sur le littoral breton. Viennent ensuite les départements des Côtes d'Armor (24 %), du Morbihan (21 %) et loin derrière celui d'Ille et Vilaine (2%).

Cet inventaire des « localisations » touchées par des échouages d'ulves ne doit pas conduire à conclure sur l'importance des marées vertes par département, l'information sur les surfaces couvertes par site (cf. § 3.2) permet de mieux mettre en évidence l'importance des proliférations et fournit une information très différente.

L'ensemble des résultats des 3 inventaires de 2021 est présenté dans le Tableau 3 avec le rappel des résultats des années antérieures (3 inventaires également pour les années 2007 à 2020, 4 inventaires pour les années 2002-2006). Les niveaux atteints depuis 2007 **sont difficilement comparables aux années précédentes** (2002-2006) dans la mesure où l'on ne dispose plus d'inventaire en octobre (sous-estimation du nombre de sites tardifs) ni en août. Par contre, on dispose d'un inventaire en septembre plutôt qu'août et juillet (deux inventaires proches permettent a priori de moins bien distinguer des sites dont les proliférations sont décalées dans le temps).



**Tableau 3 : Sites touchés par des échouages d'ulves sur les trois inventaires de 2021 comparés aux années 2002-2020 sur 3 ou 4 dates d'inventaires. Le site de la Fresnaye, touché par des échouages d'*Ulvaria* (« ulvoïde ») de 2007 à 2009 puis de 2015 à 2021 a été classé dans ces sites « ulves ».**

Département	35	22	29	56	Total
<b>Mai 2021</b> (2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020)	<b>0</b> (0, 0, 2, 4, 3, 4, 3, 4, 1, 4, 0, 1, 2, 0, 0, 1, 0, 1, 0)	<b>9</b> (12, 9, 9, 10, 4, 8, 12, 10, 5, 11, 5, 6, 7, 8, 13, 11, 7, 8, 9)	<b>29</b> (20, 19, 23, 27, 28, 23, 28, 41, 27, 47, 29, 26, 19, 30, 44, 44, 31, 30, 30)	<b>13</b> (11, 10, 9, 17, 16, 7, 9, 20, 9, 14, 15, 10, 5, 16, 19, 23, 25, 16, 18)	<b>51</b> (43, 38, 43, 58, 51, 42, 52, 75, 42, 76, 49, 43, 33, 54, 76, 79, 63, 55, 57)
<b>Juillet 2021</b> (2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020)	<b>1</b> (1, 1, 2, 2, 3, 5, 4, 5, 1, 0, 0, 1, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0)	<b>14</b> (14, 11, 12, 13, 10, 11, 17, 16, 11, 10, 7, 11, 9, 13, 12, 11, 8, 12, 10)	<b>32</b> (43, 34, 45, 40, 48, 46, 50, 51, 41, 55, 52, 47, 39, 48, 39, 41, 30, 33, 38)	<b>16</b> (12, 8, 11, 14, 16, 13, 13, 20, 15, 14, 15, 11, 11, 14, 16, 17, 13, 14, 14)	<b>63</b> (70, 54, 70, 69, 77, 75, 84, 92, 68, 79, 74, 70, 59, 75, 68, 69, 51, 59, 62)
<b>Août 2007 à 2021 : pas d'inventaire</b> (2002, 2003, 2004, 2005, 2006)	(0, 1, 2, 1, 3)	(12, 9, 11, 11, 9)	(34, 35, 34, 31, 32)	(10, 2, 6, 9, 11)	(56, 47, 53, 52, 55)
<b>Septembre 2021</b> (2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020) ; <b>pas d'inventaire de 2002 à 2006</b>	<b>2</b> (5, 2, 2, 1, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0)	<b>16</b> (17, 15, 12, 10, 7, 9, 10, 11, 13, 11, 11, 10, 10, 13)	<b>29</b> (45, 38, 43, 46, 40, 45, 40, 46, 41, 35, 31, 34, 37, 33)	<b>11</b> (8, 11, 15, 12, 8, 10, 9, 10, 11, 10, 15, 12, 14, 8)	<b>58</b> (75, 66, 72, 69, 55, 64, 60, 57, 65, 56, 57, 56, 61, 54)
<b>Octobre 2007 à 2021 : pas d'inventaire</b> (2002, 2003, 2004, 2005, 2006)	(1, 1, 4, 1, 2)	(12, 10, 9, 8, 6)	(36, 24, 26, 19, 30)	(12, 5, 7, 8, 6)	(60, 41, 46, 36, 44)

Chaque constat d'échouage d'ulves fait l'objet d'une fiche qui présente des photos de la prolifération observée (aérienne et terrain) ainsi que diverses informations relevées. Un modèle est présenté en **annexe 2** ; l'ensemble des fiches fait l'objet d'une sortie pdf livrée sur CD ROM qui complète le présent rapport.



## ➤ Perception de l'évolution de la marée verte au cours de la saison

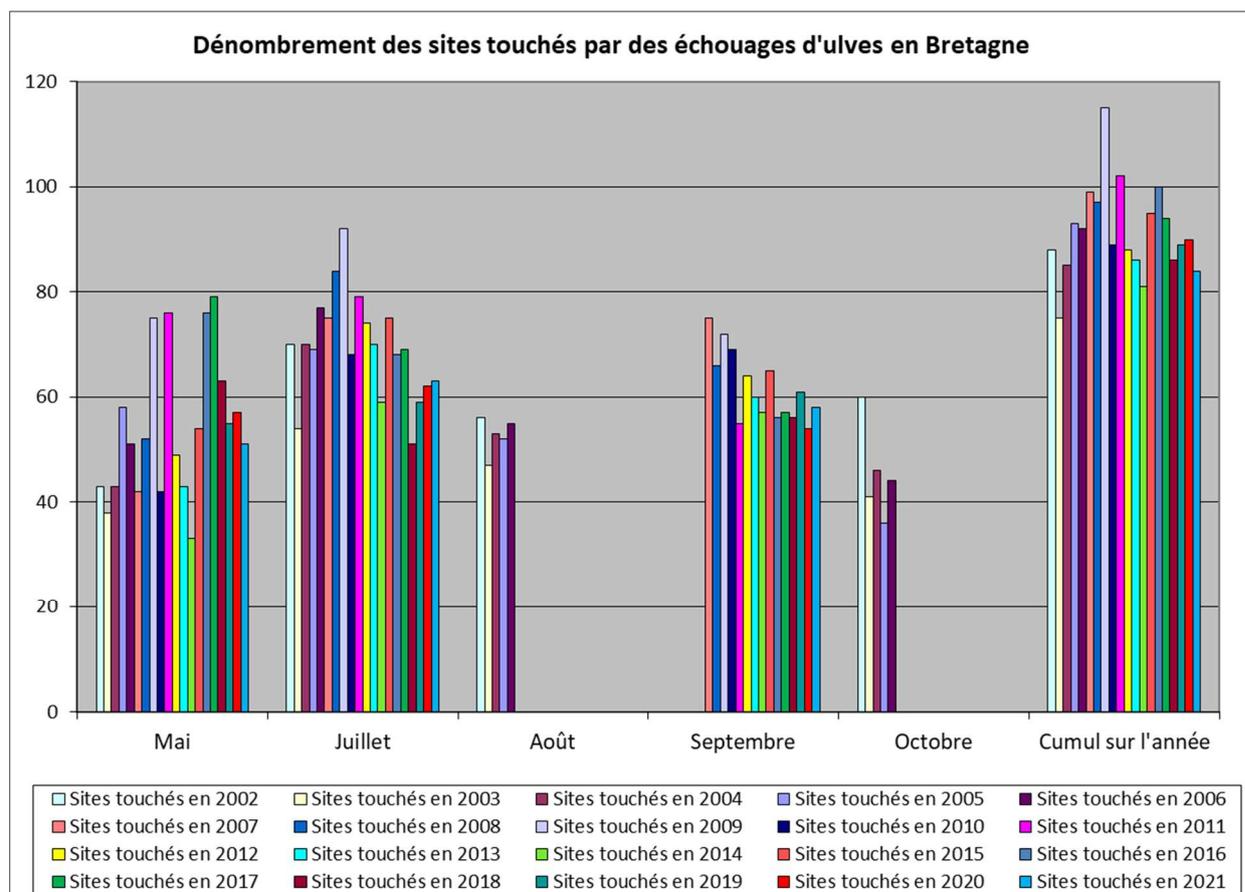


Figure 6 : Nombre de sites touchés par des échouages d'ulves par date d'inventaire sur l'ensemble du littoral breton. Le site de la Fresnaye, touché par des échouages d'*Ulvaria* (« ulvoïde ») de 2007 à 2009 puis de 2015 à 2021 a été classé dans ces sites « ulves ».

Pour l'ensemble des années, on trouve une augmentation forte entre mai et juillet (+ 29 % sur la série 2002-2021), puis une diminution à partir de cette date jusqu'à octobre (-12 % entre juillet et septembre sur les années communes 2007-2021). Les mesures depuis 2007 en mi-septembre plutôt que mi-août et mi-octobre semblent indiquer un léger rebond après le mois d'août et avant la dispersion automnale. Ce profil annuel des proliférations s'explique par :

- La première période allant du milieu du printemps jusqu'au début de l'été est celle où les conditions environnementales (lumière et température principalement) deviennent progressivement favorables au développement des marées vertes dans un contexte nutritionnel qui demeure propice (flux importants en sortie d'hiver/début printemps). Cela explique l'apparition d'un grand nombre de sites à cette période.
- L'étude des sites touchés en août pour les années antérieures à 2006 montrait que la diminution constatée après juillet est principalement due à une disparition de quelques sites qui n'est pas contrebalancée par l'apparition de nouveaux sites. La disparition de ces sites au cours de l'été (surtout en année sèche) est à relier aux conditions nutritionnelles qui ne permettent plus, à cette saison, de soutenir les proliférations.
- Le recul en octobre, quant à lui, est principalement à mettre en relation avec les conditions météorologiques devenant plus dispersives (vent, houle) et les conditions de croissances moins favorables (forte diminution de la lumière à partir de mi-septembre), malgré des flux en général qui remontent déjà.



Pour l'année 2021, le profil (en nombre de sites) **de l'année est assez proche du profil moyen** mais avec, chaque mois un nombre de sites un peu inférieur à la moyenne (3 sites de moins qu'en moyenne en mai, 6.4 en juillet et 3.7 en septembre ce qui donne une augmentation de 24 % en juillet puis diminution de 8 % entre juillet et septembre). Le niveau de mai, un peu inférieur à la moyenne, est surtout lié au département d'Ille et Vilaine (aucun site recensé) ; pour juillet, **c'est surtout le département du Finistère qui explique le moindre nombre de sites** (26 % de site en moins que sur 2002-2020 ; déficit en partie compensé par un nombre de sites plus élevé qu'en moyenne sur les Côtes d'Armor et le Morbihan). Pour le mois de septembre, le nombre inférieur de sites est **également dû au département du Finistère** (10 sites en moins soit 25 % de moins qu'en moyenne 2007-2020) ce qui n'est pas compensé par un nombre plus élevé qu'en moyenne sur les Côtes d'Armor (+ 4.6 sites). Cependant, le profil de l'année est décrit de façon nettement différente et plus précise (on tient compte de l'importance des proliférations à l'intérieur des « sites » et non du simple nombre de sites) dans la partie traitant des surfaces d'échouage.

### ➤ **Fréquences d'apparition et durée de prolifération**

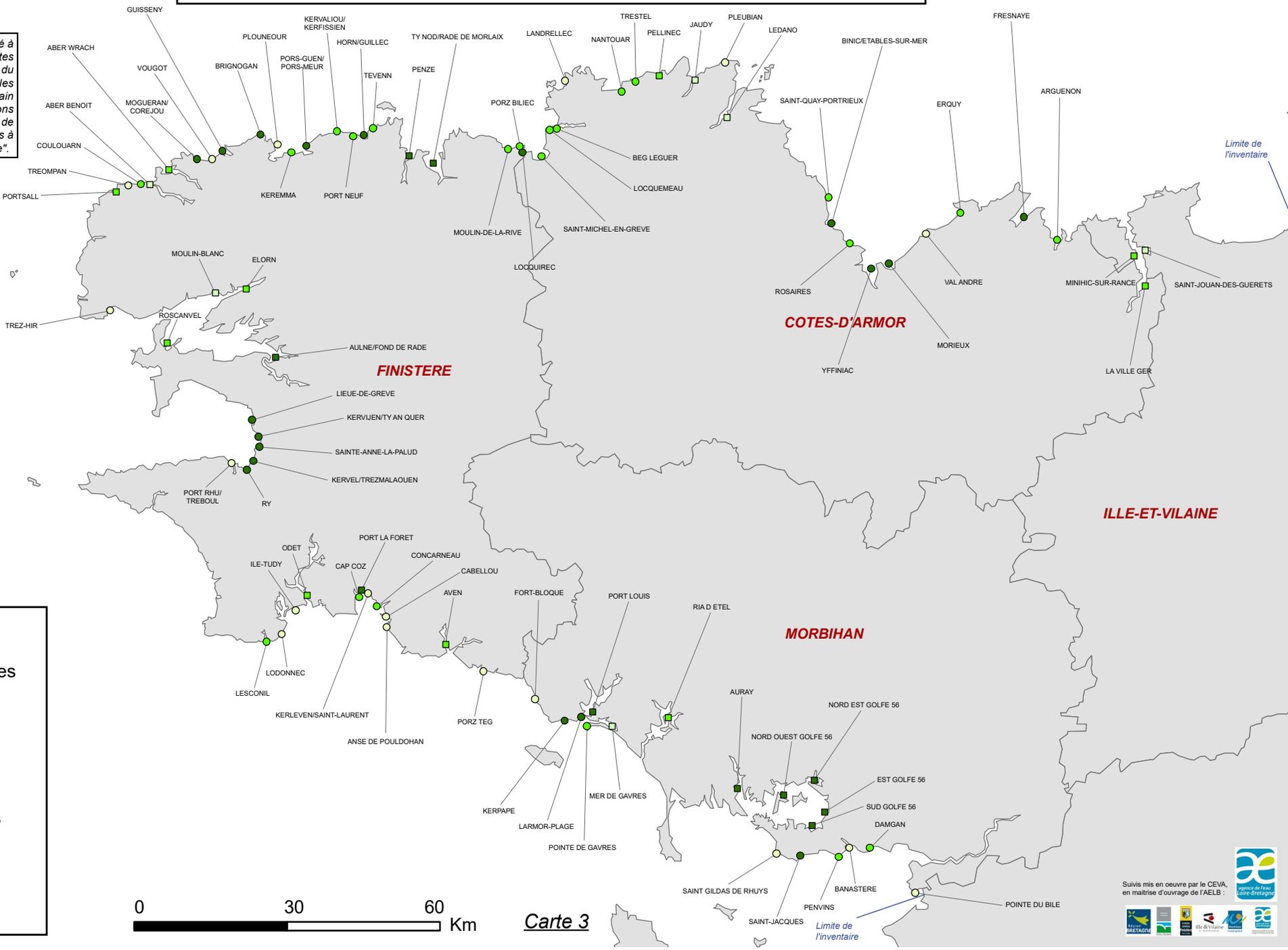
La carte des occurrences d'échouages d'ulves présente les 84 sites repérés dans l'année (carte 3). L'analyse des occurrences par site permet de percevoir :

- 28 sites touchés lors des trois inventaires,
- 32 sites touchés lors de deux des trois inventaires,
- 24 touchés uniquement une fois dans l'année.

En 2021, un tiers des sites (33.33 %) est touché lors des 3 dates d'inventaire ce qui est proche de la situation moyenne, légèrement inférieur (35 % des sites sont en moyenne sur 2007-2020 dans ce cas et 48 % au maximum, en 2017). Ces sites sont généralement les plus problématiques, la prolifération y étant longue (probablement au moins de mai à septembre ; parfois même bien au-delà). Outre ces sites touchés systématiquement, on relève également 38 % des sites qui sont touchés deux fois sur les trois inventaires. Ces sites correspondent à des sites soit dont la période de prolifération est un peu moins longue soit dont les échouages sont plus irréguliers (on peut avoir présence d'ulves sur l'ensemble de la saison mais avec, lors de certains épisodes, de houle notamment, disparition des ulves de la zone de balancement des marées, les rendant indétectables par les moyens aériens et de terrain employés ici). Au total on a donc, en 2021, plus des deux tiers des sites (71 %) qui sont touchés au moins deux fois sur les trois inventaires et qui correspondent vraisemblablement à une prolifération sur le site et non à un échouage « accidentel ».

# Sites touchés par des échouages d'ulves en 2021 (inventaires de mai, juillet ou septembre)

L'ensemble du linéaire côtier est survolé à marée basse de fort coefficient. Les sites sont classés comme touchés à partir du moment où les dépôts sont décelables d'avion et que les contrôles de terrain mettent en évidence des proportions anormales d'ulves. Certains sites sont de très petite taille et ne correspondent pas à la description classique de "marée verte".



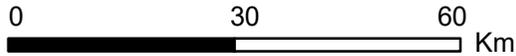
**84 sites touchés**

**Sites de type vasières**

- site classé 1 fois
- site classé 2 fois
- site classé 3 fois

**Sites de type plages**

- site classé 1 fois
- site classé 2 fois
- site classé 3 fois



Carte 3



### 3.1.2. Comparaison inter-annuelle 1997-2021

Durant 5 années, le suivi régional a été réalisé avec les mêmes méthodes et procédures (Prolittoral 2002-2006 ; 4 inventaires annuels en mai, juillet, août et octobre). Les années 2007 à 2021 ne comportent plus que trois inventaires « généraux » et ne peuvent être aussi facilement comparées à cette série de référence (nombre d'inventaires annuels différents et dates différentes : mai, juillet et septembre), mais avec 15 années d'observations la chronique devient intéressante pour constituer une référence avec des années suffisamment variées. Il convient de rappeler que l'intérêt de ce dénombrement réside surtout dans le fait de répertorier les échouages locaux et d'archiver ces données (base de données). Il constitue aussi une étape indispensable dans la chaîne de traitement, avant la phase de digitalisation des dépôts (sur les seuls sites « classés » pour les ulves). Cependant, la somme des observations locales permet de tirer des enseignements sur le phénomène général et son évolution. Néanmoins, il est impératif de bien souligner que les sites sont d'importance très disparate, ce qui n'est pas pris en compte dans ce suivi. Une comparaison inter-annuelle est possible dès lors qu'une même méthodologie est employée pour établir les inventaires ; en particulier le nombre de survols effectués et leurs dates.

#### *Sur la période estivale (juillet à septembre) :*

La série de données proposée (Figure 7), qui présente deux inventaires sur chaque année en période estivale (juillet à septembre excepté pour 2001, année pour laquelle le premier inventaire est un peu plus précoce : les 21 et 22 juin), est la plus longue permise par les acquisitions réalisées. Cette série permet de distinguer les années 2007-2009 à un niveau particulièrement élevé (90 à 102 sites), et les années suivantes à un niveau légèrement plus bas (77.5 sites sur 2010-2021 ; 72.2 sites sur 2017-2021) mais tout de même supérieur aux années antérieures à 2007 (70 sites sur 2000-2006). Il faut cependant tenir compte des dates des inventaires qui ne sont pas toujours aux mêmes périodes. Le fait que, pour les 15 dernières années, les inventaires soient espacés de deux mois (systématiquement mi-juillet et mi-septembre) permet probablement de repérer plus de sites que dans la période précédente (2002-2006) pour laquelle les inventaires n'étaient séparés que d'un mois (juillet puis août). Cela d'autant plus que le nombre de sites observables en septembre semble plus important qu'en août (rebond d'arrière-saison, cf. § 3.1.1). A noter également qu'au cours des années, le CEVA a amélioré les inventaires incluant notamment certaines Rias qui auparavant n'étaient pas survolées, ce qui explique aussi en partie le nombre grandissant de sites repérés. Les années 2002-2006 (inventaires en juillet puis août : dates rapprochées expliquant en partie une détection potentielle inférieure) présentent un niveau relativement peu important (72 sites en moyenne sur 2002-2006). A partir de 2007, les inventaires sont comparables (mêmes dates). On note alors que les années 2007 à 2009 sont celles présentant le plus grand nombre de sites repérés (95 sites en moyenne). De 2010 à 2017 le nombre de site est à nouveau à un niveau bas (en moyenne 80 sites). On observe une diminution régulière de 2015 à **2018, année présentant le plus faible nombre de sites** (66) depuis l'année 2007, année depuis laquelle les périodes d'inventaire sont identiques. **L'année 2021, avec 74 sites répertoriés** est au même niveau que les deux années précédentes mais nettement supérieure à 2018. Le nombre de sites de 2021 (juillet à septembre) est sous le niveau moyen 2007-2020 (- 9 %) mais plus proche du niveau moyen des années 2010-2020 (-5 %).

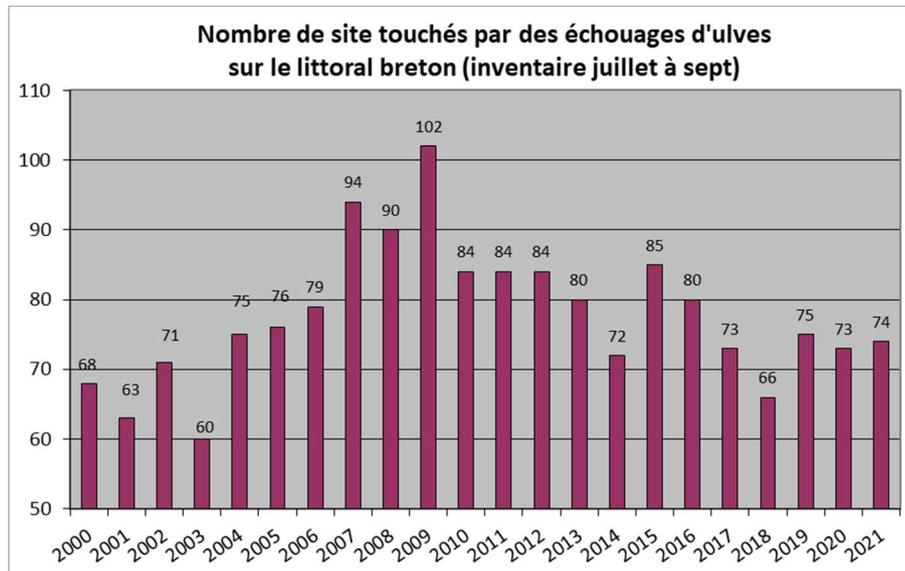


Figure 7 : Nombre de sites touchés entre 2000 et 2021 par des échouages d'ulves en période estivale (début juillet et fin août pour 2000 ; fin juin et début septembre pour 2001 ; juillet et / ou août pour 2002-2006 et mi-juillet et mi-septembre pour les années 2007 à 2021). Le site de la Fresnaye, touché par des échouages d'*Ulvaria* (« ulvoïde ») sur les années 2007-2009 puis 2015-2021 a été classé dans ces sites.

Les deux histogrammes suivants (Figure 8), permettent de retracer l'évolution du nombre de site depuis 1997, année du premier suivi réalisé pour l'Agence de l'Eau Loire Bretagne par le CEVA. **Il est important de i) noter le nombre de survol ayant permis d'aboutir à chaque inventaire annuel** et de **ii) distinguer l'année 1997 dont l'inventaire en rade de Brest était jugé incomplet**. Il est donc difficile, avec une telle série de données, de définir les tendances lourdes d'évolution. Afin de rendre compte de la diversité des situations, les sites sur plages et sur vasières sont distingués.

On constate que les 3 années **2007-2009 présentent des valeurs nettement au-dessus des années précédentes** (Figure 8). Cela peut probablement être mis en relation avec les caractéristiques climatiques de ces années favorables aux proliférations (en particulier flux de nutriments estivaux importants en 2007 et 2008) et à un effet **inter annuel cumulatif** (cycles climatiques favorables). Il faut tout de même rappeler aussi que les **dates d'inventaires** ont été décalées en 2007 aux mois de juillet et septembre ce qui est **probablement particulièrement favorable** pour dénombrer un maximum de sites (dates éloignées de deux mois pour pouvoir percevoir les sites précoces comme les plus tardifs et dans des saisons dont les conditions de dépôts sont statistiquement favorables). La diminution marquée en nombre de site pour les années 2010, 2011 et 2012 (84 sites) puis 2013 (80 sites) et 2014 (72 sites) est de ce fait encore plus significative. La diminution en nombre de site était, pour 2010, 2012, 2013 et 2014 principalement imputable aux sites sableux alors qu'en 2011 c'était surtout les sites de vasières qui régressaient (en 2014 les deux type de sites étaient en forte régression). En 2015 et 2016, c'est principalement l'augmentation du nombre de site « sableux » qui explique l'augmentation régionale des sites touchés, les sites de type vasière restant à un niveau relativement bas. La diminution régulière en nombre de sites de 2015 à 2018 est, quant à elle, le fait de la diminution du nombre de secteurs de plages touchés, les sites de vasière restant à un niveau constant. La remontée importante de 2019 est clairement le fait des sites sableux ; les sites de vasière touchés étant particulièrement peu nombreux (19 sites contre 29 en moyenne sur 2007-2018). Alors que le niveau de 2020 (quasiment identique à 2019) est la conjonction d'une diminution marquée des sites sableux (- 6) et d'une augmentation des sites de vasières (+ 4) dont le nombre est équivalent aux années 2014-2018. Le niveau de 2021 étant identique (à un site de vasière près) à celui de 2020, l'interprétation est identique.

L'augmentation, assez régulière depuis 1997 (et jusqu'en 2009) en nombre de sites, concerne essentiellement les sites de vasière ce qui peut être lié à la fois à une réelle **augmentation de la colonisation de ces milieux**, mais aussi à une **meilleure perception par le CEVA** de ces sites, par des survols plus complets des Rias et une meilleure connaissance de ces dépôts. Dans ces circonstances, la diminution sensible du nombre de vasières touchées depuis 2010 (15 de moins en 2021 qu'en 2009 et 20 de moins entre 2019 et 2009) est significative.

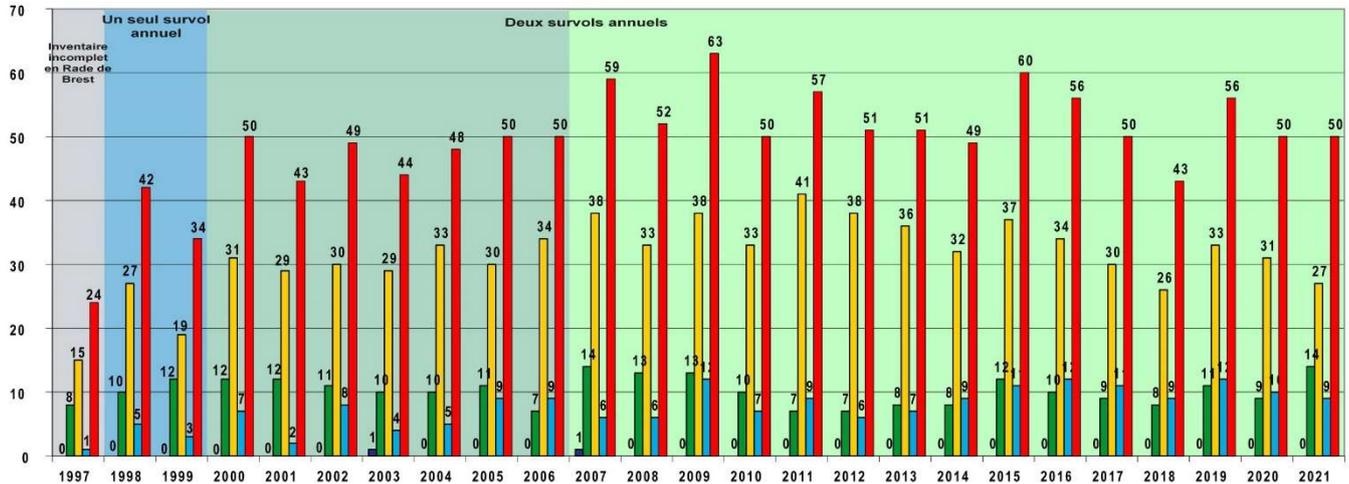


Comme précisé plus haut, le dénombrement des sites, ne concerne pas uniquement des sites qui peuvent être qualifiés de « marées vertes » et comprend des sites dont les dépôts sont peu étendus ; il convient donc de relativiser ce résultat et de se reporter à l'analyse des **surfaces d'échouage pour appréhender complètement les proliférations et leur évolution.**

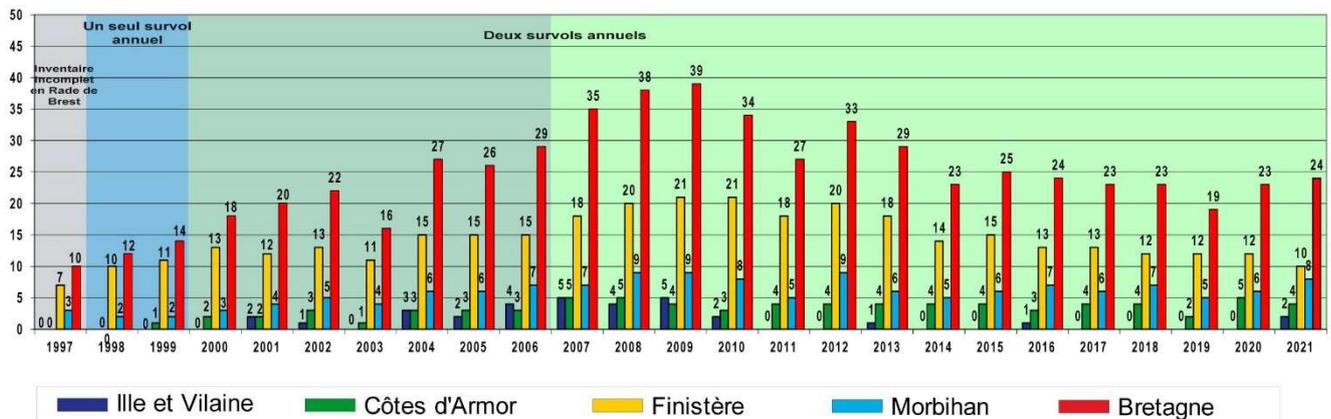


**Nombre de sites concernés par des échouages d'ulves entre 1997 et 2021**

**Secteur de plage**



**Secteurs de vasières estuariennes**



■ Ille et Vilaine ■ Côtes d'Armor ■ Finistère ■ Morbihan ■ Bretagne

Date des inventaires						
1997*	1998	1999	2000**	2001**	2002**	2003**
19, 20 et 31 juillet	25, 26 et 30 juillet	10 et 12 août	4 et 5 juillet puis 29 et 30 août	21 et 22 juin puis 6 et 7 septembre	10 et 11 juillet puis 8 et 9 août	14 et 18 juillet puis 13 et 14 août
2004**	2005**	2006**	2007**	2008**	2009**	2010**
19 et 20 juillet puis 19 et 20 août	21 et 22 juillet puis 19 et 23 août	11, 12, 13 juillet puis 8 et 9 août	16, 17 juillet puis 10 et 11 septembre	21, 22 juillet puis 17 et 18 septembre	20, 22 juillet puis 20 et 21 septembre	10, 13 juillet puis 8 et 9 septembre
2011**	2012**	2013**	2014**	2015**	2016**	2017**
14 et 15 juillet puis 13 et 15 septembre	20 et 22 juillet puis 15 et 18 septembre	22 au 24 juillet puis 20 et 22 septembre	13 et 16 juillet puis 8 et 9 septembre	18 et 21 juillet puis 11 et 12 septembre	19 et 21 juillet puis 18 et 21 septembre	24 et 25 juillet puis 18 et 19 septembre
2018**	2019**	2020**	2021**	* : inventaire incomplet en rade de Brest ** : données cumulées à partir de 2 survols aériens		
11 et 12 juillet puis 8 et 11 septembre	16 et 18 juillet puis 14 et 16 septembre	20 et 21 juillet puis 16 et 17 septembre	12 et 14 juillet puis 6 et 7 septembre			

L'ensemble du linéaire côtier est survolé à marée basse de fort coefficient. Les sites sont classés comme touchés par des échouages d'ulves à partir du moment où les dépôts sont décelables d'avion et que les contrôles de terrain mettent en évidence des proportions anormales d'ulves. Certains sites sont de très petite taille et ne correspondent pas à la description classique de "marée verte". Les années antérieures à 2000 ne comportant qu'un inventaire annuel peuvent difficilement être directement comparées aux années postérieures. A partir de 2007, les deux survols d'été sont à des dates qui pourraient être plus favorables pour dénombrer tous les sites que lors des années 2002-2006. Le suivi des vasières, amélioré au fil des années permet probablement d'expliquer en partie l'augmentation du nombre de sites.



Figure 8 : Nombre de sites touchés par des échouages d'ulves en Bretagne entre 1997 et 2020 pour la période estivale sur les secteurs de plage (figure du haut) et de vasières (figure du bas). Les années antérieures à 2000 ne comportant qu'un seul inventaire annuel sont à distinguer des années postérieures pour lesquelles on dispose d'au moins deux informations annuelles. A partir de 2007 le deuxième inventaire estival est en septembre et non plus en août ; les résultats ne sont pas totalement comparables avec la période 2002-2006. Le site de la Fresnaye, touché par des échouages d'*Ulvaria* (« ulvoïde ») sur les années 2007-2009 puis 2015-2020 a été classé dans ces sites.

Afin de distinguer au mieux les caractéristiques de la saison, les figures suivantes présentent par saison (dates d'inventaire proches) la situation des différentes années.

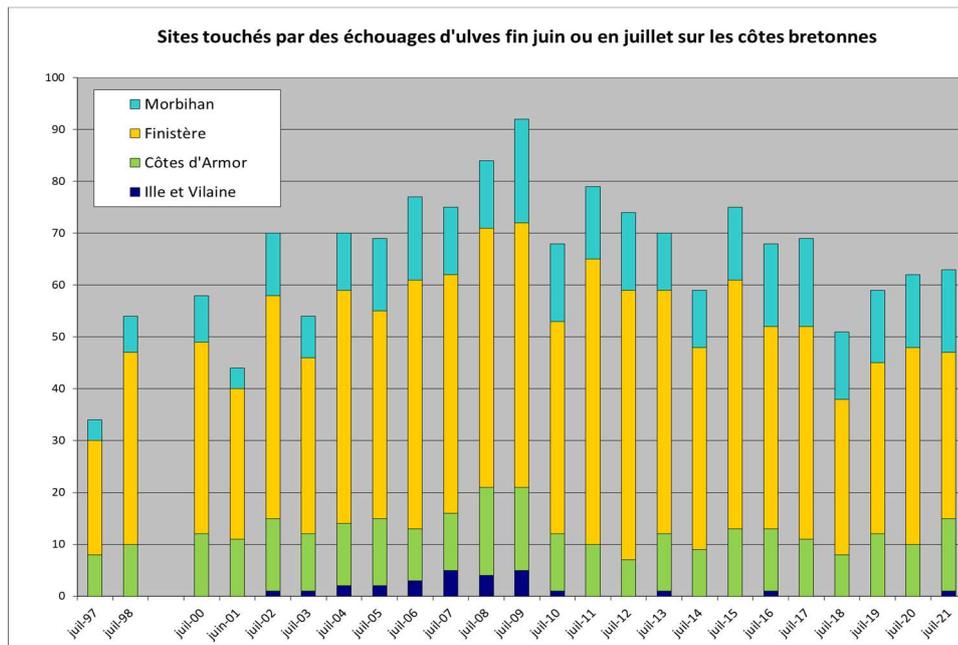


Figure 9 : Sites touchés par des échouages d'ulves en début de saison (fin juin ou juillet) sur les côtes bretonnes. Le site de la Fresnaye, touché par des échouages d'*Ulvaria* (« ulvoïde ») sur les années 2007-2009 puis 2015-2021 a été classé dans ces sites.

La Figure 9 met en évidence un nombre de sites (63) plutôt bas pour le début d'été 2021 (juillet), cependant nettement supérieur à 2018 (très tardive) et légèrement supérieur à 2014 ou 2019. Le niveau en juillet est inférieur à la moyenne des dernières années (70 sur 2002-2020 et 66 sur 1997-2020, premières années de la série, pas totalement comparables).

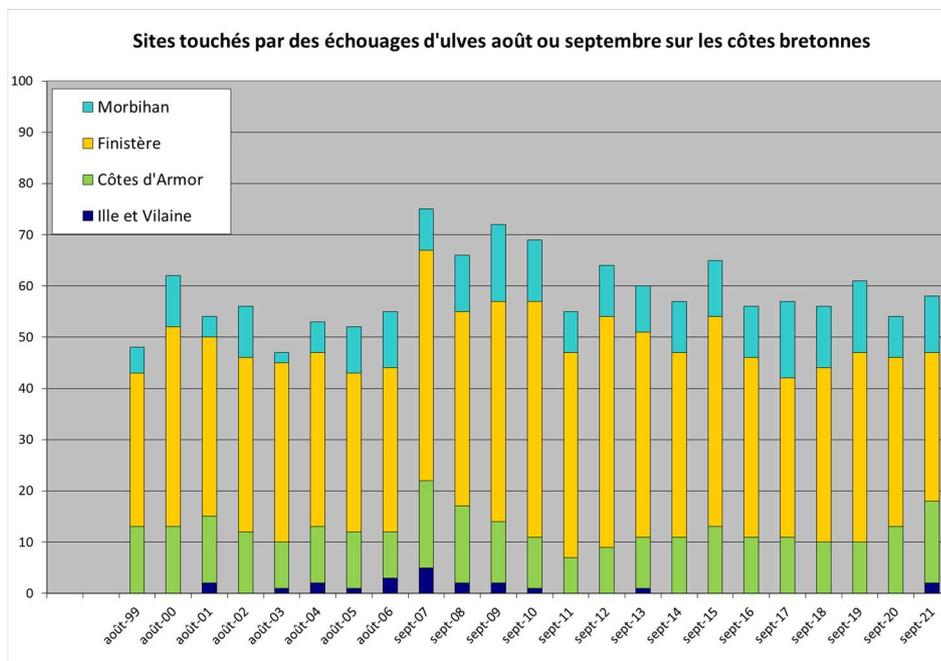


Figure 10 : Sites touchés par des échouages d'ulves en « fin de saison » (août ou septembre) sur les côtes bretonnes. Le site de la Fresnaye, touché par des échouages d'*Ulvaria* (« ulvoïde ») sur les années 2007-2009 puis 2015-2021 a été classé dans ces sites.

La Figure 10 indique, avec 58 sites, un niveau en septembre 2021 qui est plutôt bas, proche des 4 dernières années (56.8) mais nettement inférieur à la moyenne (62 sur septembre 2007-2020, années comportant un inventaire en septembre et 59 sur la fin de saison des années 1999 à 2020). Le niveau, plus élevé depuis 2007,



peut, en partie au moins, s'expliquer par la **date de l'inventaire en mi-septembre qui semble plus favorable** pour identifier des sites touchés par des échouages d'ulves que des inventaires positionnés en août.

Rappel : au-delà de l'augmentation du phénomène de prolifération mesuré, l'augmentation du nombre de sites peut être aussi reliée à l'amélioration des connaissances et aux informations fournies au CEVA pour guider les observations. Ainsi, l'intérieur de la Ria d'Etel et l'amont de la Rance par exemple n'étaient pas survolés avant 2002 et le sont depuis, suite à des observations locales (apparition d'ulves *a priori* récente). Il est probable aussi, que les observations soient plus dirigées sur des sites « reconnus », ayant déjà par le passé fait l'objet d'un classement. D'autre part, il est important de rappeler que le dénombrement des sites n'offre qu'une vision tronquée du phénomène, utile à la restitution rapide et continue d'observations en période de « marée verte » ; l'importance du développement algal sur les sites n'étant pas prise en compte. L'intérêt de ce suivi en simple dénombrement est surtout d'acquérir des références locales sur la colonisation des sites par les ulves, informations qui sont archivées avec photos et commentaires et qui, au fil des observations annuelles, permettent une analyse plus fine du phénomène. La compilation de ces résultats locaux permet néanmoins d'avoir une certaine perception de l'évolution du phénomène général.

### Sur l'ensemble de la saison

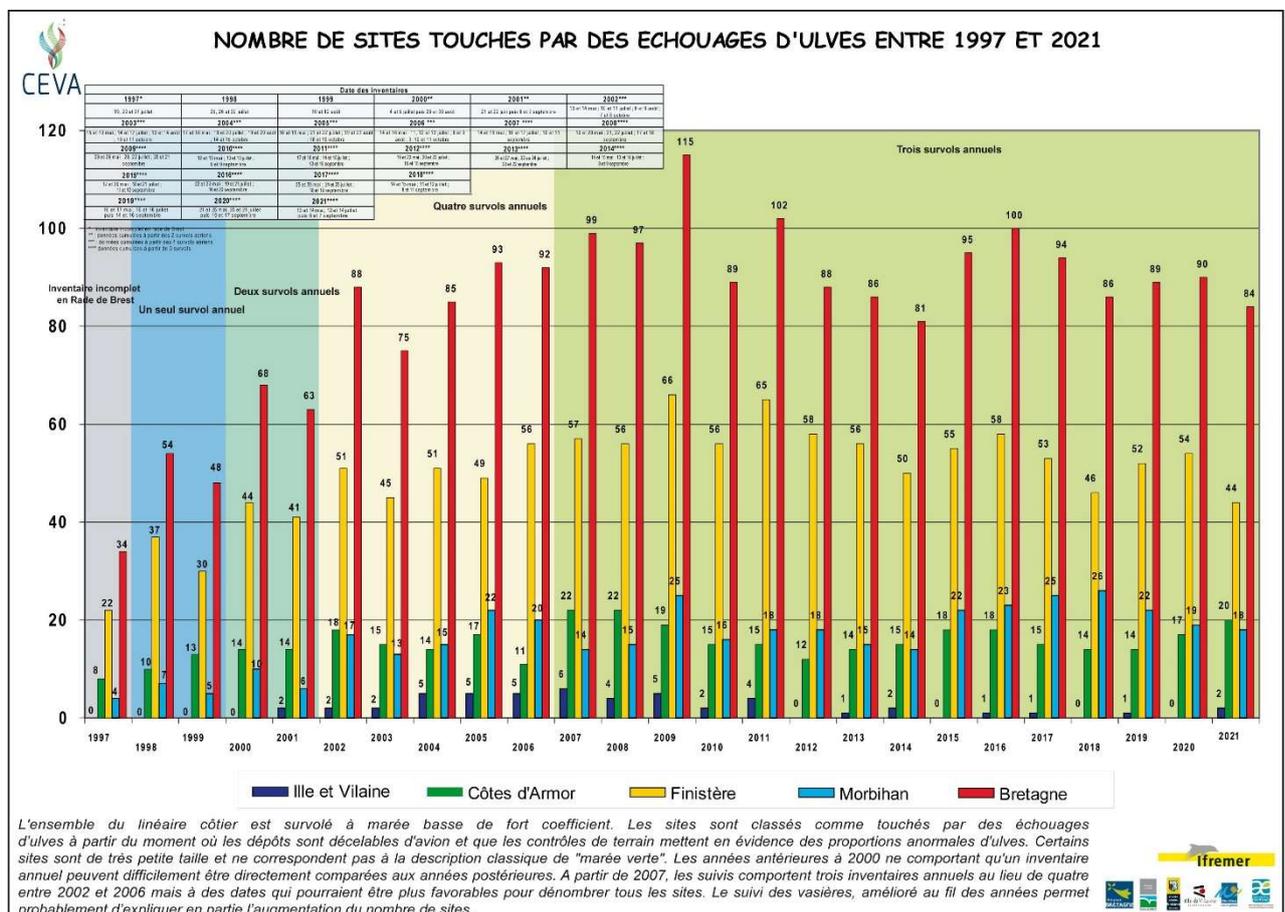


Figure 11 : Nombre de sites touchés par des échouages d'ulves sur l'ensemble de la saison sur les départements bretons entre 1997 et 2020 (nombre d'inventaires différents selon les années). Le site de la Fresnaye, touché par des échouages d'*Ulvaria* (« ulvoïde ») sur les années 2007-2009 puis 2015-2021 a été classé dans ces sites.

- L'année 2021, si l'on considère les trois dates d'inventaire (Figure 11), compte 84 sites soit 6 de moins que l'année précédente (alors qu'en ne considérant que les inventaires de juillet et septembre le nombre de sites augmentait d'un site). Le niveau sur l'année 2021 est donc sensiblement inférieur au niveau moyen (94 sites sur 2007-2020) et même proche de l'année la plus basse (2014 avec 81 sites).



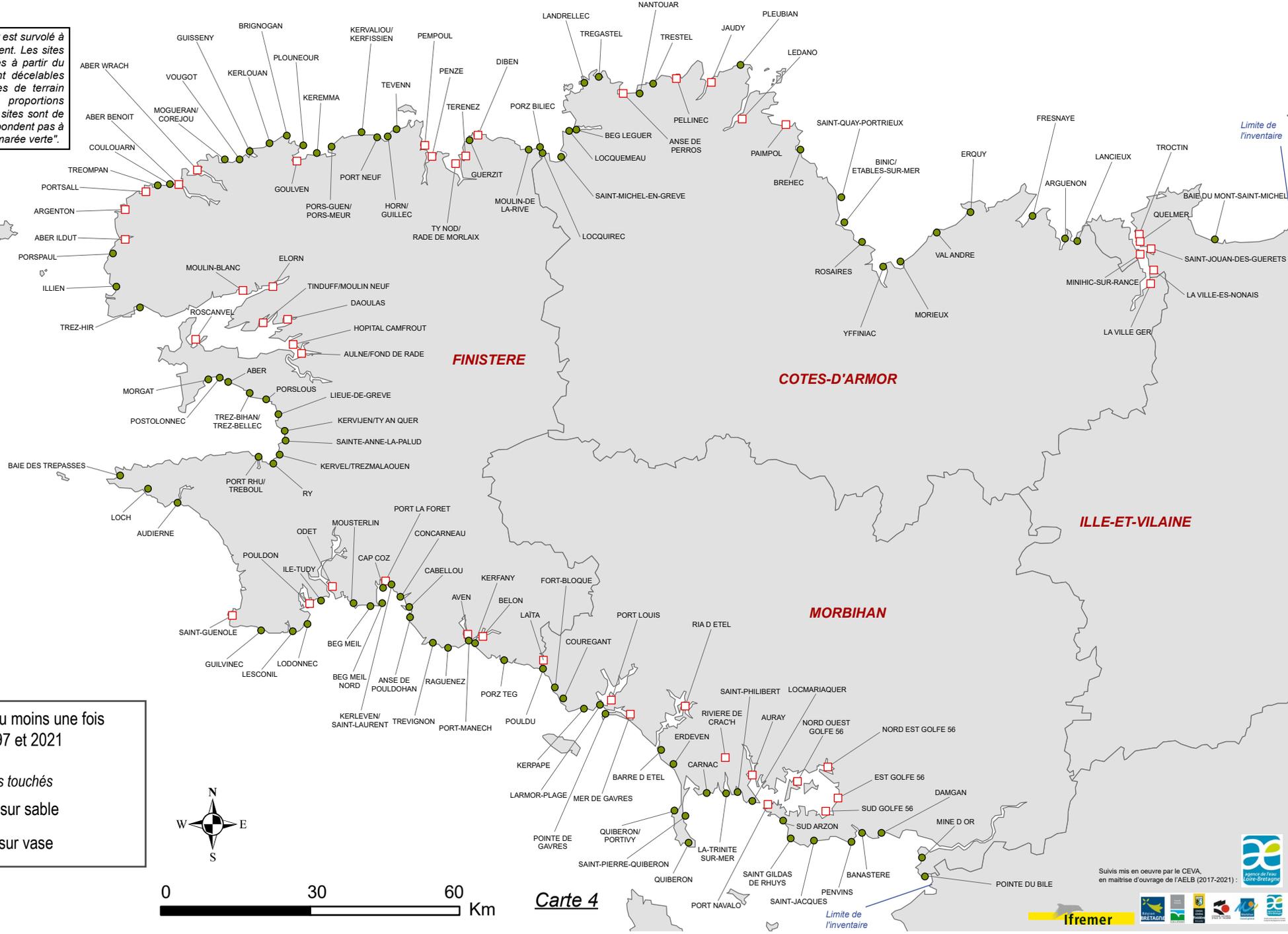
Les années 2007 à 2021, ne comportant plus que 3 inventaires généraux au lieu de 4 entre 2002 et 2006, on aurait pu s'attendre à une diminution « systématique » du nombre de sites total recensé. Il se peut que, malgré un nombre de survol inférieur, le fait d'avoir un inventaire en septembre plutôt que deux (août et octobre précédemment) est plus favorable pour répertorier un maximum de sites. En effet, dans les suivis antérieurs, l'inventaire d'août, proche de celui de juillet, était probablement un peu redondant avec le précédent et l'inventaire d'octobre, très tardif ne permettait de recenser que des sites dont la prolifération est particulièrement longue et qui ne sont pas encore « nettoyés » par les conditions plus agitées à cette période (mais déjà comptabilisés les mois précédents).

- Logiquement, à l'échelle des 25 dernières années, avec le nombre d'inventaires qui augmente (passage de 1 à 2 inventaires en 2000 puis de 2 à 4 en 2002), le nombre total de sites concernés par des échouages d'ulves a augmenté de façon assez continue. Cela a été en fait le cas jusqu'en 2010 puis ce nombre de site s'est stabilisé et a même tendance à régresser depuis. Comme exprimé au point précédent, le passage de 4 à 3 inventaires (2007) pourrait ne pas entraîner de minimisation du phénomène voire même permettrait de mieux le percevoir (dates plus favorables).
- L'augmentation du nombre de sites répertoriés peut également être mise en relation avec la meilleure connaissance des sites par le CEVA et par les efforts déployés pour visiter tous les sites, même de petite taille et en particulier les vasières.
- Aucun site n'a été classé pour la première fois en 2021 pour des échouages d'ulves.

La carte 4 présente les 141 sites qui ont été répertoriés au moins une fois sur l'ensemble des suivis réalisés depuis 1997. Parmi ces sites, certains sont concernés régulièrement d'autres ont pu n'être touchés que de façon exceptionnelle. Pour mieux faire le tri dans l'ensemble des sites qui ont pu être répertoriés depuis 1997, la carte 5 ne présente que les sites qui sont régulièrement repérés ; seuls les sites ayant été touchés au moins 17 fois sur les 25 années d'inventaires sont représentés (soit un peu plus de deux années sur trois). 62 sites sont dans ce cas sur le littoral breton (donc 44 % du total des sites déjà repérés depuis 1997) et parmi ces sites, 15 ont été touchés chaque année, 9 l'ont été 24 années sur 25 et 9 l'ont été 23 années sur 25 (soit 33 sites qui ont été touchés au moins 23 années sur 25). Il convient de noter que certains points du littoral (La Rance, la Ria d'Étel, notamment mais également les Iles du Golfe du Morbihan, ...) ne sont survolés que depuis quelques années et ne peuvent donc entrer dans la catégorie des sites touchés les plus « régulièrement » ; pour autant ces sites peuvent apparaître tous les ans depuis qu'ils sont surveillés. Le fait que des sites soient classés systématiquement permet de consolider chaque observation annuelle. Ces sites peuvent être qualifiés de sites récurrents et sont, pour la plupart, les sites les plus problématiques (proliférations longues dans la saison et action de reconquête plus importante à y mener).

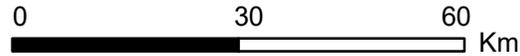
# Sites touchés par des échouages d'ulves au moins une fois depuis 1997

L'ensemble du linéaire côtier est survolé à marée basse de fort coefficient. Les sites sont classés comme touchés à partir du moment où les dépôts sont décelables d'avion et que les contrôles de terrain mettent en évidence des proportions anormales d'ulves. Certains sites sont de très petite taille et ne correspondent pas à la description classique de "marée verte".



Sites touchés au moins une fois entre 1997 et 2021

- site sur sable
- site sur vase

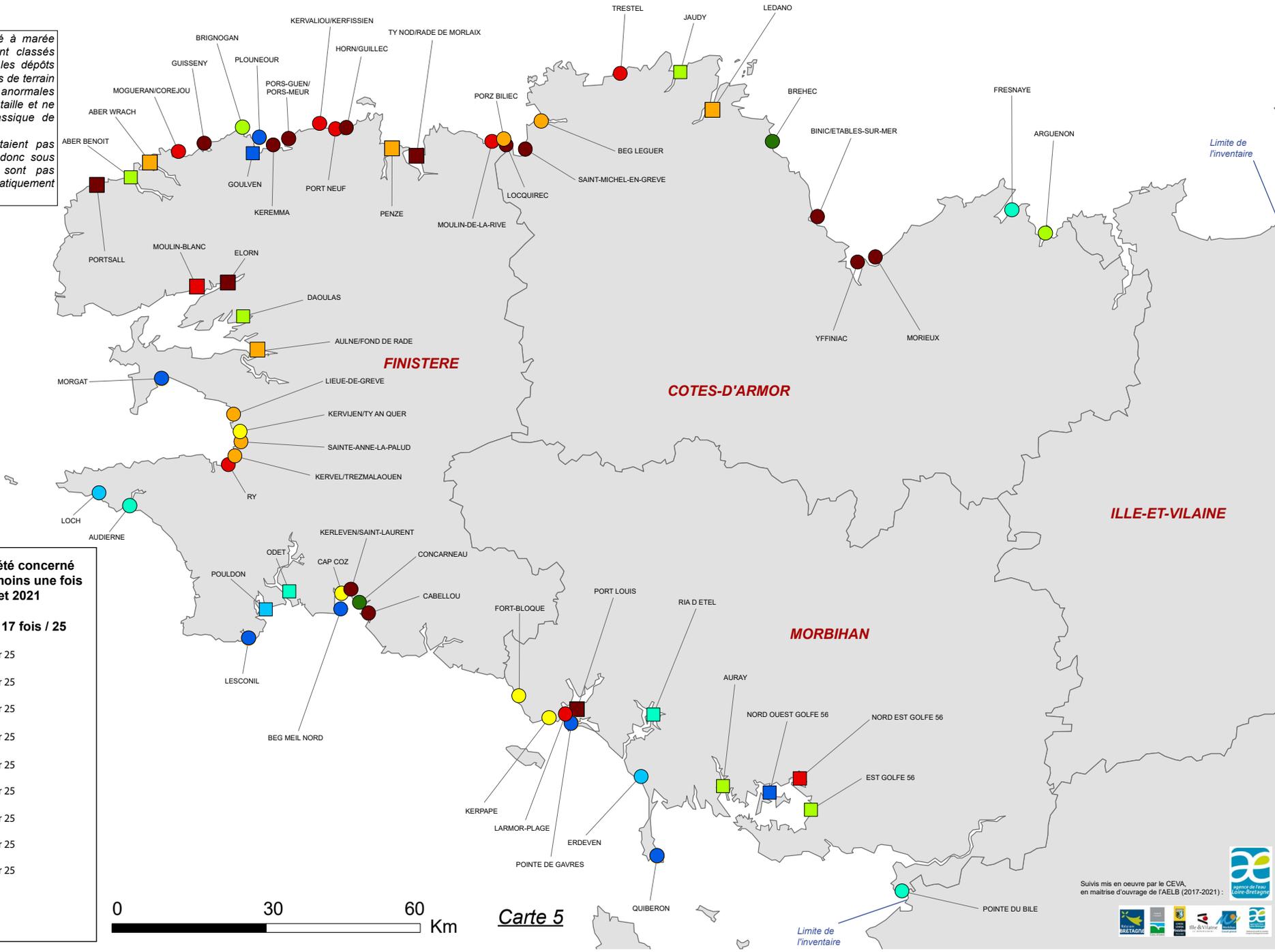


Carte 4

Suivis mis en oeuvre par le CEVA, en maîtrise d'ouvrage de l'AELB (2017-2021).

# Sites les plus fréquemment touchés par des échouages d'ulves sur la période 1997-2021

L'ensemble du linéaire côtier est survolé à marée basse de fort coefficient. Les sites sont classés comme touchés à partir du moment où les dépôts sont décelables d'avion et que les contrôles de terrain mettent en évidence des proportions anormales d'ulves. Certains sites sont de très petite taille et ne correspondent pas à la description classique de "marée verte". Certains secteurs (ria notamment) n'étaient pas survolés les premières années et sont donc sous comptabilisés (certaines vasières ne sont pas représentées ici, alors quelles sont systématiquement touchées les dernières années du suivi).

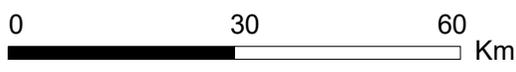


Nombre d'années où le site a été concerné par des échouages d'ulves au moins une fois dans l'année entre 1997 et 2021

62 sites concernés au moins 17 fois / 25

- site concerné 17 années sur 25
- site concerné 18 années sur 25
- site concerné 19 années sur 25
- site concerné 20 années sur 25
- site concerné 21 années sur 25
- site concerné 22 années sur 25
- site concerné 23 années sur 25
- site concerné 24 années sur 25
- site concerné 25 années sur 25

- plage
- vasière



Carte 5



### 3.1.3. Mise en évidence de la particularité des sites sur vase

Dans les sites repérés comme touchés par des échouages d'ulves, deux situations distinctes se rencontrent. Les sites « classiques » de « marées vertes », les plus connus du public, sont des secteurs de plage relativement ouverts où les ulves prolifèrent en « rideau » et se déposent en partie sur l'estran sableux à marée basse. A noter que cette catégorie « sites de plage » est elle-même constituée de deux sous-groupes : les sites « classiques » de prolifération d'ulves en suspension dans la masse d'eau (cas des grandes baies les plus connues comme affectées par des « marées vertes ») et des sites dits « d'arrachages » pour lesquels une partie importante de la biomasse s'est constituée alors que les ulves étaient encore fixées sur des substrats rocheux. La délimitation entre ces deux sous-groupes est pour un nombre de sites élevé assez difficile à tracer, la partie croissance « libre » dans la colonne d'eau pouvant être plus ou moins importante et jusqu'à parfois inexistante (sites d'arrachage « purs »). Une autre situation coexiste : prolifération d'ulves sur des sites dont l'hydrodynamisme de surface est plus faible et où les ulves ne sont pas remises en suspension et ne sont transportées que par les courants de marées qui ne sont très actifs que dans les chenaux. Ces sites présentent aussi des sédimentations plus fines de type vaseuses ; les algues y sont peu mobiles et sont peu sujettes à la fragmentation. Il n'y a pas de réel brassage de l'eau, ni de remise en suspension de sorte que les thalles sont souvent piégés dans la vase et ne bénéficient pas des conditions de croissance rencontrées sur les plages. On peut ajouter que ces sites « vaseux » sont différents aussi par l'utilisation qui est faite de ces milieux. La nuisance peut être écologique (dépôts d'ulves sur les schorres, anoxie sous les dépôts qui induisent probablement des perturbations supérieures à la situation sur les sites sableux plus brassés) mais elle est a priori moins ressentie par les riverains et les touristes, ces vasières étant d'une manière générale peu accessibles. On peut cependant noter dans certains cas des nuisances olfactives (donc potentiellement aussi des risques sanitaires) lorsque ces vasières sont proches de zones fréquentées.

- La **carte 6** positionne les sites de vasières touchés en 2021. Ceux-ci sont localisés principalement dans le Golfe du Morbihan, les rades de Brest ou Lorient, les baies de Morlaix et Penzé, la Rance ainsi que dans les estuaires profonds et les abers.
- Sur les trois inventaires de 2021, **26 sites sur les 84 sites recensés sont des sites de vasière (31 %) ce qui est légèrement inférieur niveau moyen 2007-2020 (33.5 %)**. La Figure 12 présente la proportion, sur les inventaires d'été (juillet ou septembre) des vasières touchées sur le total des sites. Pour 2021, 24 vasières sont concernées en juillet ou septembre ce qui représente donc **32.5 % du total des sites**. Cette proportion est **identique à la moyenne depuis 1997 (31.9 %)** mais légèrement en retrait par rapport à la situation calculée sur 2007-2020 (34.2 %, année plus « comparables entre elles »). La situation est donc très proche de celle mesurée en 2020 (31.5 % de sites de type vasière). Il convient de rappeler que l'augmentation régulière, jusqu'en 2007, de la proportion des sites sur vasière est probablement, en partie au moins, liée à l'amélioration des suivis de ces milieux (estuaires plus systématiquement parcourus : cf. ci-dessus, 3.1.2 Comparaison inter-annuelle 1997-20).
- **La prolifération sur la plupart de ces sites est assez longue** : plus des trois quart (77 %) des sites sont touchés deux ou trois fois sur les trois inventaires de 2021 dont 38 % sur les trois dates d'inventaire. Le fait que les algues soient peu mobiles explique en partie le maintien, sur une partie importante de la saison, des proliférations. En 2009, une seule vasière avait été classée qu'une fois ; en 2010 comme en 2018, années de faible prolifération, elles étaient 10 dans ce cas. En 2021 seules 6 vasières se trouvent dans cette situation, de prolifération « courte ».

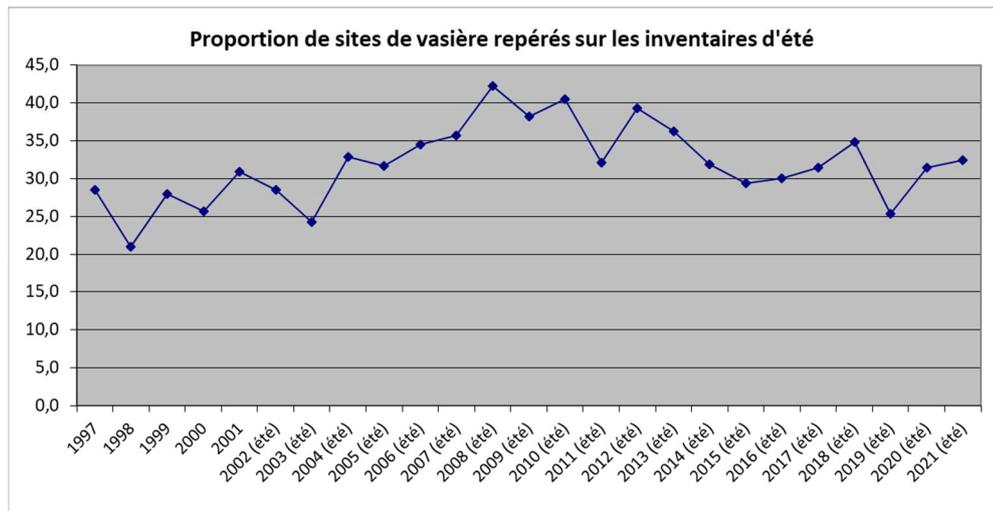
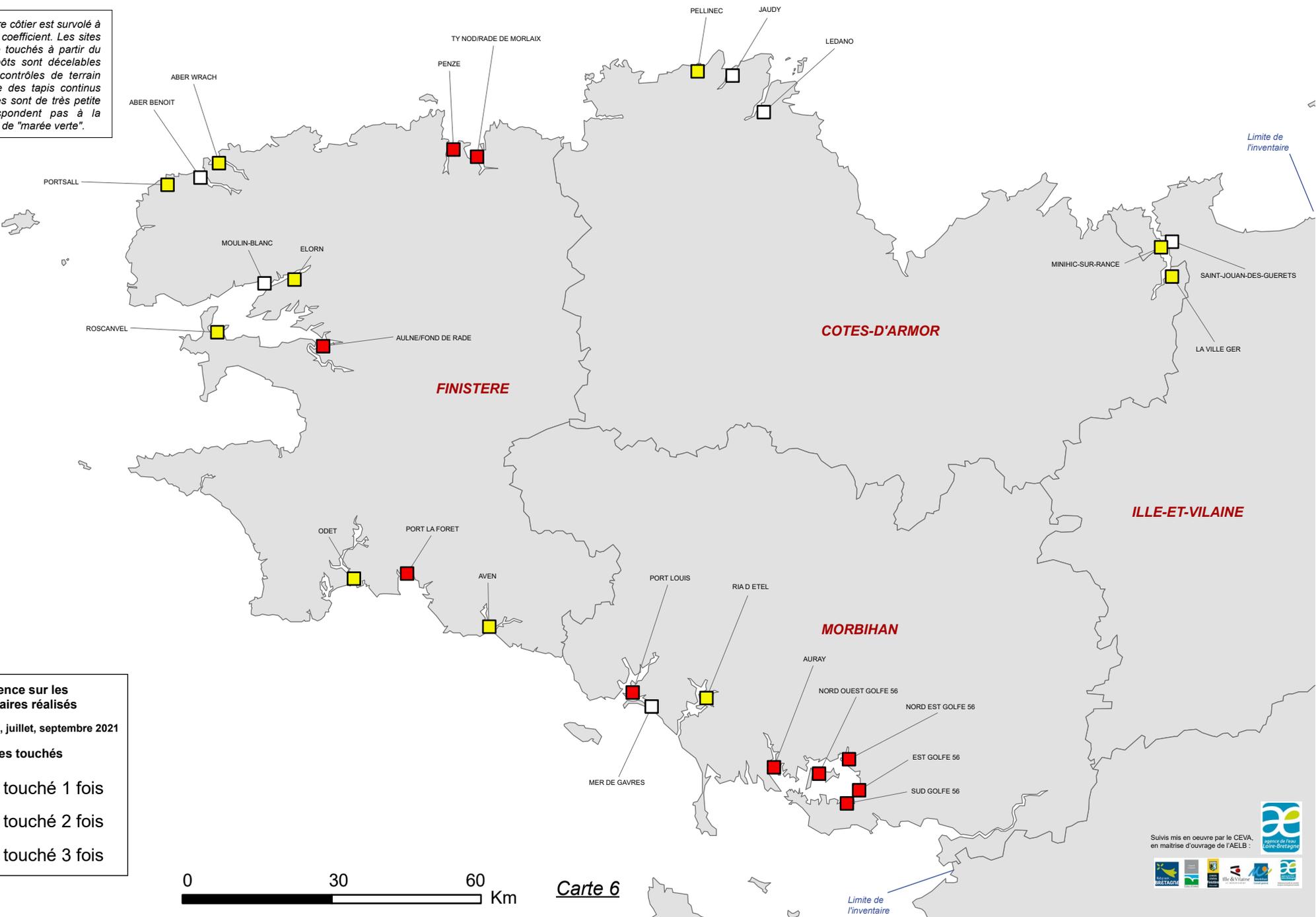


Figure 12 : Proportion de vasières dans les sites touchés par des échouages d'ulves sur les années 1997 à 2021. L'amélioration des suivis permet probablement d'expliquer, en partie au moins, l'augmentation de la proportion des vasières dans le total des sites inventoriés du début des suivis à 2008.

# Vasières touchées par des échouages d'ulves au cours de la saison 2021

L'ensemble du linéaire côtier est survolé à marée basse de fort coefficient. Les sites sont classés comme touchés à partir du moment où les dépôts sont décelables d'avion et que les contrôles de terrain mettent en évidence des tapis continus d'ulves. Certains sites sont de très petite taille et ne correspondent pas à la description classique de "marée verte".



**Occurrence sur les 3 inventaires réalisés**  
inventaires de mai, juillet, septembre 2021

**26 sites touchés**

- site touché 1 fois
- site touché 2 fois
- site touché 3 fois



### 3.1.4. Détermination des espèces proliférantes

Dans le prolongement des missions aériennes, les équipes mobilisées pour effectuer les missions de « vérité-terrain » prélèvent des échantillons d'algues à l'origine de la prolifération observée sur le site. En cas de doute sur le terrain sur les espèces rencontrées, les échantillons sont examinés au laboratoire afin que soit déterminée leur systématique. Une première analyse permet de distinguer le genre de l'algue. Pour les « algues vertes en lames », la plupart du temps, il s'agit d'*Ulva* spp, plus rarement, en particulier sur les vasières, de l'*Ulvaria* spp (antérieurement dénommée *Monostroma*). Quand les algues vertes sont de formes filamenteuses, elles sont de « façon générique » rattachées au genre *Enteromorpha* (formes filamenteuse nommées classiquement entéromorphes, mais désormais rattachées au genre *Ulva*) et parfois identifiées comme *Cladophora* spp.

Ces dernières années, certains sites présentent des proliférations d'ectocarpales (algues brunes filamenteuses) et d'algues rouges des ordres des Gigartinales, Ceramiales, Gracilariales et Bonnemaisoniales. En outre, on retrouve souvent une présence plus ou moins marquée de *Zostera* spp. dans les échouages en particulier de haut de vasière (mais il ne s'agit pas de prolifération, ni même d'algues). Les algues sont différenciées selon leur espèce, quand cela est possible sans engager de manipulations trop lourdes, d'autant que la détermination systématique sans recours aux techniques de la génétique est parfois insuffisante. Les espèces d'ulves proliférantes le plus souvent rencontrées sont *Ulva armoricana* et dans une moindre mesure *Ulva rotundata*.

L'identification des algues est un exercice délicat ; il n'est pas toujours possible d'affirmer avec certitude quelle est l'espèce examinée. Parfois l'incertitude est telle qu'aucune espèce n'est avancée. Néanmoins, le systématiseur est, en général, capable d'apprécier si l'algue est issue d'un arrachage ou si elle a connu une croissance libre ce qui renseigne sur le fonctionnement du site dont elle est issue.

En 2012 et 2013, les identifications microscopiques en laboratoire avaient été renforcées, aussi bien pour déterminer l'espèce que pour apprécier le caractère « arraché » ou « libre » des algues. Il a alors été possible pour ces deux années de produire des cartes des espèces présentes dans les prélèvements en fonction de leur morphologie. Depuis 2014 de telles prospections et déterminations n'ont pas pu être réalisées (limites de la détermination sur des critères morphologiques et difficultés à disposer d'échantillonnage représentatif pour caractériser des sites souvent très étendus). Pour plus d'informations sur les espèces en présence, se reporter aux cartes établies en 2012 et 2013.

La carte de l'annexe 3 présente les sites ayant été répertoriés pour des échouages massifs d'autres algues (en dehors des débarquements « classiques » de goémon) sans pour autant que l'on puisse garantir l'exhaustivité des observations. Cette thématique des « autres algues » est **toujours d'actualité en 2021, avec 22 sites qui ont été repérés pour ces « autres algues »**.

Contrairement à l'année précédente pour laquelle ces algues étaient très représentées, en 2021, les **algues vertes filamenteuses** ont concerné peu de sites (4 sites, contre 13 sites en 2020). Les sites touchés par ces proliférations sont les sites « habituelles » pour de telles algues (« Landrellec », « Locquémeau » auquel s'ajoute « Trégastel » et « Pleubian », moins régulièrement concernés). L'importance des proliférations d'algues vertes filamenteuses repérée en 2020 était donc bien liée à des conditions environnementales particulières à cette année et non une tendance. Comme régulièrement observé depuis 2007, la baie de la Fresnaye a présenté en 2021 une prolifération d'*Ulvaria* (avec des algues rouges filamenteuses surtout en juillet et de façon marginale, non présenté sur la carte, de petites quantités d'ectocarpales sur une grande partie de la saison).

En plus de ces échouages d'algues vertes « non ulves », des proliférations d'autres algues, brunes et rouges, ont concerné de nombreux secteurs et **cette « thématique » reste donc majeure en 2021**. En majorité, ces « autres algues » sont des **petites algues filamenteuses, brunes ou rouges** qui semblent, comme les algues



vertes filamenteuses, avoir des capacités de prolifération dans des milieux dont le niveau trophique est plus bas que ceux favorables au développement des ulves (programme CARMA et CIMAV P3 du CEVA améliorant la caractérisation écophysiological de ces « autres algues »). De **nombreux sites ont encore été concernés par les algues brunes filamenteuses** de types *Ectocarpales*. Comme relevé depuis de nombreuses années (2006), **l'est des Côtes d'Armor** est fortement concerné par ces proliférations (baie de Lancieux principalement pour 2021, la Fresnaye présentant en plus de l'*Ulvaria* surtout du *Polysiphonia* et quelques *Ectocarpales* en mélange). Ces algues ont à nouveau été retrouvées en 2021 sur d'autres secteurs et en particulier en juillet, sur la **baie de Douarnenez**, en mélange avec des proliférations d'ulves et diverses algues rouges filamenteuses. Des *Ectocarpales* ont également été relevées sur l'« Aber Benoît » (Brouenou) sur « Paimpol » (Est de la baie), sur deux sites de la baie de Quiberon, sur le « Moulin Blanc » (ce qui semble nouveau) et sur « Crozon Anse de Dinan » (alors que plus souvent il s'agit de *Falkenbergia* sur ce site). Sur la « baie du Mont Saint Michel » les échouages qui ont été repéré en survol en septembre étaient majoritairement composés de petites algues rouges filamenteuses.

En 2021, les **échouages de *Solieria chordalis*** sont présents, comme souvent, sur le **sud de la presqu'île de Rhuys** et aussi plus au nord (comme en 2019), sur la **baie de la Forêt** (« Cap Coz » et « Kerleven/Saint Laurent »). Sur la presqu'île de Rhuys, les échouages massifs sont généralement repérés en septembre alors qu'en 2021 les sites sont aussi concernés en juillet et même en mai.



### 3.1.5. Conclusion

#### Les inventaires en dénombrement de sites sur le littoral breton en 2021 ont permis de repérer :

- Un nombre de sites touchés par des échouages d'ulves sur les 3 inventaires (**84 sites**) inférieur à 2020 (- 6 sites) et **sensiblement inférieur à la moyenne des années 2007-2020** (93.6 sites) et même proche du niveau le plus bas relevé en 2018 (81 sites).
- Un nombre de sites **en mai** (51 sites) qui est **inférieur au niveau moyen** (54.2 sites sur 2002-2020) et très inférieur au niveau de l'année 2017 (79 sites touchés, année la plus précoce sur cet indicateur). L'année 2021 est cependant très au-dessus de l'année 2014, la plus tardive (33 sites). Sur le critère « dénombrement », l'année **2021 apparaît donc comme « légèrement tardive »**.
- **Un niveau de juillet** (63 sites) qui augmente par rapport à mai (+12 sites soit une augmentation « assez classique » entre ces deux dates) et se situe encore à **un niveau inférieur au niveau moyen** (69.7 sur 2002-2020). La prolifération peut être donc qualifiée de « peu intense », sur ce critère.
- **Un niveau en septembre** (58 sites) qui diminue relativement peu par rapport à juillet et reste inférieur à la moyenne (61.9 sites sur 2007-2020). La prolifération est donc relativement « peu soutenue » en fin de saison, sur ce critère de dénombrement.
- L'analyse sur la seule **période « estivale » juillet à septembre** (74 sites) confirme la position de l'année 2021 **en nettement dessous du niveau moyen** 2007-2020 (81.1 sites soit 9 % sites de moins) et même sous le niveau plus modeste des années 2010-2019 (77.3 sites).
- Au travers de ce dénombrement on perçoit donc une année de **prolifération « légèrement tardive » puis relativement peu intense en été et peu soutenue à l'automne**.
- Une **proportion des sites de vasière** dans le total des sites (31%) qui est légèrement inférieur à la situation moyenne (33.5 % sur les années 2007-2020). Le nombre total de sites touchés par des proliférations d'ulves, légèrement inférieur à la moyenne, est en partie lié à un nombre de sites de vasière touchés en 2020 qui est inférieur (26 sites sur les 3 inventaires contre 31.5 sur 2007-2020). Sur la plupart de ces vasières, la prolifération y est longue (77 % des sites sont classés 2 ou 3 fois).
- De nombreux sites touchés par des proliférations **d'algues autres que les ulves** : quelques sites (beaucoup moins qu'en 2020) sont touchés par des **algues vertes filamenteuses**, sur des sites « habituels » du littoral nord. Les baies de l'Est des Côtes d'Armor (Lancieux, Fresnaye plus marginalement) mais aussi la baie de Douarnenez ont été encore en 2021 touchées par des proliférations d'**Ectocarpales** (en mélange avec des ulves et des algues rouges filamenteuses). Enfin des échouages de **Solieria chordalis** ont été repérés dès l'inventaire de mai, puis en juillet et septembre sur la **presqu'île de Rhuys** et de façon plus marginale en juillet sur la **baie de la Forêt**.
- Des sites de tailles très inégales qui sont loin de tous répondre à l'image des sites de « marée verte » (cf. § 3.2 pour l'analyse des surfaces).



## 3.2. Résultats de l'estimation surfacique sur les côtes bretonnes

Le dénombrement des sites, s'il donne des résultats intéressants, notamment en ce qui concerne la répartition et la fréquence d'apparition des sites présentant des échouages d'ulves sur le littoral, ne permet pas de quantifier l'importance des proliférations algales. La méthode d'estimation quantitative surfacique complète l'observation en apportant une appréciation objective et chiffrée de l'importance de la prolifération. Ces données en « surface » peuvent être complétées par l'ajout de données de biomasse par unité de surface et de prospections sous-marines permettant une approche des stocks totaux d'algues (réalisé pour de nombreux sites de 2002 à 2016).

Il est important d'ajouter que, de par la méthode d'estimation de surface employée ici, seules les surfaces **colonisées par des ulves** (ou algues vertes totales dans le cas des estimations sur vasières) et **accessibles à l'observation aérienne** sont comptabilisées. Les stocks infralittoraux ne sont donc pas estimés par cette approche, ce qui conduit probablement à **sous-estimer l'importance des sites du sud Bretagne** qui ont tendance à stocker plus d'algues dans l'infralittoral que sur les plages. Cette méthode ne tenant compte que des stocks « visibles » (déposés sur l'estran ou en rideau) présente l'avantage d'être proche de la perception ou des nuisances ressenties par les riverains (mais éventuellement plus éloignée de la gêne occasionnée pour les utilisateurs de la mer...). Les surfaces déposées sur l'estran ou en rideau sont indicatrices des stocks totaux mais cette indication pourrait être moins bonne dans la partie sud de la Bretagne où les stocks infralittoraux sont particulièrement importants.

Les sites de vasière décrits précédemment (§ 3.1.3), n'ont pas tous fait l'objet de mesure de surface en algue en 2021 ; seules 10 masses d'eau (comme depuis 2011) ont fait l'objet d'estimations surfaciques. En tout état de cause, il ne paraît pas pertinent de représenter ces sites sur le même plan que les sites de type « plage ». En effet, ces sites de vasière sont particuliers et ne peuvent être étudiés avec la même approche que les sites plus ouverts, sur sable : les surfaces végétalisées sont souvent colonisées à la fois par des algues vertes filamenteuses fixées et des ulves plus ou moins fixées (thalles en partie envasés). De plus, ces surfaces vaseuses sont difficilement praticables et les contrôles de terrain ne peuvent, bien souvent, concerner que la périphérie des dépôts. Pour les vasières ayant fait l'objet d'estimation surfacique en 2021, tous les dépôts d'algues vertes ont été tracés (ulves « en lame » ou « entéromorphes » filamenteuses), contrairement aux années antérieures à 2008 pour lesquelles seuls les dépôts dont l'aspect et la couleur permettaient d'estimer qu'il s'agissait bien de couverture en ulves étaient tracés. Cette manière de tracer les dépôts d'algues verte sur vasière a été mise en œuvre pour répondre à la DCE qui prévoit notamment comme indicateur la couverture maximale annuelle par les algues vertes (et non la couverture par les ulves). Les inventaires pour lesquels les dépôts semblent les plus importants sont utilisés pour effectuer les digitalisations des surfaces d'échouages d'algues vertes. La photo-interprétation sur ces sites vaseux est techniquement plus délicate et le résultat est donc moins précis que dans le cas des sites sableux. En 2021 comme pour les années 2009 à 2020, pour pouvoir mieux couvrir l'intégralité des vasières, deux vols spécifiques ont été déclenchés pour pouvoir remonter certaines des rias qu'il n'était pas possible de couvrir lors des acquisitions « générales » sur le littoral.

En tout état de cause, les surfaces de dépôts d'ulves sur les vasières ne sont pas à mettre sur le même plan que les surfaces des sites « sableux » (ni en biomasse, ni en nuisance) ; aussi il a été choisi de les représenter séparément, comme les années précédentes. Les évaluations sur les sites de vasières n'étant conduites que dans le cadre des suivis du Réseau de Contrôle de Surveillance (RCS), les résultats de ces suivis ne sont pas dupliqués dans le présent rapport (pour les consulter, se reporter au rapport « Suivi des blooms de macroalgues opportunistes sur le littoral Loire-Bretagne, Contrôle de Surveillance (RCS) : Inventaires et qualification des masses d'eau – Année 2021 »)



### 3.2.1. L'importance relative des sites (sites sableux)

Pour ce qui est des sites « sableux » touchés par des échouages d'ulves en 2021, les surfaces maximales annuelles couvertes par les ulves (en considérant uniquement les mois d'inventaires « généraux » de l'année en mai, juillet et septembre) s'échelonnent, de 0,12 à 260 ha soit dans un rapport de 1 à 2 000, ce qui confirme bien la nécessité d'appréhender la surface des dépôts en plus de la simple « présence anormale d'ulves » pour décrire le phénomène (cf. § 3.1).

L'annexe 4 présente tous les sites sur sable en fonction de leur taille maximale atteinte lors des 3 inventaires RCS de 2021 (pour que tous les sites aient un chiffre issu du même nombre de mesure) et également, pour les sites faisant l'objet de 7 inventaires (figure du bas), le maximum atteint sur ces 7 inventaires (permet de percevoir le maximum atteint pour les sites surveillés mensuellement). Le maximum annuel (7 inventaires) est en effet fréquemment supérieur au maximum des trois inventaires « généraux ». Cela est le cas pour une partie des sites dont le maximum est atteint en juin (qui est la date du maximum régional, à égalité avec juillet, sur le cumul du linéaire breton pour la moyenne 2002-2020), et pour certains sites dont le maximum est en août (Finistère nord notamment) voire en octobre certaines années. En 2021, la prolifération ayant été très précoce sur les sites les plus importants, le maximum annuel sur 7 inventaires y est nettement plus élevé que sur les 3 inventaires (« Fresanye », « Morieux », « Sainte Anne la Palud »). Mais certains sites ont subi une prolifération soutenue en 2021 et un maximum qui se positionne alors sur le mois d'août (« Binic/Etables sur Mer », « Beg/Leguer », « Horn/Guillec », « Guisseny », « Mogueran/Correjou », « Larmor Plage ». L'ajout de survols permet donc logiquement de mieux apprécier le maximum de couverture par les ulves que les seuls 3 inventaires du RCS. On perçoit bien, à travers les représentations de l'annexe 3, les **grandes disparités rencontrées** (5 sites présentent des surfaces supérieures à 50 ha sur les maximums sur 3 inventaires alors que 18 sont en dessous de 1 ha) et l'importance d'avoir une perception des surfaces plutôt que de se contenter du simple dénombrement.

Pour les sites de type « plage », cinq classes sont proposées en se basant sur les surfaces mesurées lors des trois inventaires « généraux » du RCS (mai, juillet et septembre) :

*Tableau 4 : Répartition des sites sur secteur de plage par classe de taille maximum atteinte en 2021 sur les 3 inventaires « généraux » (« rideau » + échouage en « équivalent 100% » de couverture). 58 sites de type « plage » ont été classés pour des échouages d'ulves en 2021 et ont fait l'objet d'évaluation surfacique.*

Classes de sites par surfaces maximales couvertes par les ulves	Nombre de sites
moins de 1 hectare	18
de 1 à 10 hectares	32
de 10 à 50 hectares	3
de 50 à 200 hectares	4
plus de 200 hectares	1

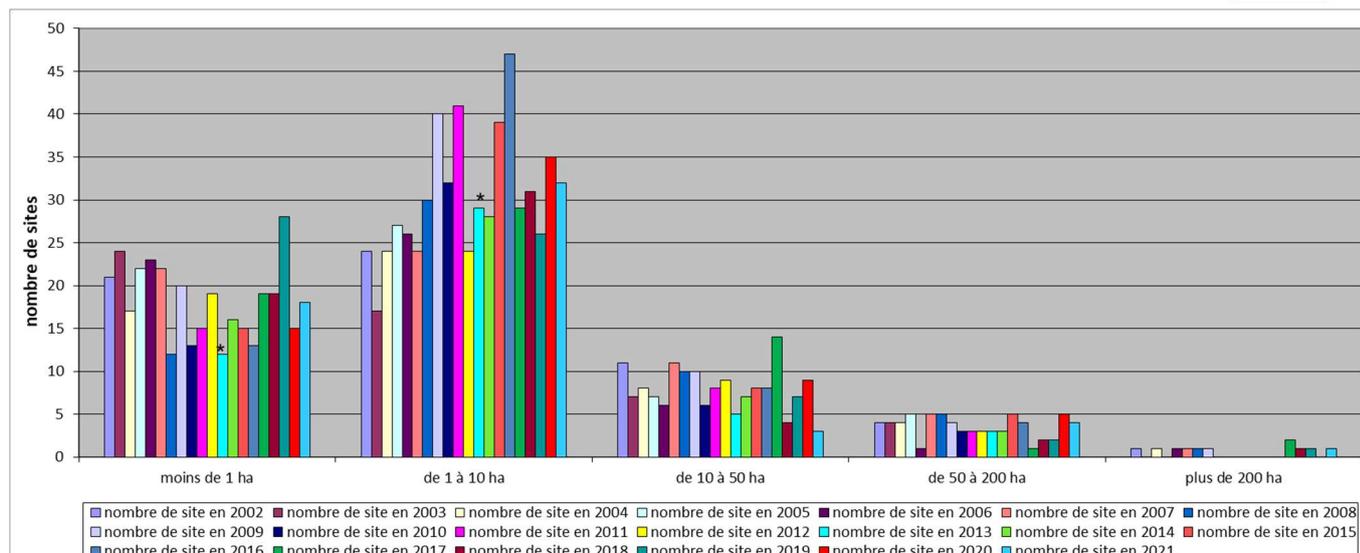


Figure 13 : Répartition par classe de taille (maximum annuel sur les trois inventaires « généraux ») des sites présentant des échouages d’ulves sur secteur de plage entre 2002 et 20210 ; le site de la Fresnaye, touché par des échouages d’Ulvaria (« ulvoïde ») de 2007 à 2009 puis de 2015 à 2021 a été classé dans ces sites.\* A NOTER : en 2013, pour diminuer les coûts des suivis, certains sites sableux n’ont pas fait l’objet d’évaluation surfacique malgré un classement pour des échouages d’ulves : cinq sites sur le littoral du Finistère et un sur le littoral du Morbihan sont dans ce cas. Les mesures surfaciques de ces sites augmenteraient la représentation des plus petites catégories (moins de 1 ha principalement mais éventuellement aussi de 1 à 10 ha)

Tableau 5 : Répartition des sites sur secteur de plage touchés en 2021 par des échouages d’ulves par département et par classe de taille (taille maximale atteinte sur les 3 inventaires généraux).

catégorie\Département	35	22	29	56	Total
moins de 1 ha		5	11	2	18
de 1 à 10 ha		6	18	8	32
de 10 à 50 ha			3		3
de 50 à 200 ha		4			4
plus de 200 ha		1			1



L'analyse de la Figure 13 et des Tableau 4 et Tableau 5 permet de conclure pour la saison 2021 :

- **Plus de la moitié des sites se trouvent dans la tranche de 1 à 10 ha** (55 % de cas, contre 50 % en moyenne 2002-2020),
- La **catégorie des sites de moins d' 1 ha** arrive en ensuite avec 31 % du nombre de sites. **On trouve donc la grande majorité de sites (86 %) qui ont présenté, en maximum annuel, une couverture de moins de 10 ha.**
- La catégorie des sites « moyens », **entre 10 et 50 ha ne comprend que 3 sites en 2021** (9 en 2021 et 8.2 en moyenne 2002-2020). Ces sites sont tous, en 2021, sur le **littoral du Finistère** (« Horn/Guillec », « Guissény » et « Ry »).
- **4 sites** (tous sur le **littoral des Côtes d'Armor** : « Fresnaye », « Yffiniac », « Saint Michel en Grève » et « Binic/Etables sur Mer ») se trouvent entre **50 et 200 ha** alors qu'ils sont 3.5 en moyenne sur 2002-2020.
- La catégorie « plus de 200 ha » **compte un site en 2021** contre 0.5 en moyenne sur 2002-2020 (« Morieux » avec 260 h sur 3 inventaires présente la surface maximale annuelle tout comme sur les 7 inventaires). Sur 2021, on compte donc 5 sites au-dessus de 50 ha (contre 4 en moyenne 2002-2020).
- Le **Finistère** qui apparaît comme le département le plus touché en nombre de sites recensés au cours de la saison (cf. 3.1.1) est surtout concerné par des sites **de petites ou moyennes tailles** (29 sites de moins de 10 ha et seulement 3 entre 10 et 50 ha), aucun site n'atteint, sur ce département, en 2021 le seuil de 50 ha. Les sites de « Horn/Guillec » (anse du Dossen) et de « Guissény » sont les deux sites de plus grande surface maximale en 2021 avec environ 35 ha.
- En revanche, sur les **Côtes d'Armor**, le nombre de sites est plus réduit, mais **les sites sableux les plus importants en terme de surface d'échouage** se trouvent sur ce littoral (cf. Annexe 4 : répartition des sites suivant leur surface maximale d'échouage sur 3 ou 7 inventaires). **Les 5 sites de plus grande surface d'échouage se trouvent sur ce département** (« Morieux », « Fresnaye », « Yffiniac », « Saint Michel en Grève » et « Binic/Etables sur Mer » pour le maximum sur les 3 inventaires annuels). La présence, sur les Côtes d'Armor, de sites dont la surface est importante peut être mise **en parallèle avec la taille des estrans** concernés qui constituent des espaces potentiels de prolifération très vastes et de « bonne configuration » (surface totale de l'estran « d'Yffiniac » supérieure à 1 500 ha ; presque autant pour l'estran de « Morieux »).
- En 2021, le département **du Morbihan** (seuls les sites sableux sont considérés ici) ne présente **aucun site au-dessus de 10 ha ; 8 sites sont entre 1 et 10 ha** (plus précisément entre 1 et 3, le site de « Pointe du Bile », le plus couvert étant juste sous les 3 ha suivi de « Penvins », « Banastère » et « Larmor Plage ») **et 2 sites en dessous d'1 ha** (« Kerpape » et « Fort Bloqué », juste sous 1 ha).
- Le département **d'Ille et Vilaine** ne comprend encore en 2021 aucun site « sableux » classé pour des échouages d'ulves.

Les cartes 7 et 8 présentent le **cumul des surfaces en ulves sur les trois inventaires** « généraux » (RCS), qui concernent l'ensemble du linéaire breton (mai, juillet et septembre). Cette donnée représente mieux la prolifération sur l'ensemble de la saison que la donnée précédente en maximum annuel. On y distingue les **cinq mêmes sites costarmoricains de plus forts cumuls** (en premier lieux « Morieux », à 600 ha puis « Yffiniac » et « Fresnaye », au-dessus de 300 ha puis « Saint Michel en Grève » et enfin « Binic/Etables sur Mer » juste en dessous de 100 ha). Après ces cinq sites, on trouve **8 sites finistériens** (« Guissény » et « Horn/Guillec » au-dessus de 60 ha ; « Locquirec », « Ry » en dessous de 20 ha puis « Sainte Anne la Palud », « Pors Guen/Pors Meur », « Kervel/Trezmalaouen » et « Lieue de Grève » autour de 10 ha. Les départements des Côtes d'Armor (1 site) et du Finistère (5 sites) sont ensuite concerné par des sites de surfaces comprises entre 9 et 5 ha. Le premier site du littoral morbihannais (20<sup>ème</sup> par ordre de taille sur les 3 inventaires) est



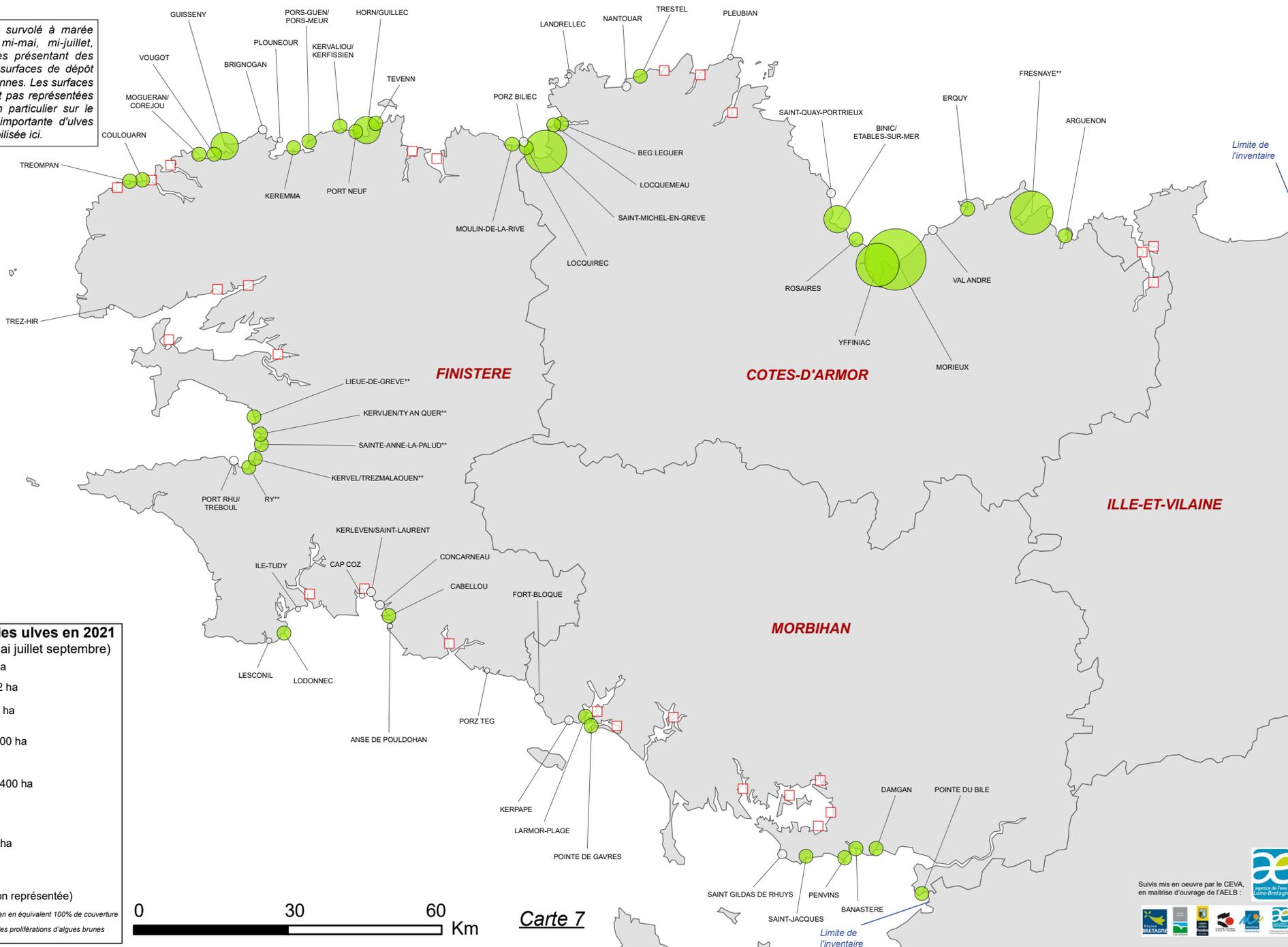
« Larmor Plage » avec un peu moins de 5 ha mesurés. Ensuite on trouve donc 38 sites de surface plus modeste (moins de 5 ha et en moyenne 1.9 ha) sur les départements du Finistère (19), des Côtes d'Armor (10) et du Morbihan (9). A noter que ces surfaces, même peu importantes, peuvent néanmoins localement **engendrer une perception d'atteinte importante** quand elles se localisent sur des plages, elles même de petite taille et de forte affluence touristique. Il convient de souligner que certains sites sont concernés par des proliférations d'autres algues, en mélange ou séquentiellement (« baie de la Fresnaye » avec des *Ulvaria*, « ulvoïdes », en mélange avec des algues rouges filamenteuses et quelques *Ectocarpales*, Baies de Douarnenez massivement concernée par des proliférations d'ulves en mélanges avec divers algues rouges et *Ectocarpales*). Ces autres algues peuvent avoir un impact sur la prolifération des Ulves elles-mêmes (compétition sur la lumière, notamment). Enfin, sur ces cartes, l'importance des dépôts d'ulves sur les sites sur vase n'est pas représentée, seule la position de ces sites est reportée. **Ces cartes permettent de faire la synthèse entre le nombre de sites touchés et leur importance surfacique.**

Le découpage du linéaire côtier en « sites » étant parfois délicat (cf. mises en garde en 3.1.1), la carte 9 propose une représentation des **surfaces d'échouage sur les baies sableuses par Masse d'Eau** (découpage réalisé dans le cadre de la DCE). Les Masses d'Eau ont été délimitées pour leur homogénéité et permettent alors de regrouper les sites de façon pertinente. Cela permet, par exemple, de regrouper l'ensemble des surfaces de la baie de Douarnenez ou du Léon. Pour cette carte, afin d'être homogène, seuls les données de **surface en ulves** (dépôt + rideau en « équivalent 100% » de couverture) sur **sites sableux** et pour les trois inventaires communs à l'ensemble du linéaires (RCS) ont été cumulées. Les surfaces de vasières colonisées par les ulves n'y sont pas incluses (cartes spécifiques sur les surfaces d'algues vertes sur vasières présentées dans le rapport « RCS Loire Bretagne 2021 »). On y distingue la très nette prédominance de la ME FRGC05, du « fond de baie de Saint Briec » et de trois autres ME du littoral nord Bretagne FRGC03 (« Rance Fresnaye »), FRGC10 (« Baie de Lannion ») et FRGC12 (« Léon Trégor »). En 2021, la FRGC05 est très nettement plus chargée que les autres : près de 4 fois les surfaces de la FRGC03 et plus de 5 fois la FRGC10. Ensuite, avec près de 20 fois moins de surface que la FRGC05, on trouve la première ME du Sud Bretagne (FRGC20, « Baie de Douarnenez ») particulièrement peu chargée en 2021. Les autres ME présentent, en 2021, des surfaces assez faibles (la FRGC44 et FRGC45 2.3 et 4 fois plus basse que la FRGC20) et plusieurs des ME couvertes les années antérieures sont indemnes en 2021, en particulier sur le littoral Sud Bretagne (FRGC35, FRGC26, FRGC42, ...) ce qui signifie que sur ces ME pas un seul site n'a été classé pour des échouages d'ulves et n'a donc fait l'objet de digitalisation.

A noter que certaines de ces ME sont concernées aussi par des proliférations d'ulves sur vasières qui ne sont pas comptabilisées ici.

# Surfaces couvertes par les ulves cumulées lors des 3 inventaires de surveillance de la saison 2021

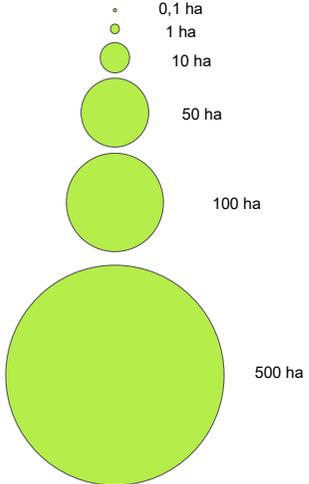
L'ensemble du linéaire côtier est survolé à marée basse de fort coefficient à la mi-mai, mi-juillet, mi-septembre. Pour tous les sites présentant des échouages d'ulves sur sable, les surfaces de dépôt sont mesurées sur les photos aériennes. Les surfaces de dépôts sur les vasières ne sont pas représentées sur cette carte. Certains sites, en particulier sur le littoral sud, comportent une part importante d'ulves situées plus au large et non comptabilisée ici.



# Surfaces couvertes par les ulves cumulées lors des 3 inventaires de surveillance de la saison 2021

L'ensemble du linéaire côtier est survolé à marée basse de fort coefficient à la mi-mai, mi-juillet, mi-septembre. Pour tous les sites présentant des échouages d'ulves sur sable, les surfaces de dépôt sont mesurées sur les photos aériennes. Les surfaces de dépôts sur les vasières ne sont pas représentées sur cette carte. Certains sites, en particulier sur le littoral sud, comportent une part importante d'ulves située plus au large et non comptabilisée ici.

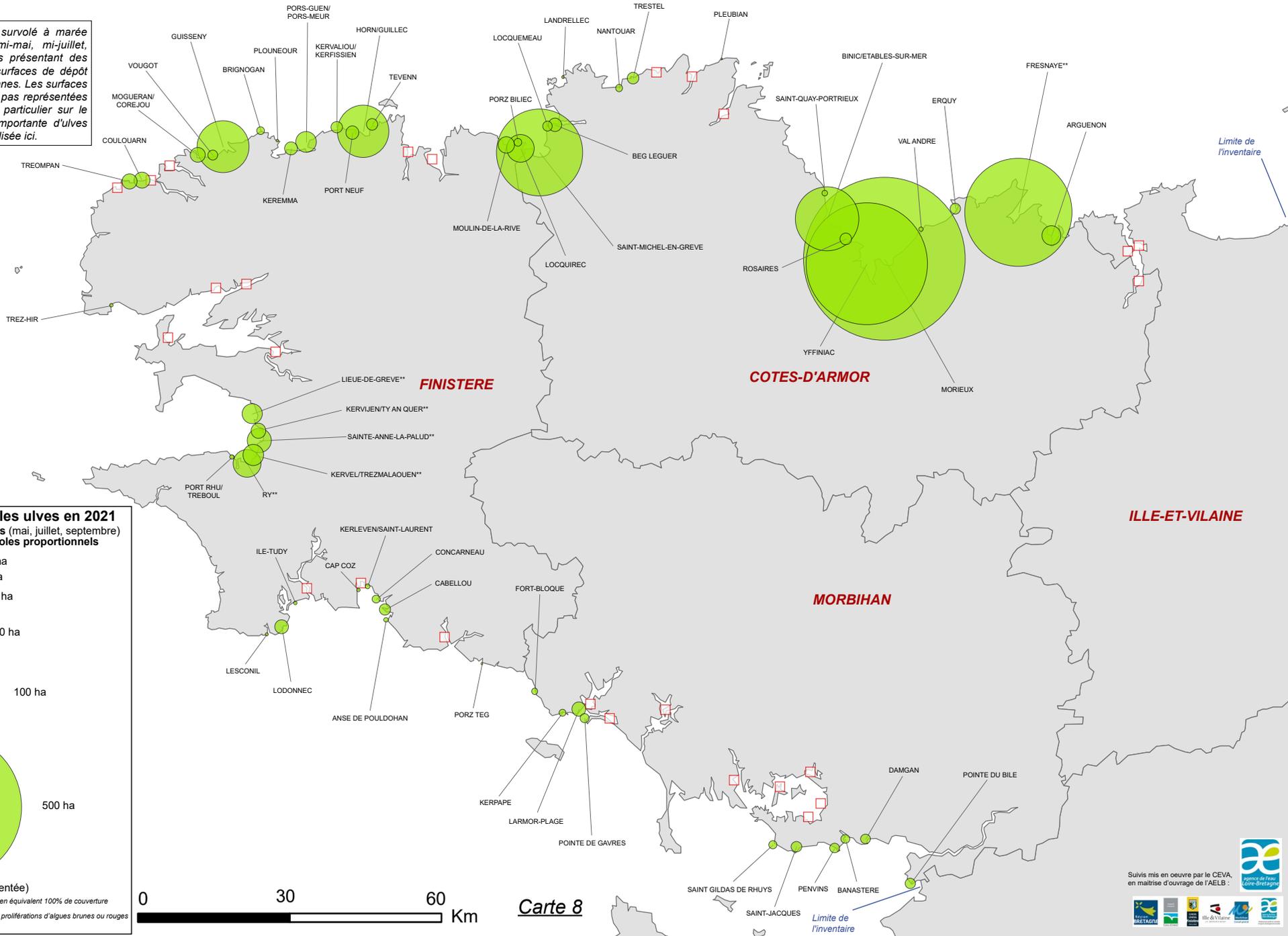
## Surfaces couvertes\* par les ulves en 2021 Plages : cumul sur les 3 inventaires (mai, juillet, septembre) représentation avec des symboles proportionnels



□ site sur vase (surface non représentée)

\* Surface totale couverte = surface riveau + dépôt estran en équivalent 100% de couverture

\*\* Sites touchés au moins une partie de la saison par des proliférations d'algues brunes ou rouges filamenteuses (non intégrées dans l'évaluation)



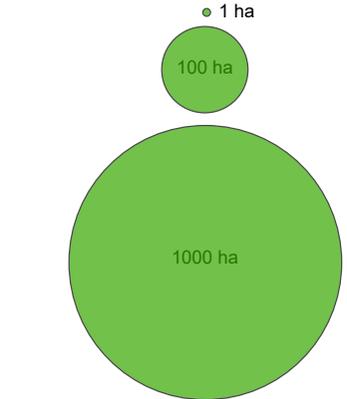
Suivis mis en oeuvre par le CEVA, en maîtrise d'ouvrage de l'AELB :

# Surfaces couvertes par les ulves sur les plages Cumul par Masse d'Eau en 2021 (contrôle de surveillance DCE)

L'ensemble du linéaire côtier est survolé à marée basse de fort coefficient à la mi-mai, mi-juillet, mi-septembre. Pour tous les sites présentant des échouages d'ulves sur sable, les surfaces de dépôt sont mesurées sur les photos aériennes. Les surfaces de dépôts sur les vasières ne sont pas représentées. Certains sites, en particulier sur le littoral sud, comportent une part importante d'ulves située plus au large et non comptabilisée ici.

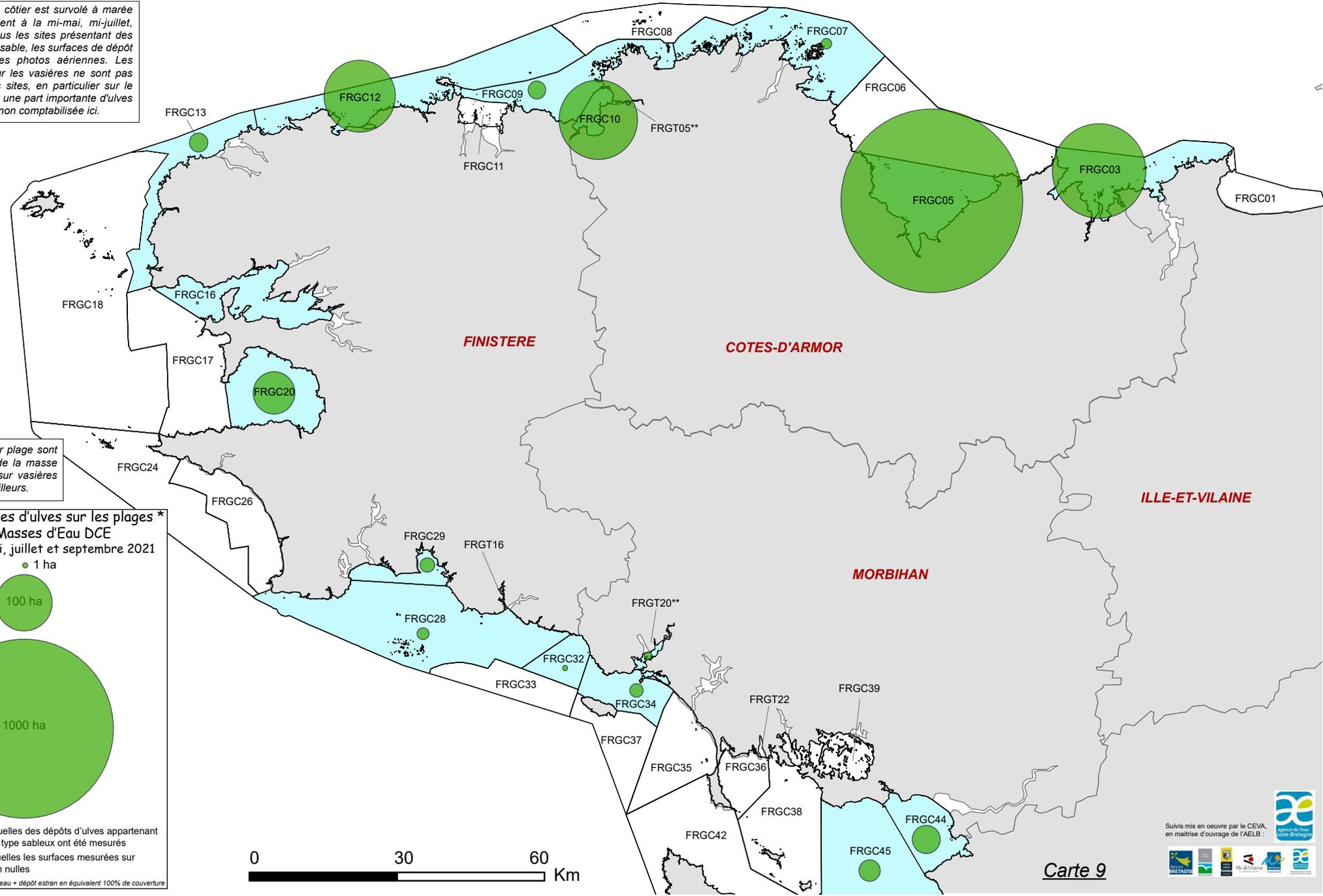
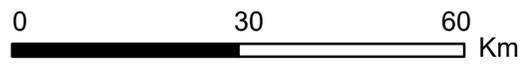
Seuls les échouages sur plage sont reportés ici à l'échelle de la masse d'eau. Les échouages sur vasières sont comptabilisés par ailleurs.

**Cumul des surfaces d'ulves sur les plages\* sur les Masses d'Eau DCE inventaires de mai, juillet et septembre 2021**



FRGT\_\*\* ME dans lesquelles des dépôts d'ulves appartenant à des sites de type sableux ont été mesurés  
 ME pour lesquelles les surfaces mesurées sur plage sont non nulles

\* Surface totale couverte = surface rideau + dépôt estran en équivalent 100% de couverture





### 3.2.2. Evolution annuelle de la marée verte

La cartographie des surfaces couvertes par les ulves à chaque mois d'inventaire (**annexe 5**) permet de percevoir le phénomène à différentes périodes de l'année et d'en saisir l'évolution au cours de la saison sur le plan régional. La représentation proposée des surfaces couvertes (dépôt + rideau en « équivalent 100% ») sur les cartes annuelles 2021 utilise des cercles proportionnels selon une échelle de valeurs fixe permettant de garder pour l'ensemble des cartes, les mêmes tailles de cercles pour des valeurs identiques. Les cartes mensuelles pluriannuelles gardent également des échelles fixes et permettent de positionner, pour chaque site, les surfaces de 2021 par rapport aux années antérieures. On relève :

- En avril, les **baies de Saint Briec et de la Fresnaye sont déjà chargées** (respectivement 120 et 15 ha et 98 % de la surfaces totale d'avril sur ces deux secteurs), signe d'une prolifération précoce sur ces deux secteurs ; quelques autres sites présentent également des surfaces non négligeables (baie de Douarnenez, notamment avec près de 2 ha cumulés sur les différents sites). En 2020, année très tardive, aucun site n'avait présenté d'échouages notables (aucun site n'avait atteint 0.5 ha).
- En mai, les trois premiers sites touchés (en baie de Saint Briec et « Fresnaye ») voient leurs surfaces augmenter fortement et ces **trois sites dominant nettement les autres** (ils représentent, à eux trois, 90 % de la surface estimée en mai). Le nombre de « plus petits » sites augmente cependant fortement et la surface des sites de mai, en dehors des 3 baies, a augmenté d'un facteur 15 entre avril et mai, signe de conditions de croissance particulièrement favorables en 2021 (notamment l'ensoleillement, potentiellement facteur limitant à cette saison qui est, sur avril, de 50 à 80 % supérieur aux normales, suivant les stations météo).
- En juin, les « **trois premières baies** » des Côtes d'Armor voient leurs surfaces encore augmenter (quasi doublement) et restent nettement dominantes sur l'ensemble des sites sableux : ces trois baies totalisent encore 87 % de la surface totale mesurée sur la Bretagne. Mais certains sites présentent des surfaces importantes : « Guissény », « Sainte Anne la Palud » entre 20 et 25 ha, et quelques autres sites principalement sur la baie de Douarnenez et sur le littoral Nord.
- En juillet, les **trois premières baies voient leur surface diminuer** (-25 % sur la somme des trois) **quand d'autres augmentent très fortement**. En premier lieu la **baie de « Saint Michel en Grève », très peu touchée jusqu'en juin, et qui se trouve au même niveau qu' « Yffiniac »** (sa surface passe de 2.5 à 104 ha en 1 mois soit un facteur 45). Les surfaces augmentent aussi fortement sur « Binic/Etables sur Mer », « Guissény », et l' « Horn/Guillec ». On relève aussi de **nombreux sites sableux sur le littoral du Morbihan** dont les surfaces sont en forte hausse (7 sites sont au-dessus d'1 ha : « Pointe du Bile », « Penvins », « Banastère », « Larmor Plage », « Damgan », « Saint Jacques » et « Pointe de Gavres »). En juillet, les trois premières baies voient leur part dans le total régional décroître fortement (64 %).
- En août, la situation évolue assez peu (légère régression des 4 plus grandes baies ; augmentation de « Binic/Etables sur Mer » et des sites du Nord Léon. A cette date, les 3 baies les premières touchées (Baie de Saint Briec et « Fresnaye ») totalisent 62 % de la surface régionale (84 % en ajoutant les 2 baies de « Saint Michel en Grève » et « Binic/Etables sur Mer »).
- En Septembre les surfaces diminuent légèrement sur les plus gros sites des Côtes d'Armor et se maintiennent sur les sites du Léon et sur la baie de Douarnenez.
- En Octobre les surfaces se maintiennent à un niveau élevé sur les « gros sites » des Côtes d'Armor (identiques à Septembre sur la baie de Saint Briec, en augmentation sur la « Fresnaye » et sur « Binic/Etables sur Mer » et en diminution sensible sur « Saint Michel en Grève ») et diminuent sur tous les autres sites (sauf « Larmor Plage » mais pour des surfaces absolues faibles), signe du début de la dispersion automnale pour les sites les plus exposés. Cela conduit à nouveau pour ce mois à une large



domination des 5 « gros sites des Côtes d'Armor ») qui en octobre concentrent 90 % de la surface régionale.

#### ➤ Des profils de sites différents

Les sites se distinguent par l'évolution, au cours de la saison, des surfaces en ulves estimées. Ces profils de sites permettent de mieux comprendre le fonctionnement des sites et leurs réactions aux caractéristiques climatiques. Les fiches de chaque site ayant fait l'objet d'estimations surfaciques mensuelles synthétisent l'évolution des marées vertes observées localement et permettent d'en saisir la typologie (**annexe 6**, présentation faisant ressortir le cumul annuel et par saison plutôt que mensuel, information également disponible mais non présentée dans cette version de fiches, pour percevoir l'évolution annuelle, se reporter à la carte 10).

La **carte 10** présente la synthèse annuelle de l'évolution de la marée verte sur les principaux sites bretons pour l'année 2021 ; cela permet pour ces sites de percevoir le profil de la prolifération et de comparer les surfaces d'échouages mois par mois. Par ailleurs, les histogrammes parce qu'ils gardent des proportions conformes, permettent d'évaluer visuellement l'importance relative des sites les uns par rapport aux autres. La carte des surfaces mensuelles moyennes inter annuelles présentée en **annexe 5** permet de percevoir le profil « moyen » sur les années 2002-2013 des différents sites suivis mensuellement (les 8 dernières années de prolifération aux profils atypiques n'ont pas été intégrées dans cette représentation).

Cela permet de distinguer :

#### ▪ Les sites précoces :

Les sites **costarmoricaux sont habituellement plutôt précoces ainsi que la baie de Douarnenez**. Le site de Bréhec était même, il y a quelques années considéré comme le plus précoce (avec surtout la particularité d'un démarrage précoce suivi de surfaces, le plus souvent, très limitées ensuite). L'année 2021 ayant été assez atypique, précoce sur la baie de Saint Briec et la « Fresnaye » mais tardive ailleurs, on trouve donc en 2021 que ces deux sites qui ont été réellement précoces. Les baies de « Saint Michel en Grève » et de Douarnenez ne peuvent être considérées comme précoces cette année (échouages très faibles jusqu'en juin).

La précocité des sites est très probablement à relier au maintien à proximité de ces sites de **stocks infralittoraux hivernaux importants**. Et la plus ou moins **grande précocité d'une année** est ensuite liée **aux conditions hivernales et à l'importance de la prolifération de l'année précédente** (cf. paragraphe 3.2.3). Ainsi, au printemps, lorsque les conditions de lumière et de température deviennent progressivement favorables, l'existence de stocks résiduels importants devant ces sites provoque une explosion des quantités d'ulves en situation environnementale saisonnière de non limitation de la croissance des algues par l'azote. La configuration de ces sites constitués de grandes baies peu profondes induit probablement également un réchauffement de l'eau plus important qu'ailleurs ce qui est favorable à la croissance des ulves en début de saison. Pour ce qui est du démarrage particulièrement tardif sur les grandes baies (à reconduction), certaines années, il est à mettre en lien avec le caractère dispersif de l'hiver et à l'exposition plus ou moins importantes des baies à la houle. Pour les « plus petits sites », dont l'amorçage est lié aux arrachages d'ulves des platiers, leur importance cette année en début de saison (y compris les sites comme « Guissény » ou « Horn/Guillec ») la lumière au printemps (abondante en 2021 de février à avril) peut aussi expliquer un démarrage rapide en début de saison (croissance rapide des algues sur platier puis leur arrachage du fait d'une plus forte sensibilité à l'arrachage quand les algues sont grandes) par rapport à d'autres années pour lesquelles la prolifération met plusieurs mois à s'installer véritablement.

#### ▪ Les sites tardifs :

Les sites du nord Finistère sont dans l'ensemble concernés par des échouages que l'on peut qualifier de tardifs (« Horn/Guillec », « Guissény », « Pors-Guen/Pors-Meur », « Keremma » et « Locquirec », principalement). Les premiers mois du suivi y sont généralement caractérisés par une augmentation lente des surfaces



couvertes par les ulves et une augmentation progressive des ulves (part de goémons souvent importante en début de saison). Contrairement aux sites précoces, la marée verte des sites tardifs se reconstitue très probablement à partir de **stocks hivernaux réduits** (donc pas ou peu d'impact de la houle hivernale sur le report interannuel des algues), dans certains cas à partir d'algues commençant leur croissance fixée sur platier ; **l'ensoleillement** important en fin d'hiver et au printemps semble pouvoir favoriser ces sites ; la **température de l'eau**, souvent réchauffée plus tardivement sur ces sites semble pouvoir également jouer un rôle important dans ce démarrage retardé. En 2021, ces sites sont restés plutôt tardifs mais ont connu une très forte croissance entre mai et juin. Cela pourrait en partie être en lien avec un éclaircissement fort sur avril et début mai qui pourrait induire un « pré développement » des ulves sur platier (et un réchauffement prématuré des masses d'eau dans les baies peu profondes aux abords des platiers).

Une piste complémentaire peut être avancée pour expliquer les marées vertes tardives. Les séquences de démarrage de sites voisins – le fait qu'une marée verte relativement importante apparaisse après une marée verte observée sur un site voisin – peut nous permettre de suggérer une connexion inter-site (certains sites pourraient faire l'objet d'un ensemencement provenant d'un site proche). Certaines observations (masse d'algues dérivantes au gré des courants) lors des survols viennent étayer cette hypothèse. Des sites tels que « Locquirec » ou « Binic/Etables-sur-Mer » ainsi que « Guissény » (qui apparaît classiquement après le site de « Mogueiran/Coréjou ») sont concernés par cette hypothèse d'ensemencement par un site voisin. Leurs marées vertes seraient donc dépendantes, au moins en début de saison, des proliférations des sites voisins (« Saint-Michel-en-Grève » pour « Locquirec » et « Yffiniac/Morieux » pour « Binic/Etables »). La situation mesurée en 2014 semble encore conforter cette hypothèse avec des proliférations qui ont été presque inexistantes sur Locquirec lors d'une prolifération 2014 extrêmement tardive sur « Saint Michel en Grève » et une prolifération très retardée sur « Binic/Etables » pour des échouages également tardif sur la baie de « Saint Briec ». Les séquences de démarrage de ces sites en 2015 et en 2016 viennent encore conforter cette analyse (démarrage rapide en juillet sur « Locquirec » après l'installation massive sur « Saint Michel en Grève » en juin 2015 et juillet 2016 et idem pour « Binic/Etables » après l'installation importante en juin 2015 et juillet 2016 sur la baie de Saint Briec). Cette description de séquence de démarrage semble en partie contredite pour la baie de « Locquirec » sur les années 2019 et 2020 pour lesquelles le démarrage des échouages semble avoir été d'abord sur « Locquirec » avant que nous ne le percevions sur « Saint Michel en Grève ». Il se pourrait que pour ces deux années marquées par un fort ensoleillement de sortie d'hiver, les arrachages d'ulves des platiers (importants) autour de la baie de « Locquirec » aient permis un démarrage plus précoce des échouages avant l'intervention du démarrage sur la baie de « Saint Michel en Grève » par ses stocks, bien dispersés par les conditions hivernales agitées.

L'absence de prolifération d'ulves en baie de Douarnenez en 2018 suite à l'automne 2017 présentant très peu d'ulves (mais d'autres algues filamenteuses) tout comme le cas des baies de l'est des Côtes d'Armor étayent également l'hypothèse forte de la reconduction des proliférations par les stocks de reconduction.

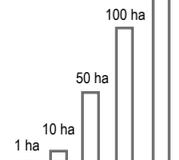
**L'approche sous-marine de ces relations entre sites** apparaît ainsi une nécessité. En termes de **lutte contre les proliférations, tant préventive que curative**, de telles hypothèses de lien entre sites voisins ont bien sûr des implications très importantes. Une **approche génétique apparaît également comme une option adaptée**, au vu des avancées internationales sur ces aspects (ex. de la Chine et de l'Irlande) et qui permettrait d'investiguer ces connexions intersites de manière plus fines.

# Variation des échouages d'ulves en 2021 entre avril et octobre

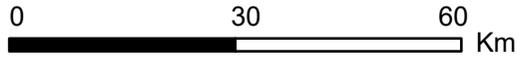
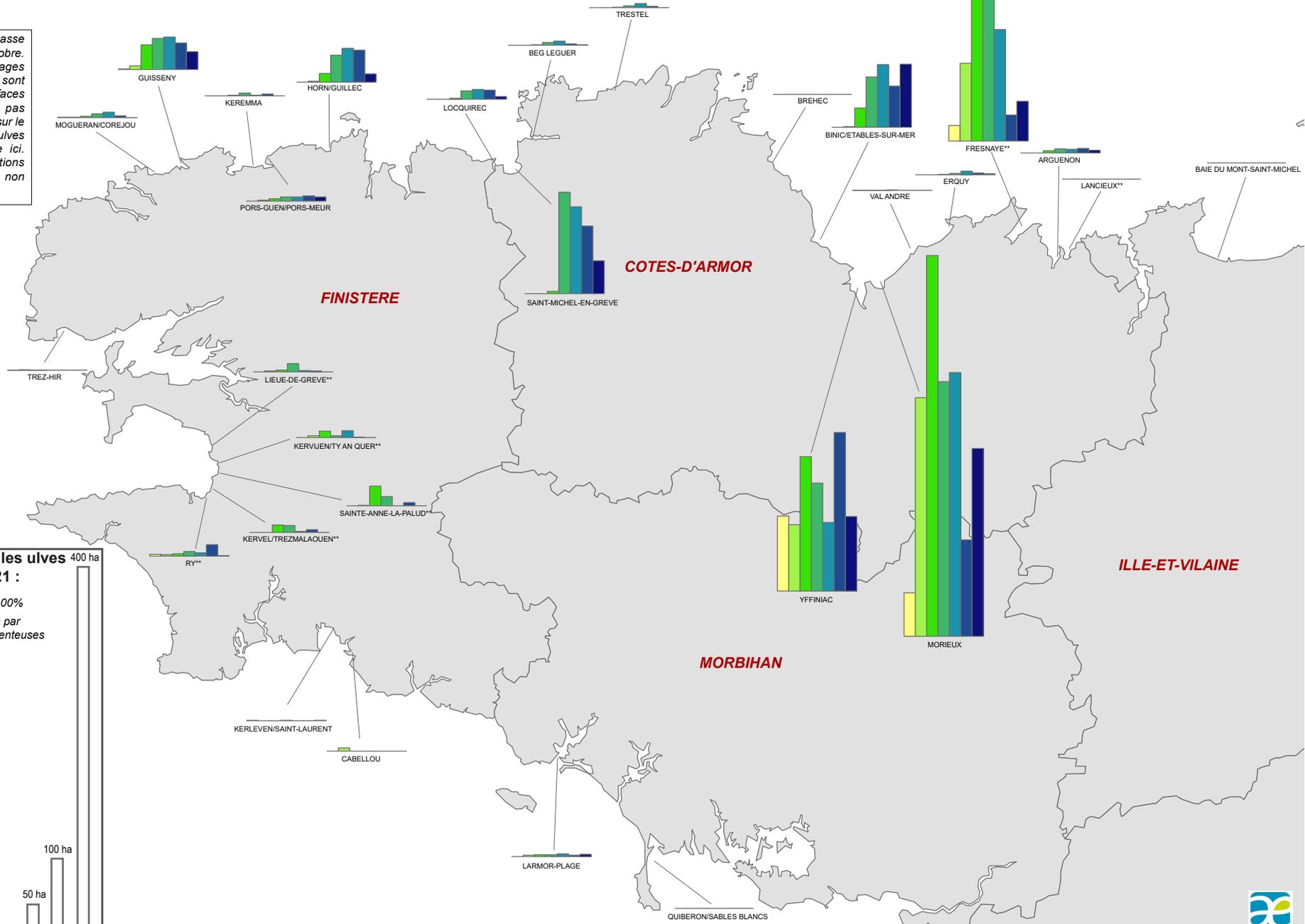
Les sites principaux sont survolés à marée basse de fort coefficient mensuellement d'avril à octobre. Pour tous les sites présentant des échouages d'ulves sur sable, les surfaces de dépôt sont mesurées sur les photos aériennes. Les surfaces de dépôts sur les vasières ne sont pas représentées ici. Certains sites, en particulier sur le littoral sud, comportent une part importante d'ulves située plus au large et non comptabilisée ici. Quelques sites ont présenté des proliférations d'algues brunes ou rouges filamenteuses non comptabilisées.

## Surfaces\* couvertes (en hectares) par les ulves pour les 7 inventaires de 2021 :

\* Surface totale = surface rideau + surface équi 100%  
 \*\* Sites touchés au moins une partie de la saison par des proliférations d'algues brunes ou rouge filamenteuses



Seuls les sites de "plage" faisant l'objet d'un suivi mensuel entre avril et octobre sont représentés. Surfaces des sites de vasière non représentées.



Carte 10



### 3.2.3. Evolutions de la marée verte sur la période 2002-2021

De 2002 à 2006 dans le cadre de Prolittoral puis de 2007 à 2021, dans le cadre du Cimav (suivis complémentaires du CEVA intégrés en 2017 dans le suivi RCO de l'AELB) et de la DCE les suivis ont été réalisés par le CEVA en suivant **la même méthodologie pour ce qui est des sites « sableux »**. De 2007 à 2021, les suivis Cimav/RCO (suivis complémentaires) et DCE surveillance combinés permettent, sur les principaux sites sableux de Bretagne, une perception identique à celle permise par les suivis 2002-2006 (1 donnée mensuelle d'avril à octobre). **Il est donc possible de comparer les surfaces mesurées depuis 2007 aux mesures des années antérieures 2002-2006** (méthodes et nombre d'observations identiques).

#### Rappels succincts sur les caractéristiques des proliférations depuis 2002 :

Sans que cela puisse être quantifié au niveau régional, faute de mesures antérieures de même nature, l'année **2002 semblait être une année de relativement faible prolifération** (si on la compare, pour certains sites mieux connus, aux photos des années antérieures de la fin des années 90 début 2000).

**L'année 2003**, année plutôt sèche, nous avait permis de conclure, à **une diminution, sur l'ensemble de la saison** (cumul des dépôts sur les 7 inventaires, pour les sites sableux) de près de 25 % des surfaces en algues par rapport à la première « année de référence » 2002.

**L'année 2004**, dont les conditions climatiques étaient plutôt favorables à **des proliférations longues** (mois d'été arrosés soutenant les étiages et les flux de nutriments à une période favorable à la croissance des algues). Le résultat de **l'année 2004** avait été :

- une marée verte assez précoce et qui s'est maintenue à un niveau élevé jusqu'en fin de saison,
- des surfaces couvertes en 2004 en augmentation de 44 % par rapport à 2003 et 11 % par rapport à 2002.

**Pour l'année 2005** (été sec voire très sec suivant les secteurs) on notait :

- un **démarrage très précoce** de la saison, un maximum annuel intense (juin) puis une diminution marquée des échouages,
- 28 % de surface en moins qu'en 2004 et 16 % de moins que la moyenne 2002-2004.

**L'année 2006**, très particulière d'un point de vue climatique (température de l'eau très basse en hiver ; réchauffement printanier de l'eau retardé d'un mois environ), avait permis de mettre en évidence :

- Une marée **verte très retardée**, puis un certain rattrapage en fin de saison,
- surface cumulée sur l'année minimale depuis 2002, première année de référence, de 32 % inférieure à la moyenne 2002-2005 et 44 % de moins que l'année 2004 (année maximale de la série 2002-2006).

**L'année 2007** était marquée :

- par un démarrage **encore plus tardif** qu'en 2006 avec très peu d'algues en avril et mai,
- une prolifération **très soutenue en fin de saison** avec, dès juillet, des échouages qui étaient supérieurs à la moyenne des années antérieures ; à partir d'août et jusqu'en octobre le niveau des surfaces est très supérieur à la moyenne interannuelle et à toutes les années précédentes (+ 90 % en septembre et + 80 % en octobre par rapport à 2002-2006).
- un cumul de 15 % supérieur à la moyenne 2002-2006 mais 10 % inférieur à l'année 2004 (année du cumul maximal depuis 2002)



Pour l'année 2008 avaient été constatés :

- un **démarrage très précoce** : en avril, les surfaces mesurées sont le double de la série 2002-2007, en mai elles sont encore de 50 % supérieure,
- un niveau en **juillet maximal et très supérieur aux années antérieures** (+60% par rapport à 2002-2007),
- un niveau en septembre puis **octobre très supérieur** à la moyenne 2002-2007, proche de la situation exceptionnelle de 2007 (respectivement + 60 % et + 30 % par rapport à la série 2002-2007),
- ce démarrage précoce associé à cette fin de saison soutenue conduit à un niveau cumulé **pour l'année 2008 exceptionnel** avec 40 % de plus que la moyenne 2002-2007 et plus de 100 % de plus que l'année 2006 (année minimale en termes de cumul annuel de la série 2002-2008).

Pour l'année 2009 avaient été mesurés :

- un démarrage **extrêmement précoce** avec 200 % de plus pour le mois d'avril qu'en moyenne 2002-2008 et 50 % pour le mois de mai,
- un niveau **maximal en juin** jamais atteint depuis le début de la série en 2002 (et de 50 % supérieur à la moyenne 2002-2008),
- un niveau en fin de saison plus modeste avec 50 % de moins que la moyenne pour septembre et 7 % de moins sur le mois d'octobre (conditions ayant précédé le survol de septembre particulièrement défavorables aux dépôts expliquant, en partie au moins, ce retrait en fin de saison),
- un niveau **cumulé de 20 % supérieur** à la moyenne 2002-2008 et en deuxième position derrière l'année record 2008 (presqu'identique à 2004 classé au rang 3).

L'année 2010 s'est caractérisée par :

- un démarrage **régional particulièrement tardif** : la surface régionale est en avril et mai de 70 puis 60 % inférieure à la moyenne 2002-2009,
- un **maximum annuel en juin – juillet** (valeurs identiques) qui est peu intense par rapport aux années antérieures : plus basse valeur de la série et inférieur de 35 à 40 % par rapport à la moyenne interannuelle,
- une diminution à partir de la valeur de juillet qui est lente et amène l'année 2010 à un niveau inférieur de 30 % environ au pluri annuel en septembre et octobre.
- un niveau **cumulé sur la saison qui est le plus bas de toute la série et de 40 % inférieur** la moyenne 2002-2009. L'année 2010 arrivant après trois années 2007 à 2009 de forte prolifération, apparaît d'autant plus fortement en retrait.

L'année 2011 était caractérisée par :

- un démarrage à l'échelle régionale proche de la moyenne interannuelle (fortes disparités locales),
- un **maximum annuel atteint dès mai** et se maintenant jusqu'en juillet, peu élevé (-45 % en juin et - 40 % en juillet par rapport aux moyennes 2002-2010),
- une **diminution marquée à partir de l'inventaire de juillet** (facteur trois entre le niveau de juillet et celui de septembre) et un niveau d'arrière-saison particulièrement bas (respectivement -70 % et - 75 % sur les mois de septembre et octobre)
- un **niveau cumulé sur la saison qui est le plus bas de toute la série 2002-2011**, et de 50 % inférieur à la moyenne 2002-2010. Les deux années 2010 et 2011 apparaissent en très **forte rupture** par rapport aux trois années antérieures de prolifération très forte. Ces caractéristiques régionales sont en grande partie liées à la **situation de la baie de Saint Brieuc** qui a réagi fortement aux deux dernières années climatiques et qui représente environ 50 % de la surface régionale sur sites sableux.



La saison 2012 se caractérisait par :

- Le **cumul annuel le plus bas** dans la série 2002-2012 (très proche de 2011 et 20 % inférieur à 2010) et de près de **50 % inférieur à la moyenne 2002-2011**,
- Un démarrage qui est, à l'échelle régionale **particulièrement tardif** avec 60 % de moins de surface sur la somme avril + mai. Le démarrage de la prolifération est notamment beaucoup plus tardif que 2011 avec 2.5 fois moins de surface sur avril + mai 2012 qu'en 2011. Ce niveau régional est en grande partie lié à la **situation en baie de Saint Briec** et sur les baies de l'est des Côtes d'Armor peu ou pas touchées par les ulves, en début de saison au moins (en lien avec la prolifération de 2011 présentant peu voire pas d'ulves en fin de saison). D'autres secteurs (baie de Douarnenez ou de la Forêt) étaient a contrario plutôt précoces en 2012,
- Un niveau **maximal atteint en juin, très inférieur aux années antérieures** (proche de la plus basse valeur mesurée en 2011 et niveau inférieur d'un tiers à la moyenne 2002-2011),
- une **diminution relativement forte à partir d'août**, en grande partie du fait de la baie de Saint Briec (ulves laissant la place à l'algue brune Pylaiella, majoritaire en fin de saison),
- Un niveau qui est, **sur août septembre, particulièrement bas** (-50 % par rapport à la moyenne interannuelle 2002-2011),
- A noter, malgré ce bilan régional, des **situations locales qui peuvent être très disparates** : certaines baies ou anses ont connu en 2012 des échouages supérieurs à très supérieurs aux années « moyennes » (cas de l'anse du **Dossen, de Guisseny, de la baie de Douarnenez ou de la Forêt**).

La saison 2013 se caractérisait par :

- Le **cumul annuel le plus bas dans la série 2002-2013** (quatrième année de suite à un niveau chaque année plus bas que les précédentes) et de **50 % inférieur à la moyenne 2002-2012**,
- Un démarrage, à l'échelle régionale, **particulièrement tardif**, le plus tardif depuis le démarrage des suivis en 2002 (surfaces en avril + mai 7 fois inférieur à la moyenne pluri annuelle),
- Un niveau **maximal atteint en juillet très inférieur aux années moyennes** (plus de 35 % en dessous de la moyenne 2002-2012 pour ce mois),
- Une **diminution régulière à partir de juillet**, en grande partie du fait de la **baie de Saint Briec** dont les couvertures par les ulves diminuent rapidement (l'algue brune Pylaiella, non intégrée aux surfaces couvertes, devient importante)
- Un niveau **d'arrière-saison, particulièrement bas** (somme août + septembre de plus de 40 % inférieur à la moyenne 2002-2012), ce qui est en grande partie lié à la **situation en baie de Saint Briec** (retour massif du Pylaiella comme constaté déjà en 2011 et 2012),
- Malgré cette situation régionale, les **disparités sont très fortes encore en 2013** avec certains secteurs côtiers fortement touchés par les proliférations (secteur du **Dossen** et le Finistère nord plus largement).

La saison 2014 était marquée par :

- Un **cumul annuel inférieur à la moyenne pluriannuelle 2002-2013** (- 38 %) mais supérieur aux deux années antérieures 2013 et 2012 (niveau identique à 2011). Après quatre années de niveau particulièrement bas, 2014 marque donc une **légère remontée**.
- Un démarrage en **2014 le plus tardif de la période 2002-2014** (surfaces en avril + mai : 7 fois inférieures à la moyenne 2002-2013)
- une prolifération "atypique" : **tardive voire très tardive sur certains secteurs** (« Saint Michel en Grève », en premier lieu mais également baie de « Douarnenez » ou anse de « Binic ») mais présentant une croissance soutenue en août-septembre se traduisant par une surface en **septembre très élevée**,



- des situations **très variables selon les secteurs** : très peu d'algues jusqu'en août sur certains secteurs, puis de gros échouages en septembre (Baie de « St Michel en Grève », Douarnenez, Dossen, ...), pas de prolifération d'ulves sur les baies de l'est des Côtes d'Armor, alors que la baie de Saint Brieuc, connaît des échouages 2014 plus importants en été que les 4 années précédentes.

La saison 2015 se caractérisait par :

- **Un cumul annuel 2015** (avril-octobre) qui est **supérieur aux 5 dernières années** (2010-2014) tout en restant nettement **inférieur à la moyenne pluriannuelle 2002-2014** (- 17 %). Après 4 années de recul, l'année 2014 avait montré une légère remontée qui s'accroît en 2015 du fait de la **plus grande précocité du démarrage** et d'un niveau resté relativement soutenu jusqu'en octobre,
- Le démarrage **2015 est plus précoce que les 2 dernières années**, mais ne peut pour autant être qualifié de précoce (surfaces avril + mai inférieures voire très inférieures au niveau de 9 années sur les 14 années de mesure et en moyenne de 70 % inférieur au niveau 2002-2014).
- Une **prolifération importante à partir de juin** par rapport aux 5 dernières années (sans atteindre les niveaux exceptionnels de certaines années antérieures à 2010) et restant à un niveau relativement élevé jusqu'en fin de saison. Ces caractéristiques peuvent en partie être expliquées par des **reprises de flux en juillet puis août du fait d'une pluviosité estivale** importante, en particulier sur la côte nord,
- Des **situations très variables** selon les secteurs : retour marqué des proliférations d'algues vertes sur la **baie de la « Fresnaye »**, après 5 années comportant uniquement des algues brunes filamenteuses, une prolifération tardive en baie de Saint Brieuc (juin) mais **soutenue par rapport aux dernières années**, en particulier sur l'anse d'Yffiniac, des surfaces couvertes importantes en juin sur les baies de « Saint Michel en Grève », de « Guissény », de l'anse du Dossen (« Horn/Guillec »). A noter aussi la baie de la Forêt qui présente un cumul annuel important, comme l'anse de « Binic/Etables-sur-Mer » ou encore l'anse de « Locquirec » et le Sud de la baie de Douarnenez.

Les suivis sur la saison 2016 avaient permis de conclure à :

- Un cumul annuel sur les 7 inventaires qui positionne **l'année 2016 légèrement au-dessus de 2015** (7 % de surface en plus) mais **10 % en-dessous de la moyenne pluriannuelle 2002-2015**.
- Cette situation résulte de caractéristiques annuelles particulières : **démarrage très tardif** (surface avril + mai parmi les plus basses mesurées depuis 2002, juste après 2014 et 2013), suivi d'une prolifération **intense en juin et juillet**, d'un recul sur août-septembre, probablement en lien avec des conditions de dépôt relativement défavorables sur ces deux mois puis un niveau en **octobre élevé**.
- Cette situation globale sur la Bretagne **résulte de situations par sites contrastées** : augmentation forte sur la baie de Saint Brieuc (+ 47 % par rapport 2015 mais inférieur à la moyenne 2002-2015 de 8 %), baisse sur les autres sites des Côtes d'Armor et niveau proche du niveau moyen sur les côtes du Finistère. Ce niveau moyen sur le cumul des sites du Finistère est lié à des surfaces très faibles sur la baie de Douarnenez (on note même la présence, massive pour la première fois sur ce site, d'algues brunes filamenteuses) qui ne sont pas totalement contrebalancées par des surfaces élevées sur les sites du Léon (« Guissény », « Dossen », « Keremma »).

Les suivis sur la saison 2017 avaient permis de mettre en évidence :

- L'année **2017 est la plus précoce de la série** : les surfaces couvertes en avril sont au **niveau moyen interannuel de juin**, qui est le mois **du maximum surfacique annuel** sur la série 2002-2016. La surface couverte en avril 2017 est ainsi **5.9 fois plus importante que le niveau moyen 2002-2016** d'avril et au niveau le plus élevé jamais mesuré pour un mois d'avril depuis 2002. En mai les surfaces augmentent encore plaçant le niveau de **mai 2017 à 2.9 fois le niveau moyen de mai**. La somme avril + mai, utilisée comme indicatrice de la précocité de l'année est alors 3.6 fois plus élevée qu'en moyenne 2002-2016 et 50 % supérieure à 2009, année jusqu'à présent la plus précoce.



- Après ce démarrage très précoce, les surfaces en juin stagnent (à un niveau élevé, +46 % par rapport à la moyenne 2002-2016), puis **diminuent fortement à partir de juillet** (- 40 % par rapport à juin) et deviennent inférieures au niveau moyen. Le niveau **en août + septembre est de 13 % inférieur** à la moyenne pluriannuelle 2002-2016.
- Le cumul annuel sur les 7 inventaires augmente sensiblement par rapport à 2016 et est de **42 % supérieur au niveau moyen pluriannuel 2002-2016**.
- Cette situation annuelle résulte en premier lieu de la très forte précocité de l'année 2017, elle-même **liée à une reconduction très importante des stocks d'ulves** de l'année précédente. Durant l'été, malgré des flux azotés bas, la prolifération est restée « relativement soutenue » du fait des biomasses très importantes présentes en fin juin.
- Pour ce qui concerne le démarrage de la prolifération, la situation globale sur la Bretagne résulte de situations par sites nuancées. Les baies les plus sujettes à la reconduction (par ex. Saint Briec, Saint Michel en Grèves ou Douarnenez) ont connu un **démarrage extrêmement précoce** ce qui s'est traduit par une prolifération annuelle importante. Alors que d'autres baies ont été moins concernées par cette précocité car moins sujettes à la reconduction pluriannuelle (baie de Guissény ou baies de l'est du département des Côtes d'Armor, du fait de la quasi absence d'ulves en fin 2016 sur ces baies).
- La prolifération régionale « moyenne » recouvre des situations différentes selon les secteurs : prolifération relativement limitée d'algues vertes (ulvaria) en mélange sur la baie de la « Fresnaye », à un niveau inférieur à 2015 et 2016, après 5 années (2010-2014) comportant uniquement des algues brunes filamenteuses et quasi absence d'ulves sur les deux autres baies de l'est des Côtes d'Armor, une prolifération **très précoce et intense en baie de Saint Briec** engendrant des putréfactions importantes jusqu'en juillet, des surfaces **cumulées plus proches des moyennes voire inférieures sur le nord-ouest du Finistère** (Guissény, Keremma, Mogueran). La situation a encore été très exceptionnelle en **baie de Douarnenez avec des couvertures par les ulves importantes en début** de saison (prolifération précoce) puis en très forte régression en juillet laissant apparaître des échouages relativement massifs d'algues brunes et vertes filamenteuses (Ectocarpales et Cladophora) puis en octobre des couvertures denses par des algues rouges filamenteuses (Falkenbergia, ce qui n'avait jamais été observé sur cette baie).

Les suivis de la **saison 2018** avaient permis de conclure à :

- L'année **2018 est la plus tardive de la série** : les surfaces couvertes en avril sont quasiment nulles et la surface cumulée avril + mai, utilisée comme indicatrice de la précocité de l'année est la plus basse de la série 2002-2018, **à un niveau 10 fois inférieur au niveau moyen 2002-2017** et même 30 fois inférieur à l'année précédente 2017 (la plus précoce de la série).
- Après ce démarrage très tardif, les surfaces **en juin progressent fortement** (facteur 5 entre mai et juin contre 1.8 en moyenne 2002-2017), ce qui est **encore le cas en juillet** (augmentation d'un facteur 2.7) alors qu'en moyenne pluriannuelle les surfaces diminuent très légèrement entre juin et juillet. En juillet, la surface « régionale » est ainsi supérieure à la moyenne pluriannuelle (+ 7%) ce qui est surtout lié aux baies de Saint Briec et de la Fresnaye. Le niveau en **août + septembre est proche de la moyenne 2002-2017** (- 5 %).
- Le cumul annuel sur les 7 inventaires est **fortement inférieur au niveau mesuré en 2017** (-50 %) et inférieur de 30 % au niveau moyen 2002-2017.
- Cette situation annuelle résulte du **démarrage tardif qui n'est que partiellement compensé par des surfaces importantes en juillet**. Ce retard dans le démarrage est, en premier lieu, lié à une reconduction très limitée des stocks d'ulves de l'année précédente. La croissance importante des algues en juin-juillet, sur certains secteurs est quant à elle liée à des **conditions de croissance très favorables notamment sur le centre et l'est des Côtes d'Armor** (flux soutenus en juin du fait de pluviosité très importantes en fin mai-début juin et ensoleillement intense à partir de mi-juin).

Des suivis **de la saison 2019**, il avait été conclu que :



- L'année 2019 est apparue précoce au niveau régional (troisième année pour les surfaces d'avril, derrière 2017 et 2009), ce qui est largement lié à **la baie de Saint Brieu**c, extrêmement précoce en 2019 (95 % de la surface d'avril se trouve sur cette baie). Les surfaces en avril étaient près de trois fois supérieures à la moyenne régionale sur 2002-2018.
- Les surfaces culminaient en juin et étaient de plus de 30 % au-dessus de la moyenne 2002-2018. A partir de juillet la surface régionale est en légère régression tout en demeurant, chaque mois jusqu'en septembre, au-dessus du niveau moyen 2002-2018. La surface en « août+septembre » s'établit 20 % au-dessus du niveau 2002-2018.
- Il en a résulté un cumul annuel sur les **7 inventaires qui a été nettement supérieur à la moyenne pluriannuelle** (+ 30 %) et près du **double de l'année 2018** dont la prolifération avait été modérée.
- Cette situation annuelle résultait du **démarrage très précoce de la prolifération sur la baie de Saint Brieu**c lié à la forte reconduction des stocks d'octobre 2018 (stocks élevés, dispersion relativement faible à l'échelle de la baie, température de l'eau restée élevée et luminosité de fin d'hiver très excédentaire) **dont la prolifération précoce a ensuite été soutenue par des flux de juin-juillet élevés** (reprises de débits du fait de forts orages sur cette baie en juin).
- Cette situation « moyenne » sur la Bretagne résultait de situations, suivant les sites, **très contrastées**, en particulier en ce qui concerne le démarrage de la prolifération. Contrairement à 2017 qui était très précoce partout, le démarrage **2019 très précoce en baie de Saint Brieu**c était **tardif sur la plupart des autres sites**, exception faite de la baie de la Forêt et de l'anse de Locquirec. La prolifération régionale a donc été très atypique en 2019 avec une très large domination des **surfaces mesurées en baie de Saint Brieu**c (73 % sur l'année contre 46 % en moyenne sur 2002-2018 et même 95 % de la surface régionale en avril). Ainsi l'analyse du niveau régional en distinguant la réaction de la baie de Saint Brieu du reste des sites mettait en évidence une **prolifération limitée sur les baies « hors Saint Brieu**c » (- 33 % par rapport à 2002-2018) quand la surface sur la baie de Saint Brieu apparaissait très supérieure au niveau moyen (année de plus fort cumul et 105 % supérieur à la moyenne 2002-2018).

Des suivis surfaciques sur 2020 on avait conclu :

- **L'année 2020 a été la plus tardive de la série 2002-2020, au niveau régional**. Les surfaces en avril + mai (indicateur de la précocité) ont atteint le **niveau le plus bas jamais mesuré** (2 fois inférieur à 2018, année de référence antérieure pour son démarrage tardif). Le niveau de 2020 est même **20 fois inférieur à la moyenne avril+mai 2002-2019 et 40 fois inférieur à l'année précédente 2019**. A noter que quelques petits sites sableux du Sud Bretagne (surfaces modestes) et surtout **les vasières du sud Bretagne** (Golfe du Morbihan et Ria d'Étel en premier lieu) ont échappé à ce démarrage tardif.
- Partant d'un niveau très bas, les surfaces **ont augmenté très fortement entre mai et juin** (multipliées par 20 contre un facteur 1.8 en moyenne sur 2002-2019). Les conditions de croissance, très favorables de mai (très fort ensoleillement/ réchauffement des eaux côtières, flux de nutriments importants) expliquaient une partie de ce fort accroissement. **La surface maximale a été atteinte en juillet et est de 20 % supérieure au niveau 2002-2019**. Les pluies intenses (surtout sur la baie de Saint-Brieu et l'Est des Côtes d'Armor) ont engendré des reprises d'écoulements très importantes et des flux sur juin à août qui sont supérieurs aux « normales » **donc expliquent le maintien de la croissance sur l'été**. Ensuite la surface a diminué, tout en restant supérieure au niveau pluriannuel en août et septembre (40 % supérieure au niveau 2002-2019). En octobre les surfaces ont diminué fortement (conditions très dispersives dès le 25 septembre : tempête Alex) et étaient inférieures au niveau pluriannuel (- 21 %).
- Il a résulté de ce **démarrage très tardif puis de surfaces importantes en saison** un cumul annuel sur les **7 inventaires qui est légèrement inférieur à la moyenne pluriannuelle** (- 7 %) et nettement inférieur à l'année 2019 (-30 %).
- Cette situation « moyenne » sur la Bretagne **recouvre des réalités très différentes selon les secteurs** : la baie de la Forêt (habituellement précoce) a été tardive et peu touchée sur l'année, la baie de Saint-



Brieuc comme celles de « Saint Michel en Grève » ou « Locquirec » ont connu des proliférations très tardives et inférieures, en cumul annuel, à la situation des années antérieures. Alors que les sites du Nord Finistère (« Guissény », Dossen ; sites non sujet à reconduction), de « Binic/Etables sur Mer », de la « Fresnaye » ont connu des surfaces cumulées importantes, supérieures au niveau pluriannuel. La situation en baie de Douarnenez a été particulière avec des surfaces qui sont devenues importantes en août et septembre et des échouages composés d'ulves en mélange avec d'autres algues (filamenteuses brunes et filamenteuses vertes).

**Evolution surfaciques relevées en 2021 :**

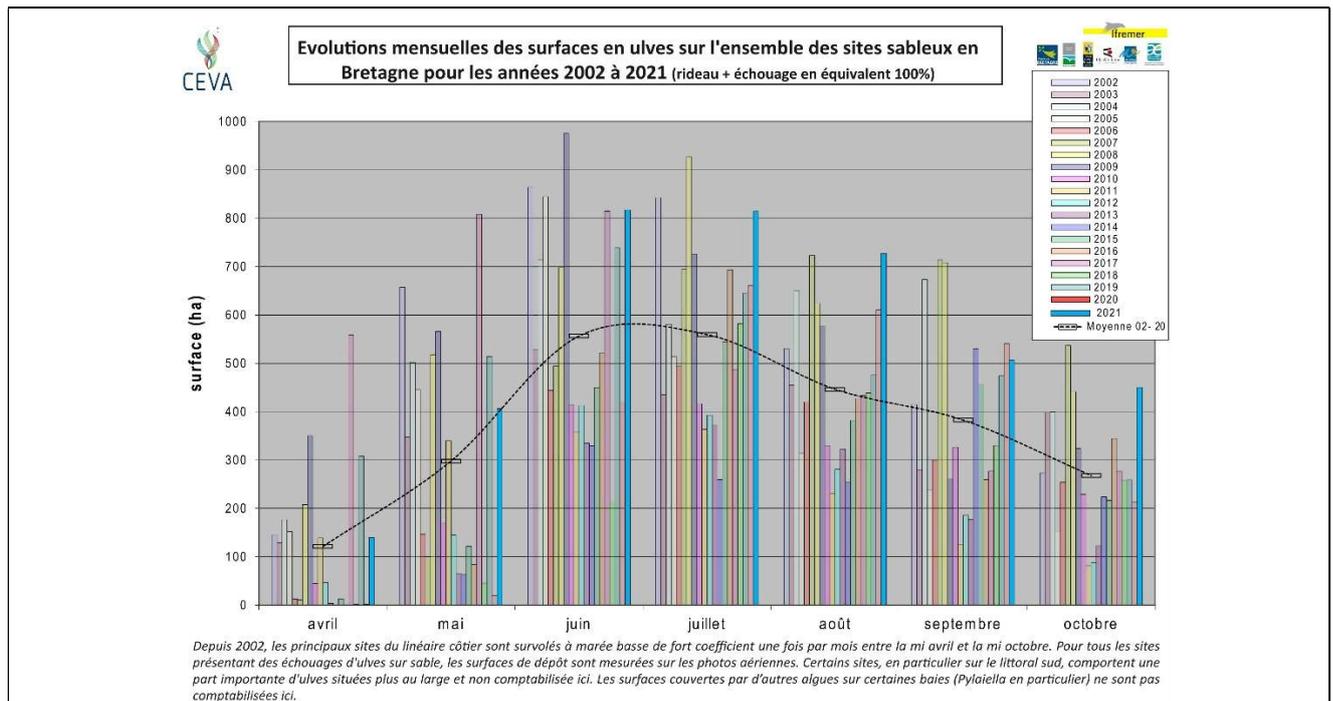


Figure 14 : évolutions mensuelles des surfaces en ulves sur l'ensemble des sites sableux en Bretagne faisant l'objet de suivis mensuels sur la période 2002-2021.

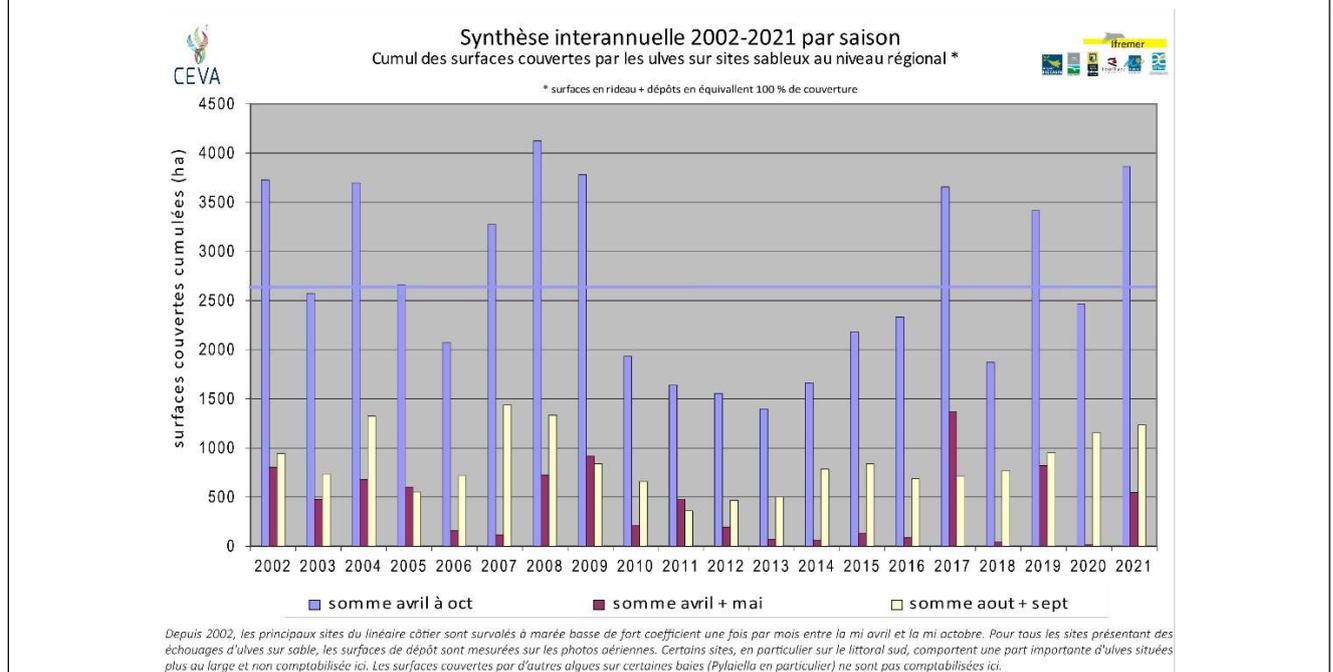


Figure 15 : évolutions annuelles et par saison des surfaces en ulves sur l'ensemble des sites sableux en Bretagne faisant l'objet de suivis mensuels sur la période 2002-2021



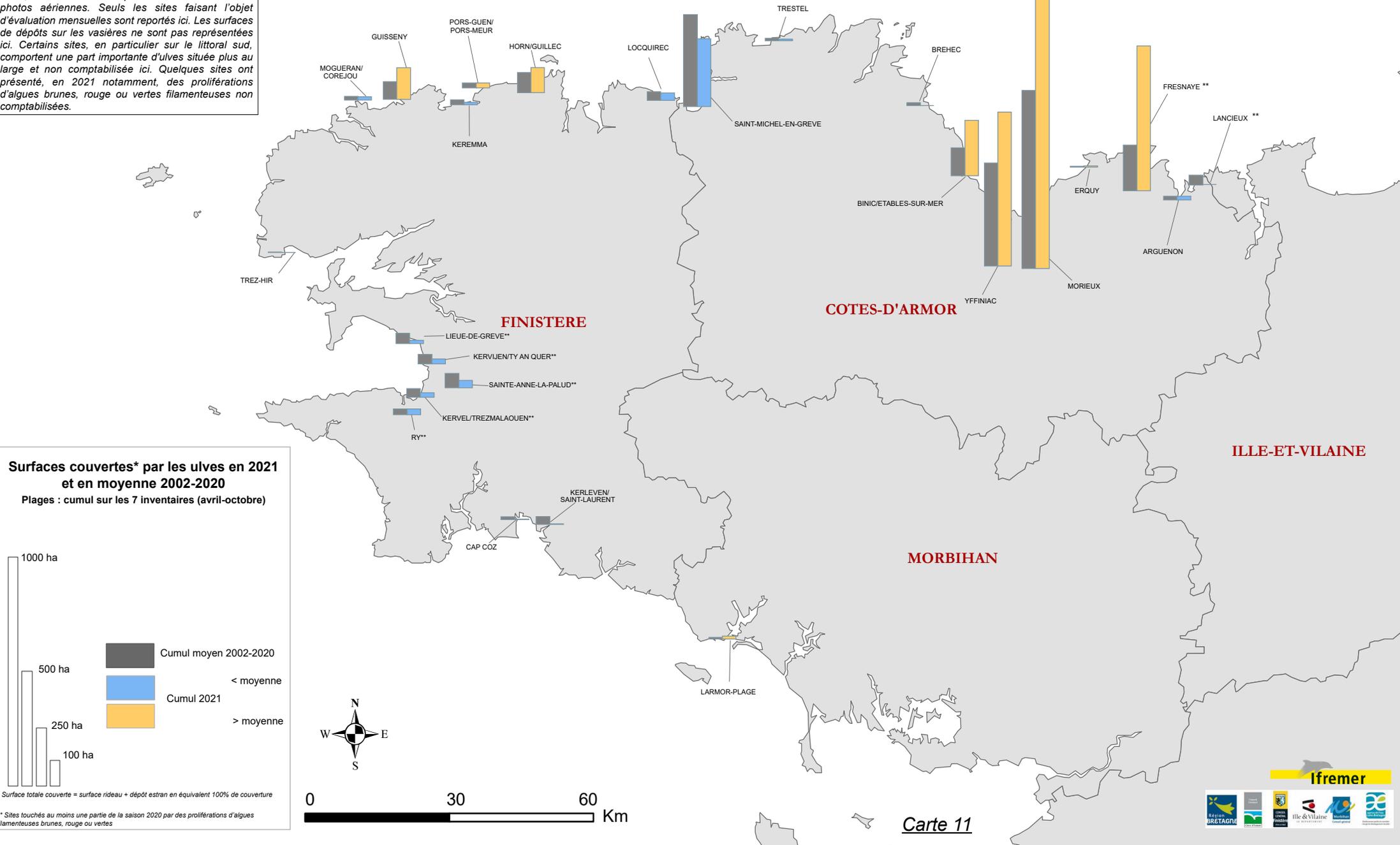
Les suivis surfaciques réalisés sur **les principaux sites sableux bretons** (suivis mensuellement d'avril à octobre) permettent d'établir que :

- Un **démarrage au niveau régional qui apparaît « précoce »** : la surface « avril + mai » (utilisée comme indicatrice de la précocité) est **30 % supérieure au niveau moyen 2002-2020 et 28 fois supérieure au niveau de 2020**. Cette précocité **résulte, presque exclusivement, des couvertures très précoces sur l'Est des Côtes d'Armor** (baie de Saint Briec + Baie de la Fresnaye) qui **représentent 97 % de la surface régionale** (contre 53 % en moyenne 2002-2020). En complément de cette situation mesurée sur les sites sableux, il est à noter (situation rencontrée aussi en 2019 et 2020) que les **vasières du Golfe du Morbihan et de la Ria d'Étel** sont fortement couvertes d'algues vertes en avril et mai et présentent en certains points des putréfactions.
- La surface « régionale » couverte **augmente fortement en juin** (doublement) et est, à cette date, de 47 % supérieure au niveau moyen de juin. En juillet le niveau mesuré est identique à juin et sur la période juillet à octobre, chaque mois les **surfaces sont nettement supérieures au niveau interannuel** (en moyenne de 50 %).
- L'ensemble de ces mesures des sites sableux régionaux **positionne l'année 2021 (avril-octobre) près de 50 % au-dessus du niveau moyen 2002-2020** et en fait la **deuxième année la plus chargée derrière 2008** et devant 2009.
- Cette **situation « régionale » résulte de situations locales très disparates**. Certains secteurs ont été très fortement touchés en 2021 : Baie de Saint Briec, de la « Fresnaye », de « Binic/Etables sur Mer », de « Guissény ». Quand d'autres **secteurs n'ont pas ou peu été touchés** : baie de la Forêt, anse de « Bréhec », baie de Douarnenez.
- Cette situation annuelle s'explique en grande partie par des **conjonctions météorologiques très négatives : démarrage précoce sur certains des gros sites régionaux** (lien année 2020 et hiver 2020-2021 et fort ensoleillement sur janvier-avril 2021), très fortes pluies depuis le 15 juin ayant entraîné des débits, et donc des **flux d'azote très élevés en particulier sur l'est des côtes d'Armor, flux qui sont restés soutenus en juillet et août** (cf. plus loin).

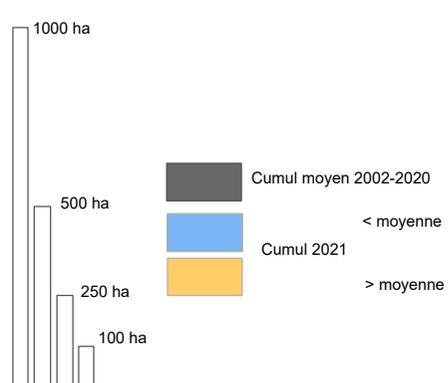
La **carte 11** permet de situer l'importance de la prolifération sur l'ensemble de la saison sur chacun des sites faisant l'objet d'une surveillance mensuelle par rapport à la situation moyenne 2002-2020 et la **carte 10** permet de visualiser le détail des surfaces mensuelles sur ces mêmes sites pour l'année 2021.

# Surfaces couvertes par les ulves sur les principaux sites sableux cumulé des 7 inventaires de la saison 2021 et moyenne 2002-2020

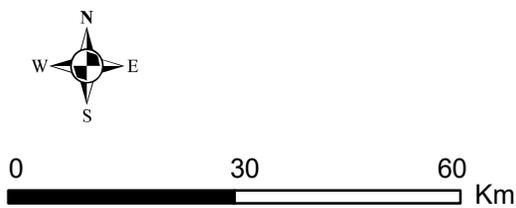
Les sites principaux sont survolés à marée basse de fort coefficient mensuellement d'avril à octobre. Pour tous les sites présentant des échouages d'ulves sur sable, les surfaces de dépôt sont mesurées sur les photos aériennes. Seuls les sites faisant l'objet d'évaluation mensuelles sont reportés ici. Les surfaces de dépôts sur les vasières ne sont pas représentées ici. Certains sites, en particulier sur le littoral sud, comportent une part importante d'ulves située plus au large et non comptabilisée ici. Quelques sites ont présenté, en 2021 notamment, des proliférations d'algues brunes, rouge ou vertes filamenteuses non comptabilisées.



**Surfaces couvertes\* par les ulves en 2021 et en moyenne 2002-2020**  
Plages : cumulé sur les 7 inventaires (avril-octobre)



\* Surface totale couverte = surface rideau + dépôt estran en équivalent 100% de couverture  
\*\* Sites touchés au moins une partie de la saison 2020 par des proliférations d'algues filamenteuses brunes, rouge ou vertes





### Éléments d'explication des caractéristiques régionales de la marée verte observée en 2021 :

Les suivis mis en place en 2002 mettent en évidence des proliférations très différentes entre années. Ainsi sur la prolifération totale (cumul des 7 inventaires sur les principaux sites) les surfaces d'échouage **mesurées en 2013 sont trois fois moins importantes** (66 % de moins) que **celles mesurées en 2008**. L'analyse de la marée verte par saison permet de distinguer des variations encore plus importantes : pour les inventaires de **fin de saison** (août + septembre pris en référence pour indiquer l'importance de la prolifération pendant la période potentiellement la plus limitante) **l'année 2007** pour laquelle les surfaces sur cette période sont les plus fortes est **quatre fois plus chargée que 2011**, année la plus basse. Enfin, pour ce qui est de la **précocité de la marée verte** (évaluée en sommant les surfaces couvertes en avril+mai) **l'année 2017, année la plus précoce présente 65 fois moins de surface** en avril+mai **que l'année 2020**, la moins précoce (et 29 fois plus de surfaces couvertes que l'année 2018, deuxième année la plus tardive).

Ces variations importantes peuvent être mises en lien avec **les caractéristiques climatiques** des différentes années. Pour cela, il convient de distinguer :

- **les conditions** nécessaires au démarrage de la prolifération **liées aux stocks de début de saison** (« ensemencement ») et à la **température de l'eau à la fin de l'hiver**. L'**ensoleillement**, facteur fortement **limitant en hiver** peut également jouer un rôle important dans le maintien des ulves, sur l'hiver et le début de printemps. De plus, l'ensoleillement de début de printemps (mars-avril), outre l'éclairement indispensable à la photosynthèse qu'il apporte, génère aussi un **réchauffement local de la colonne d'eau** (eau peu profonde des baies, mais aussi localement eau sur les platiers rocheux et leurs mares) à cette période de l'année pour laquelle la température est encore un paramètre limitant.
- **les conditions de développement de la prolifération liées aux apports de nutriments par les cours d'eau** qui ne peuvent être limitants, dans le contexte actuel de niveau trophique, que relativement tard en saison, **entre mai et août, suivant les sites** et déterminent l'ampleur de la marée verte en période estivale (la précocité de la limitation en nutriments dépend des sites et des caractéristiques des bassins versants provoquant des étiages plus ou moins précoces). **Une croissance soutenue sur l'été**, permise par des flux estivaux élevés, engendre un **risque de report de stocks important sur le printemps suivant** (modulé par les caractéristiques de l'hiver) et donc une « **anticipation** » de la prolifération sur une période favorable (flux, lumière de printemps).



## Reconduction interannuelle et dispersion hivernale :

Les suivis depuis 2002 permettent de corréler le démarrage de la marée verte d'une année avec le niveau atteint en fin d'année précédente (n-1).

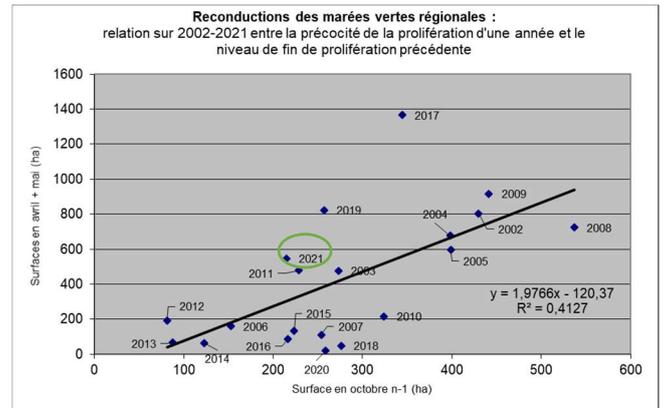
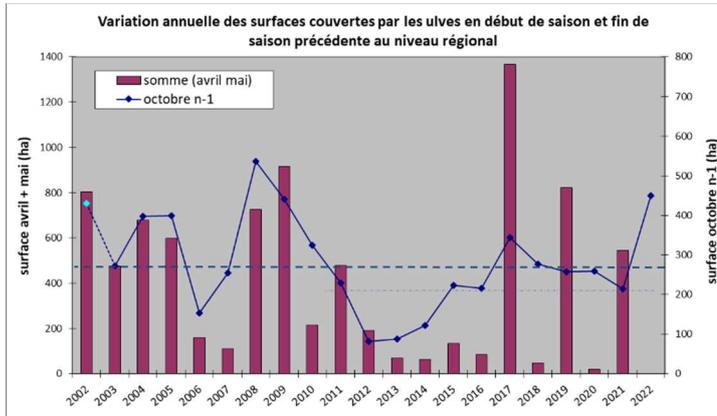


Figure 16 : Surfaces couvertes par les ulves en début de saison (avril+mai) et lien avec le niveau de couverture de la fin de l'année n-1. Les niveaux plus faibles qu'attendus en 2006, 2007, 2010, 2013, 2014, 2015, 2016, 2018 et 2020 s'expliquent par : des températures de l'eau plus froides en hiver/printemps que la moyenne (environ 1 mois de retard sur les températures de l'eau sur avril-mai-juin pour 2006, 2010 et 2013) ; le caractère particulièrement dispersif de l'hiver (pour 2007, 2013, 2014, 2015, 2016, 2018 et 2020). Le caractère plus précoce qu'attendu en 2017 s'explique par l'hiver le moins dispersif et parmi les plus lumineux. La position de 2021 (cercle vert) est liée aux surfaces importantes sur les baies de Saint Brieuç et Fresnaye très peu exposées à la dispersion (et vastes donc moins « destockables »).

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.

La précocité de 2017 est très exceptionnelle (cf. plus bas, facteurs explicatifs), celle de 2019 forte, mais légèrement moins exceptionnelle à l'échelle de la Région (mais autant sur la Baie de Saint Brieuç et pas sur les autres sites majeurs). Les années 2018 et 2020 sont, à l'inverse, exceptionnellement tardives (les deux plus tardives de la série). Ces années particulières dégradent fortement la relation brute entre le niveau d'octobre et la précocité de l'année suivante. Pour rappel, l'analyse sur les années 2002-2016 engendrait la relation suivante Figure 17 (gauche : revient à exclure les 2 années les plus précoces et les 2 les plus tardives qui sont sur les années 2017-2020) et l'ensemble des années sans les 2 années très précoces en baie de Saint Brieuç, celle de droite.

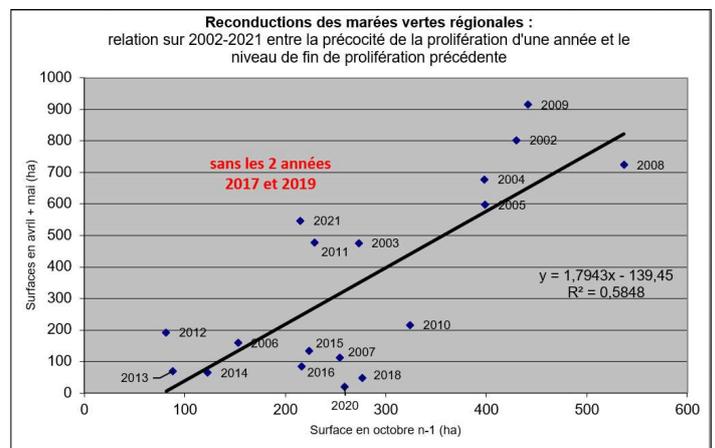
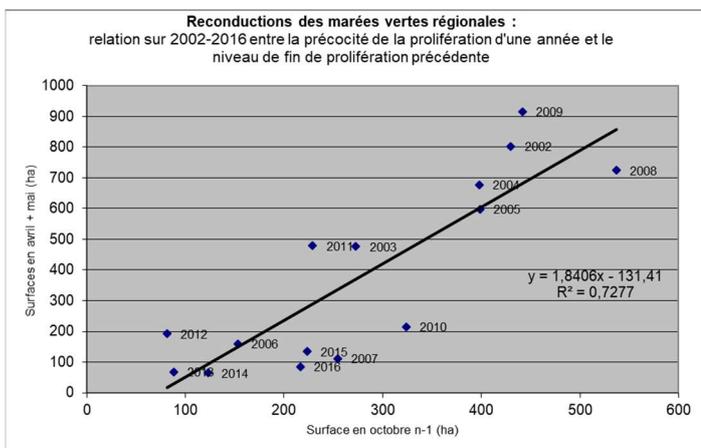


Figure 17 : relation entre les surfaces avril+mai d'une année n avec le niveau d'octobre n-1 sur la période 2002-2016 (figure de gauche) et sur 2002-2021, en retirant les 2 années particulièrement précoces sur la baie de Saint Brieuç 2017 et 2019 (figure de droite)



Pour ce qui est du report sur 2021, les **quantités présentes en fin 2020 sont inférieures aux 4 années précédentes et environ 20 % inférieures à la moyenne 2002-2019**. De plus, une partie des surfaces d'octobre se trouve sur des sites sur lesquels la reconduction n'est pas liée aux stocks (Binic, Dossen, Guissény). Donc sur ce paramètre la **configuration fin 2020 est plutôt favorable à un redémarrage retardé**, ou, du moins, « moins précoce » qu'en moyenne.

Il est clair que le démarrage d'une année n'est **pas uniquement lié au niveau du stock de l'année précédente** ; son report dépendant également **des conditions hivernales : température de l'eau et dispersion par les tempêtes**. Sur les Figure 16, **les années 2006, 2010 et 2013**, par exemple, présentent très peu de report et se situent en dessous du « niveau attendu ». En 2006, le niveau de température de début de saison particulièrement bas (Figure 18) avait été mis en avant pour expliquer ce démarrage retardé (le caractère dispersif de l'hiver / début de printemps permettait également d'expliquer une partie de ce retard, notamment la houle en mars). Les températures de l'eau en 2010 et 2013 sont très proches de celles de 2006 et le retard observé comparable.

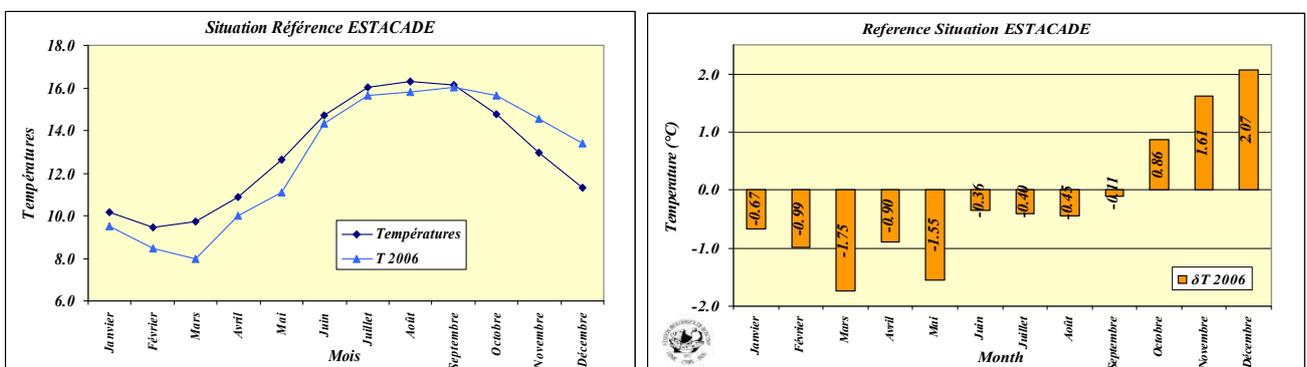


Figure 18 : données de température de l'eau en baie de Morlaix en 2006 par rapport à la moyenne 1985-2006 (données SOMLIT fournies par la Station Biologique de Roscoff)

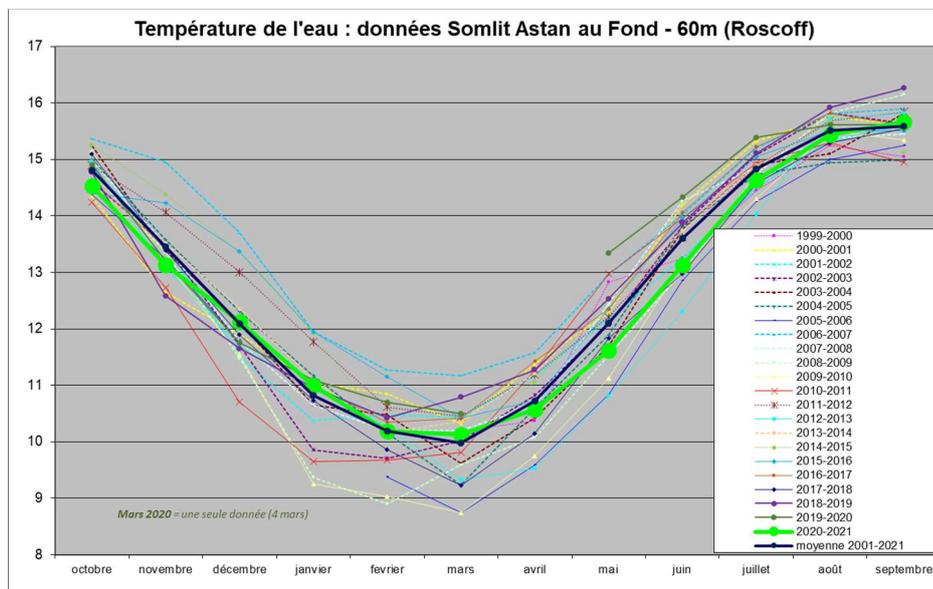


Figure 19 : données de température de l'eau en baie de Morlaix entre 2000 et juin 2022 sur le point Astan au fond -60m (données SOMLIT fournies par la Station Biologique de Roscoff). On distingue les années 2006, 2010 et 2013 dont les profils sont quasiment identiques avec des températures de l'eau, à partir de mars et jusqu'en juin voire juillet qui restent très inférieures aux moyennes pluriannuelles (plus de 1 degré inférieur soit un mois de retard sur le réchauffement printannier). Les hivers 2006-2007, 2011-2012, 2013-2014, 2014-2015, 2015-2016, 2016-2017, 2018-2019 et 2019-2020 présentent, des températures de l'eau demeurées élevées.



L'hiver 2020-2021 a présenté des **températures conformes à la normale, de décembre à en avril**, pour s'établir légèrement en dessous des normales sur mai et juin (Figure 19). Ces températures du « large » (hors phénomène local de réchauffement des masses d'eau des baies), légèrement plus basse sur le printemps qu'en moyenne ne doivent pas avoir joué un rôle très importants dans le démarrage de la saison. En effet ces faibles écarts interviennent à une période où la température est logiquement (au sein des baies peu profondes) déjà suffisante pour permettre la croissance (ce paramètre semble « neutre » quand les valeurs ne sont pas sensiblement sous les normales).

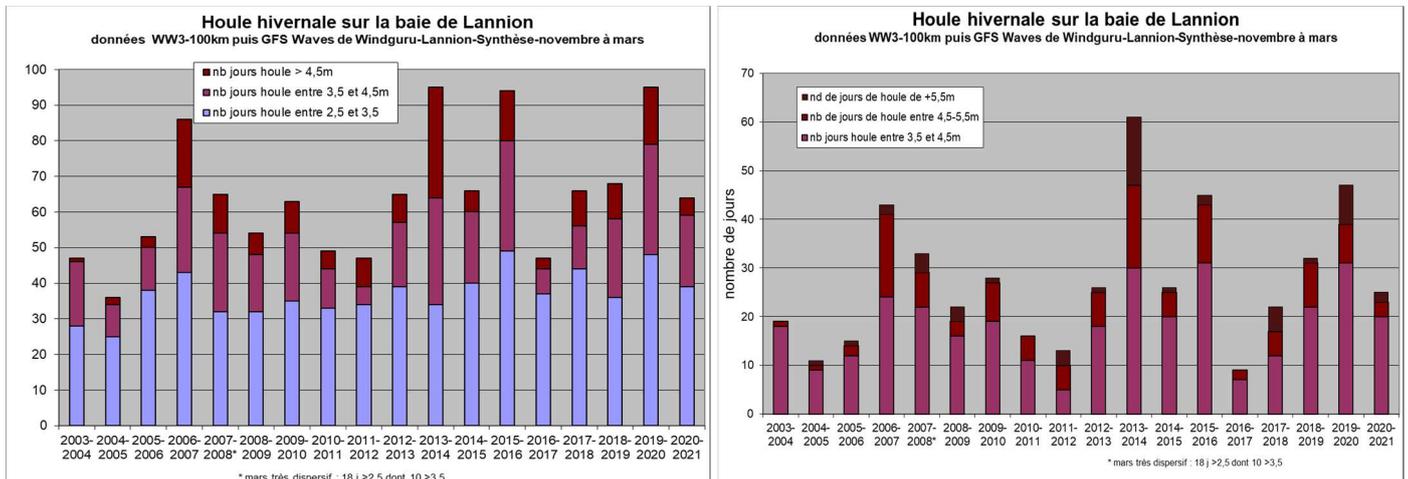


Figure 20 (a) et (b) : statistiques de houle du modèle GFS stockées sur le site Internet Windguru pour le site de Lannion (archivage de la dernière prévision tri-horaire) et compilation par catégorie de hauteur de vague pour la période de novembre à mars. (a), à gauche pour les houles de plus de 2.5 m et (b), à droite pour les houles de plus de 3.5 m. On distingue les hivers 2006-2007, 2013-2014 (le plus dispersif), 2015-2016 et 2019-2020, particulièrement dispersifs dans la série analysée (série la plus longue disponible). L'hiver 2016-2017 est le moins dispersif.

L'hiver 2020-2021 (novembre à mars) est **proche du niveau moyen** mais « **relativement peu dispersif** ». Les jours de houle utilisés pour qualifier la dispersion (modèle NWW3 à 100km) donnent : un **niveau qui est égal à la moyenne pour les jours de houle de + de 2.5 m (- 0.7 %)** mais **très inférieur sur les épisodes les plus dispersifs (- 50 % pour le nombre de jours de houle supérieur à 4.5 m et - 10 % pour les jours de houle de + de 3.5 m)**. Ce paramètre est donc plutôt **favorable à un démarrage précoce, pour les sites difficilement déstockables** (grande taille et peu exposés) et « **neutre** » pour les sites facilement « **dispersés** » (petite taille, exposés à des houles puissantes).

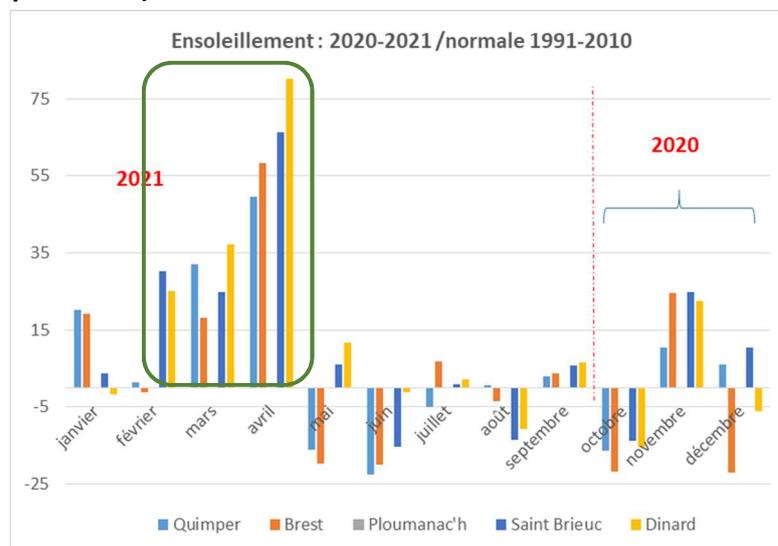


Figure 21 : écart (pourcentage) entre les heures d'ensoleillement sur les stations MétéoFrance littorales suivies et les normales pour ces stations.



**L'ensoleillement** (Figure 21) a été, sur toutes les stations météo suivies, **nettement supérieur aux normales sur le début 2021** (janvier-mars) : plus de 20 % d'excédent sur toutes les stations sauf Brest (+ 13 %). Sur **février-mars, l'excédent sur les stations des Côtes d'Armor a même été compris entre 25 et 35 %** et la première quinzaine d'avril est également particulièrement lumineuse (l'équivalent de 100 % des heures d'ensoleillement mensuelles sur 15 à 20 jours).

En conclusion, pour ce qui est de la reconduction de la marée verte sur **l'hiver 2020-2021**, les éléments principaux sont :

- **Les quantités présentes en fin 2020 sont inférieures aux 4 années précédentes et environ 20 % inférieures à la moyenne 2002-2019.** De plus, une partie des surfaces d'octobre se trouve sur des sites sur lesquels la reconduction n'est pas liée aux stocks (Binic, Dossen, Guissény). Donc sur ce paramètre la configuration fin 2020 est plutôt favorable à un redémarrage retardé, ou moins précoce qu'en moyenne.
- **Les paramètres de dispersion hivernale sur l'hiver 2020-2021** (novembre à mars) sont **proches du niveau moyen** mais l'analyse des jours de houle plus élevée conduisent à un hiver « **relativement peu dispersif** ». En effet, le **nombre de jours de houle est « moyen » pour les jours de houle de + de 2.5 m (- 0.7 %)** mais est **très inférieur sur les épisodes les plus dispersifs** (- 50 % pour le nombre de jours de houle supérieur à 4.5 m et - 10 % pour les jours de houle de + de 3.5 m). Ce paramètre est donc plutôt **favorable à un démarrage précoce, pour les sites difficilement déstockables** (grande taille et peu exposés) et « **neutre** » pour les sites facilement « **dispersés** » (petite taille, exposés à des houles puissantes).
- **Les températures de l'eau sont conformes à la normale de décembre à en avril** pour s'établir légèrement en dessous des normales sur mai et juin (période pour laquelle ce paramètre, dans les baies peu profondes aurait peu d'importance). **La température serait donc « neutre »** quant à la précocité de l'année 2021.
- **L'ensoleillement a été, sur toutes les stations météo suivies, nettement supérieur aux normales sur le début 2021** (janvier-mars) : plus de 20 % d'excédent sur toutes les stations (sauf Brest, + 13 %). Sur février-mars, l'excédent sur les stations des Côtes d'Armor a même été compris entre 25 et 35 % (ainsi que la première quinzaine d'avril exceptionnellement lumineuse).

**Les différents paramètres sont donc assez divergents en 2021 : stocks** (octobre 2020) **plutôt bas, houle modérée** (surtout plus forts épisodes), **ensoleillement de sortie d'hiver très excédentaire** (période cruciale pour ce paramètre). Ces différents paramètres laissent donc **envisager un démarrage précoce sur les secteurs les plus abrités et une croissance rapide sur les secteurs pour lesquels les ulves sont restées présentes.**

A noter qu'en dehors du programme RCO de surveillance, des observations additionnelles sont réalisées pour les collectivités (programme Cimav P1 du CEVA). Ces observations ont permis de décrire :

*Aucune estimation surfacique n'est prévue durant l'hiver (novembre-avril). Une image satellitaire (Sentinel) du 9 janvier semblait montrer des stocks (limités) encore présents en baie de Saint Briec (mais résolution un peu grossière et hauteur d'eau ne découvrant que le haut de l'estran). Cela est corroboré par des retours des collectivités qui mentionnent la présence de petits échouages jusqu'en haut de plage certains jours. Le 29 janvier une image Sentinel de la baie de Saint Briec semble encore attester de la présence d'un rideau d'ulves (mais prudence/ résolution et niveau de marée). Des images, le même jour de la baie de Saint Michel en Grève et Douarnenez semblent indiquer l'absence d'ulves dans ces deux baies (mais simple indication... du fait de la résolution et d'un niveau d'eau pas très bas et d'une forte turbidité). Cela semblait cependant préfigurer, suivant les conditions de février et mars des démarrages différenciés selon les secteurs comme cela était noté ces dernières années. Un rapide tour de baie de Saint Briec, le 5 février, attestait de la présence « encore/déjà » significative de petits fragments d'ulves en dépôt de bas d'estran et en rideau.*

*A partir du 25 février les conditions ont été particulièrement favorables pour l'échouage d'algues éventuellement présentes dans les baies. Le 1er mars, les conditions de plafond nuageux et d'échouages étaient parfaites, ainsi que le coefficient de marée (106) idéal pour percevoir la présence d'algues dans les baies. Un survol « rapide » des sites les plus instructifs a été réalisé ce jour. Il ressort, comme envisagé (plus haut), une situation très contrastée.*



Aucune algue verte n'est perçue sur la baie de la Forêt, de Douarnenez, sur le Moulin Blanc, sur Guissény (échouages probablement de goémon uniquement, mais pas de contrôle de terrain) du Dossen, de Locquirec, de Saint Michel en Grève (malgré un parcours approfondi de la baie le jour du vol, en interaction avec l'observation aérienne, aucune ulve, autre que petites ulves fixées sur les massifs d'hermelles n'a été trouvée), l'anse de Bréhec, de Binic. Sur ces sites, lors du vol, la situation est donc particulièrement bonne avec, en ce début mars, très peu ou pas d'ulves présente. Les conditions, actuellement très favorables à la croissance (lumière, peu de dispersion, température de l'eau) ne devraient pour autant par permettre un démarrage précoce sur ces baies.

Sur la baie de Saint Briec, la situation est tout autre : les stocks de reconduction perçus en survol et sur le terrain, le lendemain sont très importants (surtout en bas d'estran et rideau dense), au centre de la baie et également plus haut dans le Légué et en dendrites au nord du port. Ces algues, sur le terrain semblent en parfait état physiologique (vert bouteille, de petite taille) et en pleine croissance. Il semble, même si c'est délicat de comparer entre elles les années, que les quantités présentes seraient même supérieures à celles vues en février 2019, qui avaient conduit à une année extrêmement précoce (comme 2017, ces deux années étant les plus précoces des 20 années de mesure et les surfaces d'avril de l'ordre de 6 fois plus importantes qu'en moyenne 2002-2019). Sur cette baie, sauf changement radical et mois de mars qui deviendrait extrêmement tempétueux avec épisodes de houle très intenses, ce qui est très peu probable, il est donc à craindre un démarrage très précoce, dès le mois d'avril, contrairement à la situation des autres baies, tardives, comme cela avait été observé en 2019.

Enfin, les baies de l'est des côtes d'Armor présentent des échouages importants, mais qui semblent (depuis l'avion) dominés, voire exclusivement constitués d'algues brunes filamenteuses, probablement de type *Ectocarpales*. Les échouages et rideau en baie de Lancieux sont particulièrement impressionnants.



### Les flux de nutriments :

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).

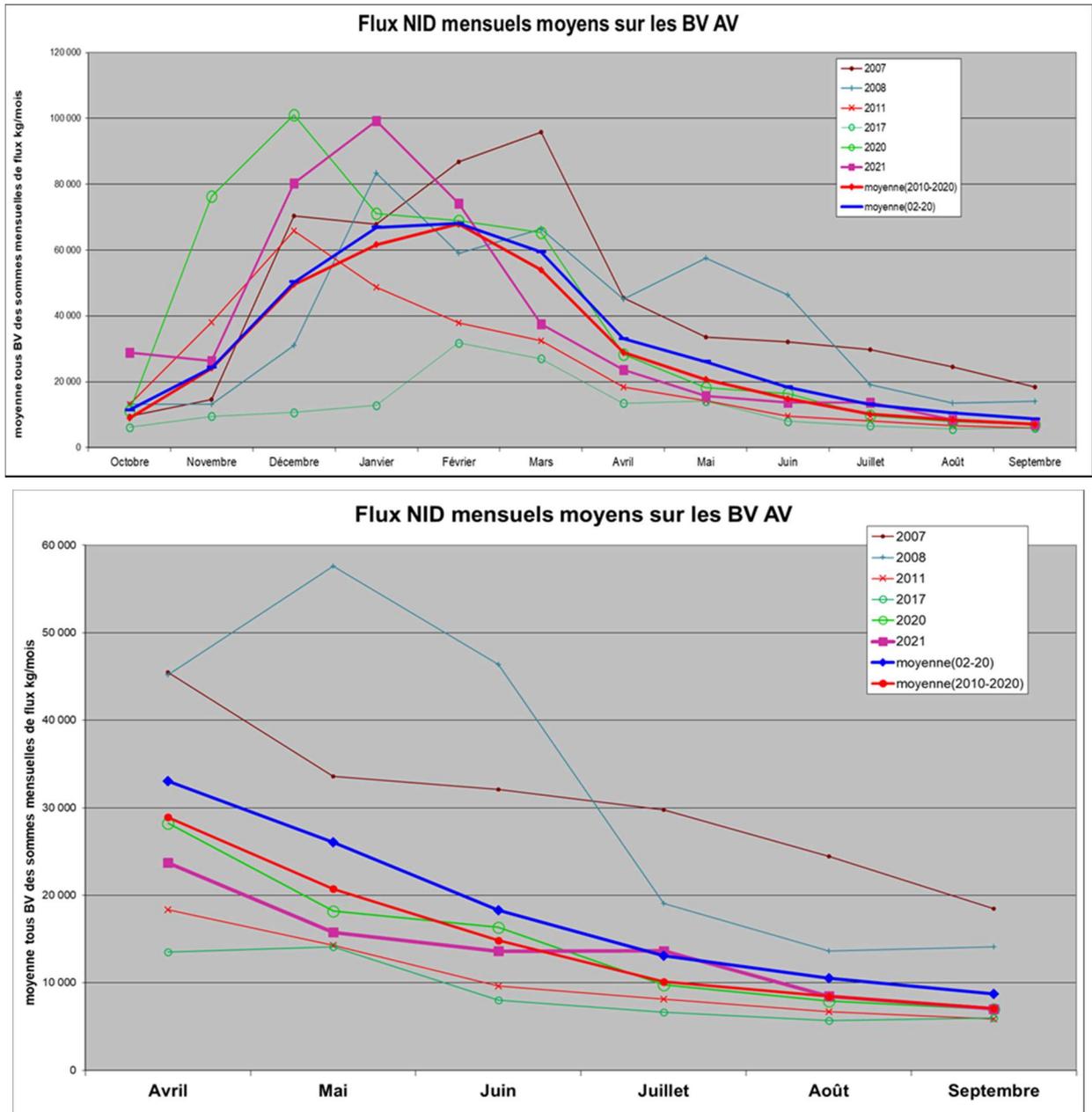


Figure 22 (a) et (b) : flux moyens mensuels à l'exutoire des bassins versants concernés par les proliférations (moyenne des flux mensuels des 7 cours d'eau alimentant les sites du programme « Prolittoral 2002-2006 » + flux des trois cours d'eau du fond de baie de Saint Briec : Gouessant Urne Gouet + flux de l'Horn + Guillec). Seules certaines années ont été sélectionnées sur ces graphiques, ainsi que les moyennes pluriannuelles 2002-2020 et 2010-2020 (flux des années les plus récentes dont le niveau moyen est moins élevé). La figure du haut (a) présente les flux sur l'ensemble de l'année tandis que la figure du bas (b) présente les flux sur la période la plus sensible.

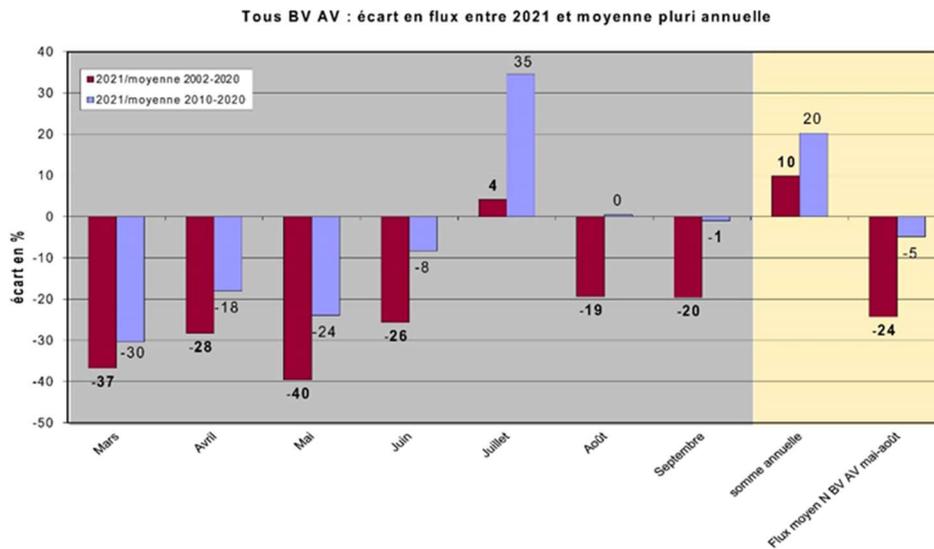


Figure 23 : Ecart des flux mensuels, annuels et saisonniers aux exutoires des BV AV par rapport aux années antérieures (moyenne des sommes mensuelles pour tous les BV). Sur l'ensemble de la période annuelle le flux est de 20 % supérieur à la moyenne 2010-2020 (excédents très élevés en octobre - +150%-, décembre et janvier) ; sur la période sensible « mai-août » le flux est sensiblement inférieur à la moyenne 2010-2020 (- 24 % ; mai étant le plus déficitaire avec -40 % et juillet légèrement excédentaire avec + 4 %). Ces « valeurs régionales » sont cependant très variables selon les territoires (très fort excédent sur l'est des Côtes d'Armor à partir de juin).

Les données de pluviométrie fournies par Météo France (cf. rapport CIMAV P1 et Figure 26) mettent en évidence **des excédents très forts sur octobre et décembre** puis des **déficits marqués de février à avril 2021** (par ex. 78 mm sur Dinard contre une normale de 164 mm soit 48 % de la normale, ce qui est le cas sur toutes les stations avec des valeurs de 46 % à Brest au minimum à 57 % sur Saint Briec) suivis d'un **mois de mai excédentaire** (de 8 % à Dinard à 45 % d'excédent à Quimper) puis **juin fortement excédentaire sur le Nord Est Bretagne** (110 % d'excédent et 127 % sur Saint Briec et Dinard mais léger déficit sur l'Ouest) **puis juillet excédentaire sur toutes les stations** (de 25 % à Quimper à 40 % sur Saint Briec et Dinard) pour finir par des **mois d'août et septembre plutôt déficitaires**. Les fortes variabilités de pluviosité sont liées à des **phénomènes d'orage** entre mi-juin et mi-juillet (Figure 24) très inégalement réparties avec notamment des pluies **très excédentaires sur l'est des Côtes d'Armor** (entre le 15 juin et le 13 juillet, la station de Dinard enregistrait **166 mn de pluie** contre une normale de juin et de juillet de 49 mn soit **des quantités de pluie 3.4 fois plus importantes que la normale** ; situation quasiment identique sur la station de Saint Briec alors que sur les stations de l'ouest Bretagne l'excédent n'était que de 75 à 80 %).

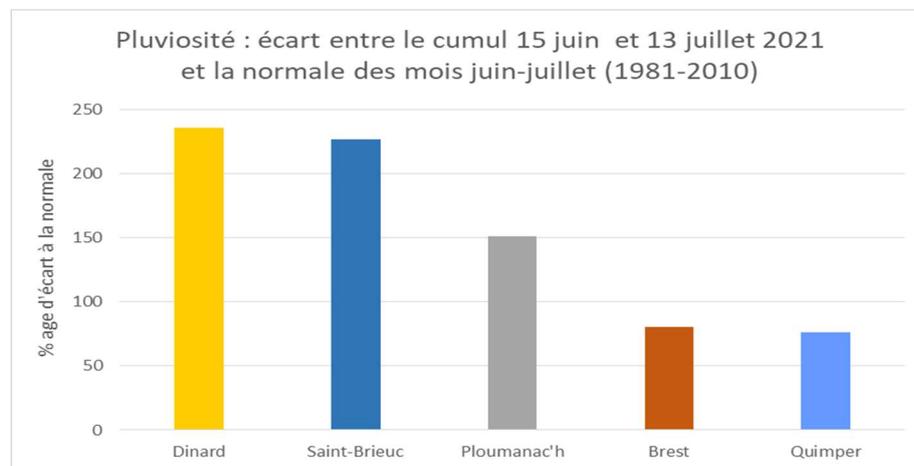


Figure 24 : pluviosité sur les stations Météo France suivies entre le 15 juin et le 13 juillet 2021 comparée au niveau moyen juin-juillet des années 1981-2010



Cette répartition des pluies **très contrastée sur les territoires et par mois** a entraîné des **flux totaux sur l'année hydrologique 2021 qui sont excédentaires** par rapport à la situation moyenne (+ 20 % par rapport à 2010-2020 et +10 % par rapport à 2002-2020). Cet excédent annuel est lié à des situations mensuelles assez contrastées : très fort excédent en octobre 2020 (+ 220 % par rapport à 2010-2020), encore élevé en décembre et janvier (+ 60 %) et plus proches des moyennes en novembre et février (environ + 10 %). Ces excédents « automne/hiver » sont surtout liés à des précipitations excédentaires sur octobre à février. La faible pluviosité à partir de février explique ensuite la **forte diminution des flux qui deviennent déficitaires en mars** (- 37 % par rapport à la moyenne 2010-2020) et le **restent jusqu'en juin**. Sur la « période la plus sensible » aux proliférations, le flux moyen mesuré aux exutoires des cours d'eau suivis apparaît **inférieur à la moyenne pluriannuelle** (- 24 % par rapport à 2010-2020 et - 5 % par rapport à 2002-2020). Cela est lié à des flux en mars à juin inférieurs aux moyennes qui ne sont pas contrebalancés par des flux « moyens » ou **légèrement excédentaires en juillet – août**. Ce niveau « régional estimé » masque des **réalités locales très contrastées**. Ainsi, sur la période « sensible » les flux sont-ils très excédentaires (Figure 25) sur l'est des Côtes d'Armor (+ 75 % et + 25 % sur le Frémur et la baie de Saint-Brieuc et même + 175 et + 75 % si l'on se concentre sur la période « cruciale » juin-août) quand les cours d'eau plus à l'ouest montrent des situations de déficit de flux (de - 15 % sur le Yar à - 35 % sur le Kerharo pour mai-août). Ces réactions en débit et concentration sont, elles-mêmes, liées au contexte géologique local (BV schisteux, plus réactifs à l'est Bretagne) mais aussi à des pluviosités d'orage entre mi-juin et mi-juillet (cf. ci-dessus et Figure 24). La nature géologique des bassins versants intervient 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 (cf. rapport CIMAV P1) ces dernières années jouent également, à la baisse, sur le flux pour les dernières années (les concentrations ont été divisées par deux sur certains cours d'eau en une quinzaine d'années). Le cas particulier de la baie de Saint Brieuc dont les flux domestiques étaient importants notamment en période sensible de marées vertes, doit être rappelé : la STEP depuis 2006 rejette beaucoup moins d'azote (NH<sub>4</sub>) ce qui implique des apports d'azote inorganique dissous très inférieurs, les années sèches, aux années antérieures à 2006 (environ 550 kg N/jour en moins sur la moyenne 2000-2004 sur mai-septembre et 700 kg/jour sur l'année).

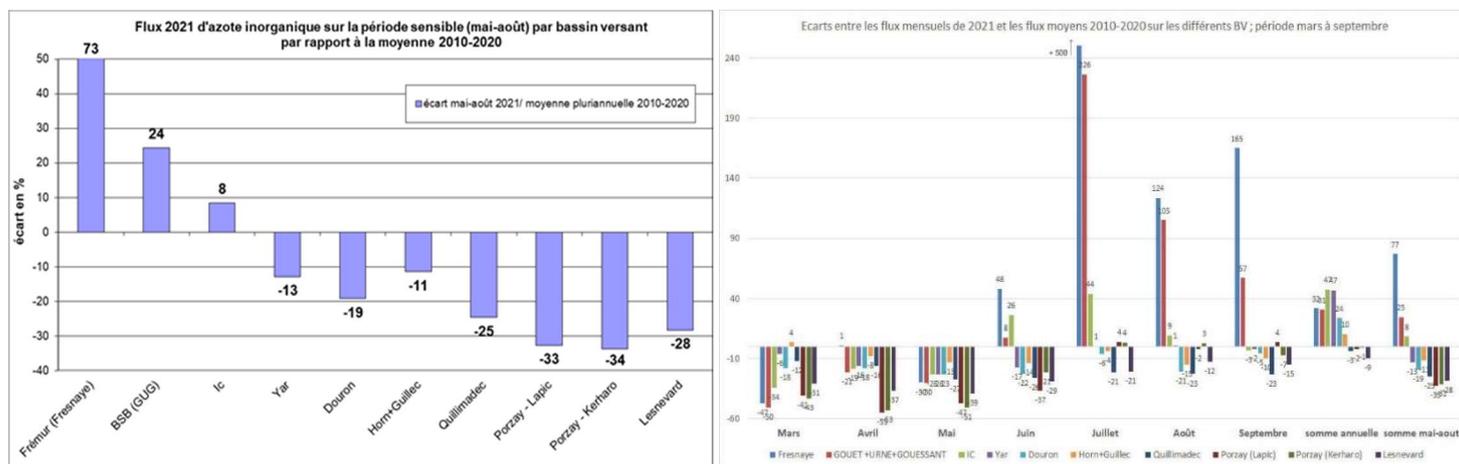


Figure 25 : (gauche) Ecart, par BV, entre flux d'azote inorganique dissous sur mai-août 2021 et le flux pluriannuel 2010-2020 et (droite) détails des écarts mensuels sur mars à septembre 2021, sur octobre 2020-septembre 2021 et sur mai-août 2021 et les flux pluriannuels 2010-2020. Les différences observées s'expliquent principalement par les différences locales de pluviosité et les contextes géologiques locaux.

La Figure 26 montre que ces situations d'orages violents, entraînant des excès pluviométriques très forts, se retrouvent tous les ans depuis 2016 en juin ou parfois fin mai sur l'est des Côtes d'Armor (exemple de la station de Saint Brieuc/Trémuson). Les 6 dernières années et tout particulièrement l'année 2021 auront donc présenté des profils « très défavorables » avec des pluies très soutenues en juin, période durant laquelle les ulves sont potentiellement limitées par l'azote et donc sensibles à ces apports excédentaires (refertilisation



importante à une période clé). D'après les spécialistes de météo France, cette situation relève du « hasard » et n'est pas une tendance liée au changement global (pas décrite par les modèles locaux du changement climatique).

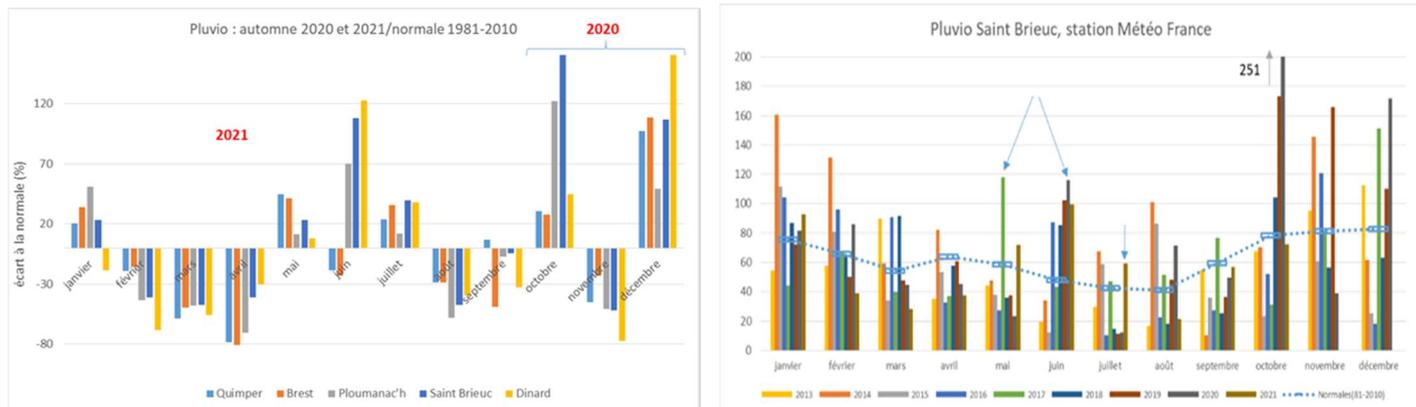


Figure 26 : Données de MétéoFrance écarts de pluviosité en 2019-2021 par rapport aux normales des différentes stations (gauche) et pluviosité mesurée sur la station de Saint Brieuc de 2013 à 2021 (droite)

La Figure 21 présente les données d'ensoleillement mesurées par Météo-France. On perçoit un ensoleillement fortement excédentaire de février à avril pour Saint Brieuc et Dinard (**jusqu'à 80 % d'heures de soleil en plus sur avril pour Dinard soit plus que le niveau moyen de juin ou juillet**) et sur l'ensemble des stations sur les mois de mars et avril (et également sur janvier pour les stations de l'ouest). Pour **cette période de l'année durant laquelle la lumière est a priori (avec la température) le facteur le plus limitant, ces excédents d'ensoleillement sont très impactants sur les croissances algales.**

Ces conditions d'éclairement sont donc **particulièrement favorables pour une croissance accélérée au printemps**, sur les secteurs disposant d'ulves à cette période (reconduction ou platiers), et ce d'autant plus que l'ensoleillement permet **également un réchauffement local des lames d'eau**, en particulier sur les baies peu profondes et les platiers rocheux (mares d'estran, par exemple).

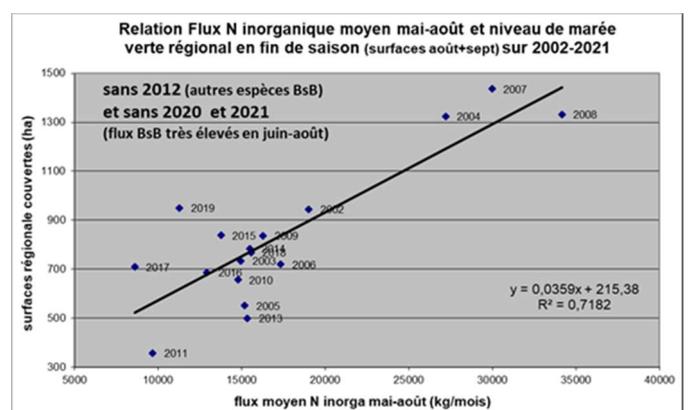
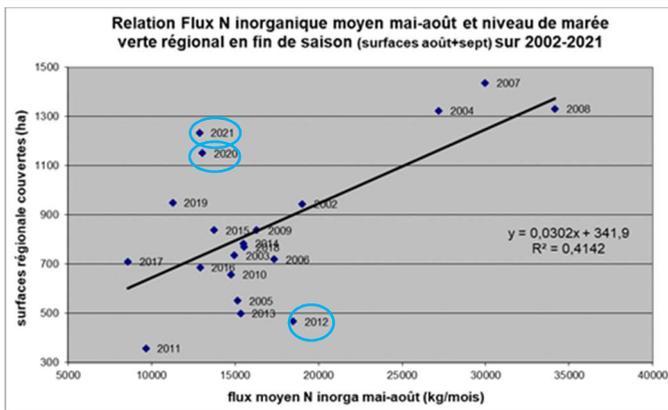
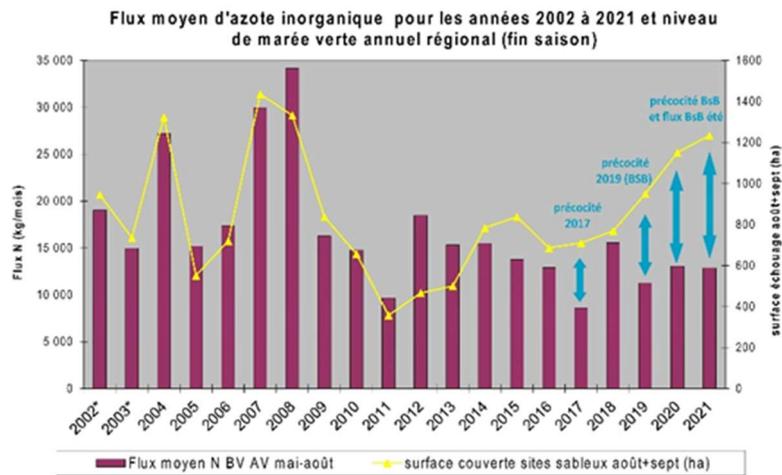


Figure 27 (a), (b) et (c) : Flux d'azote sur la période sensible (moyenne des flux de mai à août sur 8 baies du PLAV) et niveau de surfaces couvertes par les algues vertes en fin de saison (surface en août + septembre sur les plages bretonnes). Les surfaces couvertes par des algues brunes (ou rouges) filamenteuses notamment en 2011, 2012, 2013, 2015 et 2017 en baie de Saint Briec, en 2016 à 2021 sur la baie de Douarnenez et depuis 2006 sur l'est du département des Côtes d'Armor) ne sont pas comptabilisées ici.

L'année 2021 est assez illustrative des précautions à prendre pour l'interprétation des relations entre « surfaces régionales couvertes » et « flux régional » par année : les flux, **très élevés de fin juin à août sur les baies de l'Est de Côtes d'Armor** ont bien engendré des **surfaces en fin de saison importantes sur ces baies**, ce qui se voit bien en Figure 27. Sur Août + septembre ces **2 baies** représentaient **60 % des surfaces régionales** (69 % en incluant « Binic/Etables sur Mer ») quand les flux sur mai-août ne **représentent « que » 31 % du total des flux** estimés sur la Figure 27 (en incluant l'1c). En d'autres termes, les flux mai-août, par exemple de l'Horn+Guillec qui représentaient 38 % en 2021 (pour une surfaces en août + septembre de 5.5 % du total régional), ne peuvent être « responsables » des surfaces régionales se développant principalement en baie de Saint Briec et de la « Fresnaye ».

**La carte 12** présente, sur les sites de type « plage » faisant l'objet d'un suivi mensuel, le cumul annuel (7 inventaires) par site pour chacune des années de suivi depuis 2002 ce qui permet de comparer rapidement la prolifération 2021 pour chaque site aux années antérieures. **La carte 11** permet de comparer l'année 2021 à la moyenne pluriannuelle 2002-2020. Ces cartes permettent de bien illustrer que la situation « régionale » est en **réalité liée à des situations locales très différentes** :

- Certains secteurs ont été très fortement touchés en 2021 : Baie de Saint Briec (+ 75 % par rapport à 2002-2020), de la « Fresnaye » (+205%), de « Binic/Etables sur Mer » (+95 %), de « Guissény » (+75 %) et dans une moindre mesure « Horn/Guillec » (+27 %). Cela est lié, pour les baies de l'Est des Côtes d'Armor à un **démarrage très précoce** suivi d'une **prolifération très intense en lien avec des flux à partir de fin juin très supérieurs aux moyennes interannuelles**. Pour les sites de « Guissény » et du « Dossen », le facteur « précocité » ne joue pas (peu de reconduction par les stocks) mais c'est plutôt



des paramètres de **lumière très favorables dans un contexte de flux saturant** la croissance qui explique la situation.

- d'autres secteurs ont **connu une prolifération inférieure à la moyenne des années antérieures** : « **Saint Michel en Grève** » (- 28 %), « **Locquirec** » (-20 %), « **Trestel** » (-13 %) ou « **Moguéran /Coréjou** » (-28%). Ces sites ont tous connu un **démarrage très tardif en 2021**, en lien avec une **reconduction limitée**.

- enfin, certains sites ont vu une **prolifération extrêmement faible voire nulle** : **baie de la Forêt** (-94 % par rapport à 2002-2020), **Baie de Douarnenez** (-50 %), « **Brehec** » (0 ha d'ulves) , « **Lancieux** » (0 ha d'ulves). Sur ces secteurs, il semble bien que le facteur « **démarrage** » très tardif ait joué un **rôle très important**, retard qui n'a pu être compensé par une croissance suffisante dans le contexte de **flux relativement bas sur ces secteurs en 2021**. A noter la présence, en particulier sur la baie de Douarnenez, **d'autres algues filamenteuses qui attestent**, avec les ulves, d'un niveau trophique autorisant des proliférations macroalgales et qui d'une certaine mesure, peuvent brider la croissance des ulves.

Ces **réactions différenciées** des sites en fonction des caractéristiques météorologiques annuelles (précocité et soutien des flux estivaux plus ou moins forts) génèrent des **poids relatifs des sites différents** suivant les années : 2020 avait été une année de « relativement faible prolifération » sur la baie de Saint Brieuc (tardive et « relativement peu intense » qui **représentait en cumul 40 % de l'échouage régional** alors qu'en 2021, cette baie, **très fortement touchée représente 57 %** (63 % en ajoutant le site de « Binic/Etables sur Mer ») contre **48 % en moyenne 2002-2020** (53 % avec « Binic/Etables sur Mer »).

Pour expliquer les différences de réaction des différents secteurs côtiers, il convient d'analyser les **flux qui arrivent sur la période sensible** (cf. rapport P1 pour le détail par mois des flux des différents cours d'eau) de ces secteurs mais également les **caractéristiques intrinsèques de ces baies** : plus ou moins bonne conservation des algues en hiver et plus ou moins forte saturation par les flux (liée à l'importance des flux mais aussi au confinement plus ou moins important des baies). Ainsi, les **secteurs très fortement saturés par l'azote** (ex. « Horn/Guillec », cf. analyse des quotas azotés) ne sont pas affectés par une diminution légère des flux une année, voire même **verront une prolifération plus importante du fait de conditions climatiques** plus favorables quand de telles années de flux plus bas se produisent (moins de précipitation allant a priori de pair avec un temps plus calme donc moins dispersif et plus ensoleillé, conditions favorables à la croissance des algues).

Le cas de la prolifération 2014 très exceptionnelle (pas ou peu d'ulves sur une partie de la saison suite à un hiver particulièrement dispersif) avait permis de mettre en évidence, encore plus fortement, **le caractère pluri annuel des proliférations d'ulves**. Sauf « accident climatique » comme en 2014, les quantités d'ulves sont encore importantes en sortie d'hiver (mars) ce qui induit une prolifération très rapide au printemps quand les conditions de température et d'éclairement deviennent bonnes dans un **contexte nutritionnel très favorable** (les flux de nitrates apportés par les rivières sont encore soutenus au début du printemps du fait des débits demeurant élevés et les apports des mois d'hiver n'ont pas encore été consommés par le bloom printanier de phytoplancton). Ensuite, plus tard dans le printemps puis l'été, les concentrations relativement élevés des **cours d'eau entretiennent les biomasses d'ulves, malgré des débits qui diminuent**. Ces biomasses importantes qui parviennent à passer l'été, retrouvent **souvent à l'automne des conditions favorables** ce qui génère un **stockage important en début d'hiver** dont une partie se **reconduit sur le printemps suivant**.

En 2017, la **très forte reconduction des ulves présentes en fin 2016 a impliqué une prolifération très soutenue** sur la plupart des sites en juin. Ces biomasses importantes ont ensuite, suivant les secteurs, plus ou moins rapidement décliné mais il est clair que le **contrôle par les nutriments est plus délicat dans les cas tels que 2017** où les biomasses en début d'été sont considérables (besoin de peu de nutriment pour « maintenir » cette biomasse ou empêcher son effondrement trop rapide). Cela explique aussi le fait que les sites



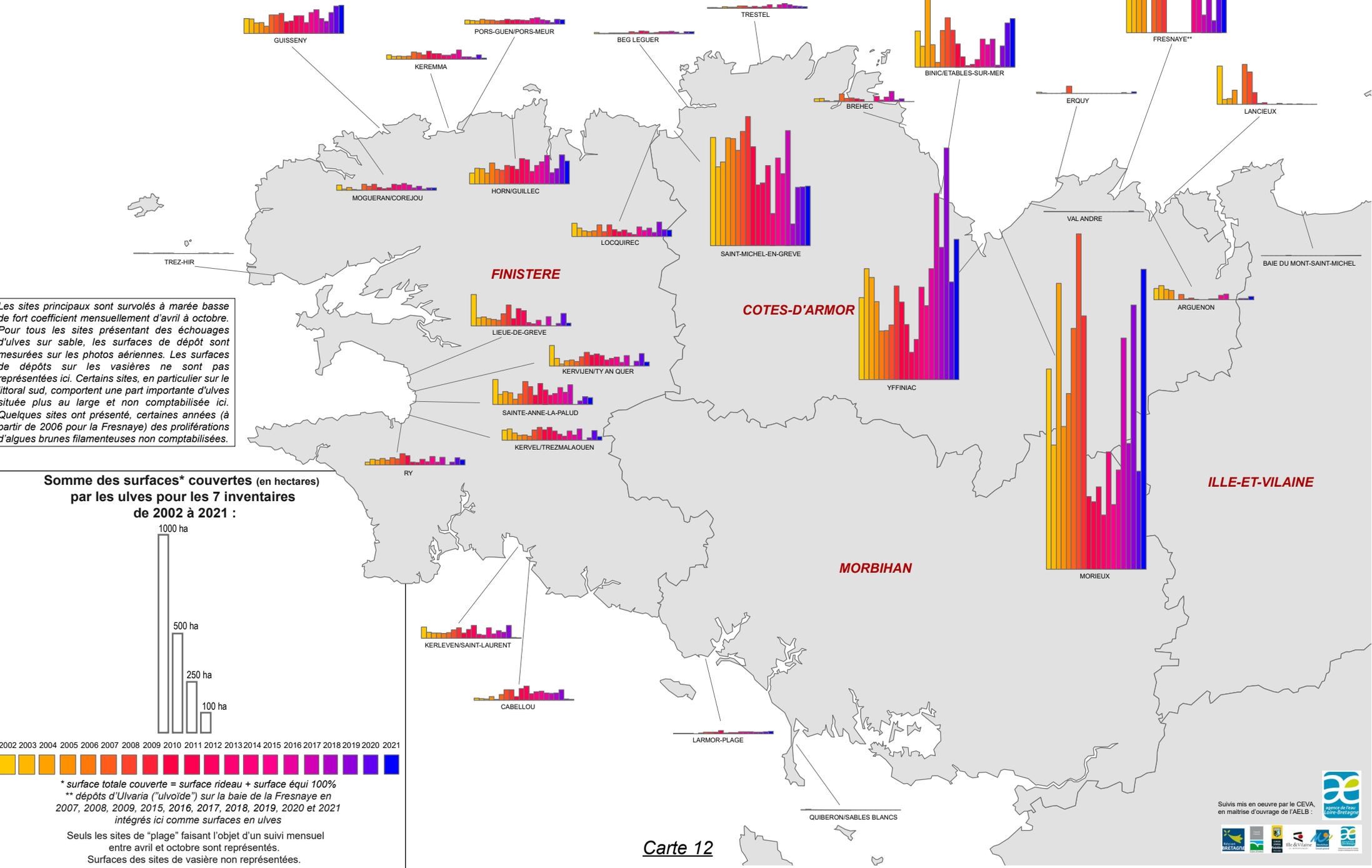
habituellement précoces (car reconduisant une partie de leur biomasse) ont été particulièrement précoces en 2017.

L'année 2019 a été particulière : sur une partie des baies la prolifération a été tardive (baie de Douarnenez ou de Saint Michel en Grève) ce qui s'explique, en partie, par des quantités d'ulves faibles (voire nulles) en fin 2018 et un hiver « suffisamment » rigoureux **pour le destockages de telles baies exposées**. La baie de Saint Brieuc, en revanche, a été très précoce du fait **de stocks en fin 2018 très élevés** (+ 50 % de surfaces par rapport à 2002-2018) et de **caractéristiques de dispersion hivernales insuffisante pour un destockage** de cette baie **vaste et peu exposée**. Après ce démarrage très précoce (surfaces en mai 3.6 fois plus élevées qu'en moyenne 2002-2018) les **flux sur cette baie ont été très élevés en juin** (+ 70 % par rapport à la moyenne de juin 2010-2018) du fait d'une pluviosité très excédentaire sur ce mois. Ces apports élevés en juin et sur la première partie de juillet ont induit un soutien de la croissance de la masse d'ulves très importante présente en début juin. **Sur 2020, la situation est à nouveau particulière** : les « grandes baies », les plus sujettes à reconductions **ont toutes été très tardives du fait d'un hiver des plus dispersif**. Mais à l'opposé, certains secteurs ont vu des **démarrages précoce et des proliférations soutenues** (par ex. « Guissény » mais également des sites du Sud Bretagne), ces sites n'étant pas soumis à reconduction par des stocks mais plutôt par des ulves d'arrachages dont la croissance a pu être précoce et rapide du fait d'un ensoleillement très excédentaire sur avril et mai.

Même si des tendances peuvent être décrites, l'analyse de la prolifération peut **donc difficilement être « régionale »**, chaque site ayant une configuration de démarrage et de flux qui lui est propre.

Les fiches de **l'annexe 6** permettent pour chaque site de visualiser en quelques photos les caractéristiques de l'année. Les histogrammes des surfaces couvertes au niveau saisonnier et annuel permettent de distinguer la part qui revient au démarrage de la saison (précocité) de ce qui est lié à la croissance estivale. Les histogrammes par mois pour chaque site (non présentés ici) permettent de mieux détailler, par site, les évolutions des couvertures.

# Variation des échouages d'ulves sur les principaux sites entre 2002 et 2021 (cumul annuel)



Carte 12



### 3.2.5. Conclusions

Au niveau régional, les suivis surfaciques des sites de plage concernés par le programme RCO (suivi renforcé) ont montré pour la saison 2021 :

- Un **démarrage au niveau régional qui apparaît « précoce »** : la surface « avril + mai » est **30 % supérieure au niveau moyen 2002-2020 et 28 fois supérieure au niveau de 2020**. Cette précocité **résulte, presque exclusivement, des couvertures très précoces sur l'Est des Côtes d'Armor** (baie de Saint Brieuc + Baie de la Fresnaye) qui **représentent 97 % de la surface régionale** (contre 53 % en moyenne 2002-2020). En complément de cette situation mesurée sur les sites sableux, il est à noter (situation rencontrée aussi en 2019 et 2020) que les **vasières du Golfe du Morbihan et de la Ria d'Étel** sont fortement couvertes d'algues vertes en avril et mai et présentent en certains points des putréfactions.
- La surface « régionale » couverte **augmente fortement en juin** (doublement) et est à cette date de 47 % supérieure au niveau moyen de juin. En juillet le niveau mesuré est identique à juin et sur la période juillet à octobre, chaque mois les **surfaces sont nettement supérieures au niveau interannuel** (en moyenne de 50 %). Ce **niveau important en été est en grande partie lié à un maintien** à un niveau élevé des couvertures sur les baies de **Saint Brieuc et de la Fresnaye** (en lien avec **des flux d'azote très soutenus** de la fin juin à septembre).
- L'ensemble de ces mesures des sites sableux régionaux **positionne l'année 2021 (avril-octobre) près de 50 % au-dessus du niveau moyen 2002-2020** et en fait la **deuxième année la plus chargée derrière 2008** et devant 2009.
- Cette **situation « régionale » résulte de situations locales très disparates**. Certains secteurs ont été très fortement touchés en 2021 : Baie de Saint Brieuc, de la « Fresnaye », de « Binic/Etables sur Mer », de « Guissény » et dans une moindre mesure l'anse du Dossen. Quand d'autres ont été moins touchés qu'en moyenne et enfin certains **secteurs n'ont pas ou peu été touchés** : baie de la Forêt, anse de « Bréhec », baie de Douarnenez (mais présence d'algues filamenteuses avec ou à la place des ulves).
- Cette situation annuelle s'explique en grande partie par des **conjonctions météorologiques très négatives : démarrage précoce sur certains des gros sites régionaux** (lien année 2020 et hiver 2020-2021 et fort ensoleillement sur janvier-avril 2021), très fortes pluies depuis le 15 juin ayant entraîné des débits, et donc des **flux d'azote très élevés en particulier sur l'est des côtes d'Armor, flux qui sont restés soutenus en juillet et août**.
- Les suivis des **surfaces d'algues vertes sur vasières** sont conduits en dehors du présent programme (cf. rapport RCS LB 2021). Les mesures réalisées ne concernent qu'un « échantillon » de 10 masses d'eau (ME), a priori les plus concernées. Sur ces ME les mesures portent **sur le niveau maximal annuel** de couverture (surface). Les mesures réalisées en 2021 montrent une évolution à la baisse (-17 %) par rapport à 2020, qui était l'année de plus forte couverture maximale mesurée. La valeur cumulée régionale sur ces 10 ME demeure tout de même au-dessus de la moyenne 2008-2020 (+35%). Ce niveau, encore élevé, est en partie lié à la FRGC39 (Golfe du Morbihan) qui, malgré une diminution de 18 % par rapport à 2020 reste nettement supérieure à la moyenne pluriannuelle (+ 66 % par rapport à 2008-2020). **Ces niveaux élevés, sur la plupart des ME peuvent probablement être en partie expliqués, comme en 2020 ou 2019, par les conditions de lumière intense en fin d'hiver** (fort ensoleillement de février à avril et plus particulièrement sur avril avec, suivant les stations météo, de 50 à 80 % d'heures de soleil de plus qu'en normale d'avril) qui permettent un accroissement précoce des biomasses, dans des conditions de flux encore soutenus.



### 3.3. Suivi d'indices d'eutrophisation

#### 3.3.1. Résultats de suivi des quotas azotés dans les différents sites

Les profils saisonniers d'évolution des quotas azotés et phosphorés des ulves, tels qu'obtenus pour les 22 stations échantillonnées pour l'azote et le phosphore, constituent par eux-mêmes les valeurs d'indicateur recherchées pour le suivi. Ces profils sont présentés dans les graphiques des Figures 29 à 50.

#### 3.3.2. Éléments d'interprétation des profils saisonniers

Pour l'ensemble des sites, on observe un profil type de variation saisonnière des quotas en azote. Ces quotas sont d'abord, d'une manière générale, **toujours élevés en tout début de saison de prolifération** (plus de 4 % de la Matière Sèche -M.S.- jusqu'aux premiers jours de mai) : cette situation est normale, résultant :

- (1) d'une disponibilité naturellement élevée des sels nutritifs à la sortie de l'hiver en tout point du littoral,
- (2) d'une demande de la croissance algale encore limitée par la température et la lumière.

Les **quotas azotés vont ensuite chuter de manière plus ou moins nette et régulière** pour atteindre un minimum annuel plus ou moins précoce (de juin à août) et plus ou moins accusé selon le site (entre 3% et 1% de la M.S) : cette diminution généralisée des quotas internes **est normale et attendue en période estivale** car elle correspond à **l'augmentation naturelle des besoins** de la croissance des algues (photopériode, température) dans un contexte de **raréfaction de la ressource nutritive** en mer (consommation par le bloom phytoplanctonique côtier et baisse saisonnière du flux d'azote pénétrant dans les baies). A partir de la **fin août, les quotas azotés augmentent rapidement** pour atteindre, dès la fin septembre, des valeurs hivernales de plus de 4 % de la matière sèche, en relation essentiellement avec **la diminution normale des besoins** en sels nutritifs des algues (baisse progressive de la croissance en relation avec celles de la lumière et de la température) ainsi qu'avec le **début de reminéralisation en mer** de la production phytoplanctonique de l'été puis, plus tard en saison, **la reprise des écoulements des cours d'eau**.

Ce qui variera d'un site à l'autre, c'est la **précocité, l'amplitude et la durée de la baisse estivale** des quotas azotés des ulves. En milieu **non eutrophisé**, ce minimum estival est normalement **précoce** (début mai) **et accusé** (proche du quota de subsistance), témoignant de la **limitation naturelle sévère par les flux d'azote** qui s'applique normalement à la croissance des algues. L'eutrophisation d'un site est liée à un **retard et à un affaiblissement de cet effet limitant naturel** (par la persistance de flux qui permettent aux algues de poursuivre leur phase de croissance dans des conditions saisonnières de lumière et de température de plus en plus favorables). La nature géologique du sous-sol et le type d'occupation des sols du bassin versant peuvent jouer un **rôle aggravant dans les modalités saisonnières** de restitution des pluviosités hivernales et de transfert de l'azote vers le site à marées vertes.

Le **degré d'eutrophisation** d'un site (ainsi matérialisé par un profil saisonnier de quotas azotés de ses ulves) pourra donc être **caractérisé par l'importance de ces retards saisonniers et affaiblissements estivaux** de l'effet limitant naturel de l'azote sur la croissance des algues (évolution des quotas de Q0N vers Q1N, puis au-delà...). L'état de saturation (et sursaturation) progressive de cette croissance par le flux d'azote sera par ailleurs un élément important de la **résistance potentielle d'un site aux mesures préventives**.

Les niveaux et tendances saisonnières globales des quotas azotés sont guidés, pour chaque site, par l'évolution, elle aussi saisonnière, des flux d'azote à l'estuaire. Mais il est aussi possible d'observer parfois, dans un site ou dans un autre, des **pics dans la composition azotée des ulves prélevées**, impossibles à mettre en relation directe avec une baisse momentanée de lumière (contrôlant la croissance et l'utilisation de l'azote interne), comme avec une augmentation ponctuelle de flux d'azote. Il est possible de considérer deux hypothèses principales pour expliquer ces pics de quotas azotés :



- (1) celle d'une **alimentation momentanée en azote** de la marée verte par d'autres sources que les rivières débouchant dans la baie (en particulier **relargage de nutriments azotés par le sédiment**) ;
- (2) celle, beaucoup plus probable, d'invasion de la plage par des ulves à contenu interne plus élevé car **venant de stocks infra littoraux à croissance plus lente** sous faible luminosité. Des **différences de densité dans le rideau** même (source d'auto-ombrage) pourraient aussi participer à ces irrégularités de composition, en particulier à St Michel en Grève où il a été montré sur plusieurs années qu'un pic d'azote interrompait souvent vers juin la descente saisonnière des quotas, en relation avec l'existence d'un rideau particulièrement épais.

En définitive, l'indicateur nutritionnel de croissance des algues (par leur composition chimique), proposé comme base de suivi pour l'évolution pluriannuelle de l'eutrophisation, doit avoir une signification plus large, intégrant deux aspects du niveau d'eutrophisation du site qui évoluent dans le même sens :

- d'une part, **la saturation de la croissance des algues** par les flux d'azote et,
- d'autre part, les **quantités d'algues stockées** dans le site, en particulier dans l'infralittoral et dans le rideau, qui engendrent un auto-ombrage favorable au maintien de quotas élevés.

Un troisième facteur contrôlant la lumière pourrait intervenir sur le long terme : la **turbidité des eaux côtières**, mais nous n'avons actuellement pas de suivi de ce paramètre.

Quoiqu'il en soit, ces « algues d'ombre » à quotas azotés élevés sont en position de convertir rapidement ces quotas internes en croissance si elles accèdent au cours de la saison à de meilleures conditions de lumière (remontée des algues, dispersion du rideau, diminution de turbidité). Ainsi, ce sont des évolutions à court terme de ces conditions de lumière pour la croissance des algues qui sont probablement à l'origine principale des irrégularités enregistrées dans l'ensemble des profils saisonniers de quotas azotés des sites suivis.

Les évolutions de **quotas phosphorés** obéissent en partie aux règles environnementales générales qui gouvernent les profils de quotas azotés, expliquant notamment un passage plus ou moins marqué par un **minimum de teneur interne en saison de croissance**. Les deux paramètres QN et QP pourront aussi présenter des **oscillations parallèles au gré de variations court terme** de la disponibilité de lumière pour la croissance des algues : les quotas phosphorés vont comme les quotas azotés intégrer les variations récentes de luminosité extérieure, les facteurs profondeur et densité de la biomasse.... Les différences de comportement saisonnier de QN et QP seront plutôt à mettre en relation avec la nature des sources pour les deux éléments. Le phosphore utilisé par les ulves en période potentielle de limitation est, en effet, **largement d'origine sédimentaire** et la progression des températures estivales va, d'une manière générale, **favoriser son flux de relargage**. Il peut en résulter des **remontées très fortes de quotas phosphorés** des ulves en fin de **saison estivale**, et des **minima précoces, au mois de mai**, en situation de flux terrigènes déclinant fortement et de températures encore proches des températures hivernales. D'autre part, les quotas phosphorés, plus que les quotas azotés, pourront être sensibles aux **épisodes pluviométriques intenses**, lesquels sont capables d'entraîner vers la mer des quantités de phosphore biodisponibles lié au particulaire, et d'engendrer **des pics de phosphore dans les tissus des ulves**.



### 3.3.3. Résultats

Les profils saisonniers de composition interne des ulves prélevées dans les différents sites sont présentés Figures 29 à 50 pour l'azote et le phosphore.

#### *Caractéristiques de l'année 2021 :*

**Les flux sur l'année hydrologique 2021 sont très hétérogènes** selon les territoires et selon les périodes dans l'année. **Sur la moyenne des exutoires** pris en compte au niveau régional, **l'année 2021 présente un excédent par rapport à la situation pluriannuelle** (+ 20 % par rapport à 2010-2020 et +10 % par rapport à 2002-2020). Ces excédents régionaux sont surtout lié à **des apports importants en période automne/hiver** (surtout sur octobre 2020, décembre et janvier et plus proches des moyennes mais encore excédentaire sur février) ; les flux devenant déficitaires en mars (-37 % par rapport à la moyenne) jusqu'en juin (très peu de précipitations à partir de février). En revanche, sur la période la **plus « critique » pour les proliférations, les flux ont été inférieurs à la moyenne pluriannuelle** pour la moyenne des cours d'eau pris en référence (-24 % par rapport à 2010-2020). Cela est lié à des flux en mars à juin inférieurs aux moyennes qui ne sont pas contrebalancés par des flux « moyens » ou **légèrement excédentaires en juillet – août**. Ce niveau « régional estimé » masque des **réalités locales très contrastées**. Ainsi, sur la **période « sensible » les flux sont-ils très excédentaires** (Figure 25) sur **l'est des Côtes d'Armor** (+ 75 % et + 25 % sur le Frémur et la baie de Saint-Brieuc et même + 175 et + 75 % si l'on se concentre sur la période « cruciale » juin-août) quand les cours **d'eau plus à l'ouest montrent des situations de déficit de flux** (de - 15 % sur le Yar à - 35 % sur le Kerharo pour mai-août).

**L'annexe 8 présente le flux régional**, par mois et sur la période sensible ainsi que le **détail par site**. Ces différences **saisonniers et territoriales** sont liées à des contextes géologiques différents (qui conditionnent les étiages) mais aussi à des distributions des **pluies qui ont été, encore en 2021, très inégales** (orageuses en particulier sur juin-juillet) : on peut relever en particulier des pluies qui ont été excédentaires sur juin (station des Côtes d'Armor avec des excédents de 108 et 123 % sur Saint Brieuc et Dinard) et encore en juillet (de 25 à 40 % sauf Ploumanac'h qui serait à seulement 12 % d'excédent). Les fortes variabilités de pluviosité sont liées à des **phénomènes d'orage** entre mi-juin et mi-juillet (Figure 24), très inégalement réparties, avec notamment des pluies **très excédentaires sur l'est des Côtes d'Armor** (entre le 15 juin et le 13 juillet, la station de Dinard enregistrait **166 mn de pluie contre une normale de juin et de juillet de 49 mn soit des quantités de pluie 3.4 fois plus importantes que la normale** ; situation quasiment identique sur la station de Saint Brieuc alors que sur les stations de l'ouest Bretagne l'excédent n'était que de 75 à 80 %).

Concernant les **conditions climatiques** (annexe 7), le rayonnement global enregistré à Saint-Cast-le-Guildo (pris comme indicateur du niveau « moyen régional ») est **très légèrement supérieur à la normale sur l'année** (1222 J/cm<sup>2</sup> contre 1179 sur 2002-2020) **mais conforme à la normale sur avril-septembre** (1805 J/cm<sup>2</sup> contre 1810 sur 2002-2020). Tout comme cela était décrit pour les précipitations, cette valeur annuelle « assez moyenne » est en réalité liée à **des fortes hétérogénéités** : le **rayonnement est supérieur aux normales sur mars jusqu'à la mi-mai puis fortement déficitaire sur la période mi-juin à mi-juillet** (période principale des orages) et à nouveau sur la fin juillet –début août. Sur mars à mai, **certaines semaines présentaient des excédents de 30 à plus de 40 %** (27 % sur les 4 semaines de mars soit 1200 J/cm<sup>2</sup> en moyenne contre 945 pour la normale) ce qui est **encore le cas en avril** (+ 21 % par rapport à la normale). Sur cette période « habituellement sombre » de l'année cet excédent de **rayonnement est très certainement très favorable à la croissance des ulves** (effet lumière et aussi réchauffement de l'eau). Les données en nombre d'heures d'ensoleillement proposées par Météo France (Figure 28) permettent de retrouver les tendances proposées ci-dessus sur la station de Saint-Cast-le-Guildo et de « régionaliser » le constat local. On y perçoit **nettement et en encore plus accentué les anomalies positives du début de printemps** (avec des écarts, en nombre d'heures de soleil, entre 20 et 40 % sur le mois de mars et entre 50 et 80 % sur avril). Les différences entre la mesure du rayonnement et du « nombre d'heures de soleil » est lié au seuillage en « heure de soleil » que l'on



ne retrouve pas avec les données en rayonnement global, non nul même en cas d'ennuage important (ex. du 26 mai avec 0 h de soleil mais plus de 1000 J/cm<sup>2</sup>).

Pour ce qui est du vent (détail annexe 7), les enregistrements des moyennes hebdomadaires des vitesses maximales journalières (issues de moyennes sur 10 minutes) permettent de distinguer le mois de **mai avec du vent soutenu sur trois semaines consécutives**, ce qui probablement a pu éloigner les algues des estrans les plus exposés et les moins vastes. C'est également le cas **en début juillet** (période plus courte) puis **fin juillet et début août** à nouveau. Sur le **début octobre plusieurs jours de vent** au-dessus de 10 m/s peuvent impliquer une dispersion des ulves. Ces différents « petits coups de vent » peuvent avoir un impact sur les dépôts perçus lors des vols quelques jours plus tard (dispersion à quelques centaines de mètres puis retour en baie lors de conditions redevenant plus calmes).

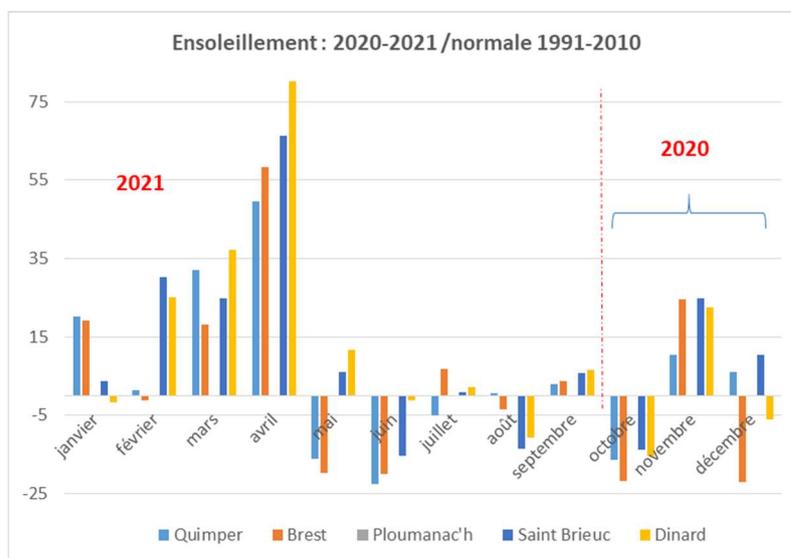


Figure 28 : ensoleillement sur les stations Météo France suivies sur la fin 2020 (octobre-décembre) et le début 2021 (janvier-septembre)

### Analyse de l'évolution des quotas :

Depuis 2008 s'est ajouté au suivi des quotas azotés, le suivi des quotas phosphorés permettant d'avoir une vue complète de l'évolution saisonnière de l'environnement nutritionnel des ulves sur chacun des sites bretons suivis. En 2012 a également été initié le suivi des quotas azotés et phosphorés pour *Pylaiella littoralis* présent en baie de la Fresnaye depuis 2006 et qui a été récurrent en baie de Saint-Brieuc de 2011 à 2014 avec une présence plus ou moins importante selon les années puis en baie de Douarnenez à partir de 2016.

#### ➤ Sites de vasières

D'après les mesures des années précédentes, les algues se développant sur les sites de vasières sont généralement limitées par le phosphore en début de saison. Pour rappel, le relargage du phosphore provenant du sédiment **augmenterait avec l'élévation de la température** (cf. rapport IMPRO, axe 2 et des valeurs sur le Lédano qui passent de 0.4 à 3.9  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{h}^{-1}$  entre avril et juillet). En début de saison, la température n'étant pas optimale, les apports phosphorés sédimentaires ne parviendraient pas à satisfaire les besoins nutritionnels des ulves. Une limitation par l'azote peut ensuite intervenir durant la saison estivale selon les sites. Outre la disponibilité des nutriments, la **turbidité est un des facteurs pouvant limiter la croissance** des algues, notamment sur les sites de vasière. La présence d'autres algues telles que les algues vertes filamenteuses (très présentes en vasières) peut également induire une compétition pour les nutriments et gêner la croissance des ulves.

Pour l'estuaire de la Rance – Saint-Jouan-des Guérets (Figure 29), les ulves étaient souvent nettement minoritaires sur les algues vertes filamenteuses (le site n'a été classé pour les « ulves » que sur l'inventaire de



septembre) mais il a toutefois été possible de faire des prélèvements sur la plupart des dates prévues, ce qui n'avait pas été le cas en 2020. On ne peut parler d'une réelle prolifération des ulves (du moins pas sur toute la saison) ; la pertinence de l'indicateur nutritionnel basé sur les ulves pourrait, en ce genre de configuration, être moindre. L'indice d'eutrophisation par l'azote est sous seuil Q1N de limitation (2%) depuis le premier prélèvement et les contenus internes ne deviennent supérieurs au seuil qu'en septembre (valeur le 1<sup>er</sup> septembre de 3.2 %). Cela est assez cohérent avec la faible présence d'ulves et des **flux d'azote bas en début de saison et qui deviennent élevés à partir de fin juin** (mesurés sur le Frémur voisin, probablement indicateur aussi du niveau d'apport local sur la Rance). Sur ce point de prélèvement, on note que les teneurs en phosphore, basses en début de saison augmentent régulièrement pour être, dès le mois de juillet, au-dessus de la valeur de limitation.

Sur le secteur de Keridaouen (Figure 40)  **dans l'Aber Wrac'h**, le phosphore est en position de limitation (légère) sur l'ensemble des mesures. La limitation semble cependant, pour chaque date, très légère (plusieurs points sont « au niveau » du début de limitation théorique), la valeur la plus basse mesurée étant en début de saison (mi-mai, 0.09 %). Ce relativement faible niveau en phosphore avait déjà été relevé les années antérieures et semble être lié à **des fournitures locales sédimentaires** peu élevées sur l'anse de Kéridaouen (les données du programme IMPRO montrent des fournitures sédimentaires environ deux fois plus faibles que la moyenne des mesures réalisées sur les vasières bretonnes). Pour ce qui est de l'azote, les teneurs dans les tissus sont nettement **au-dessus des limitations** jusqu'au prélèvement de la fin juin. Les teneurs internes indiquent ensuite une légère limitation en fin juillet puis en début septembre. Cette limitation de fin de saison peut être reliée avec **des flux sur ce secteur côtiers qui sont inférieurs aux moyennes pluriannuelles** en 2021 (- 20 à - 25 % sur juillet à septembre, sur la base flux du Quillimadec dont les débits sont bien corrélés à ceux de l'Aber Wrac'h).

Sur la **vasière du Quélisoy** (Figure 46), en rade de Lorient, les teneurs en azote sont restées élevées durant toute la saison, autour de 3.5 % de N pour la plupart des dates (seul un prélèvement, fin mai, est légèrement inférieur à 3 %). Les teneurs sont donc nettement plus élevées qu'en 2020, probablement en lien avec des flux azotés plus élevés. En 2020, les teneurs les plus basses correspondaient à des flux bas et un ensoleillement particulièrement intense durant deux semaines, en fin juillet. Sur ce site, les teneurs internes élevées peuvent aussi être expliquées par **une charge en ulves importante** dès le mois de juin (effet d'auto-ombrage de la biomasse et même mi-juin des figures de putréfaction signe d'anoxie du milieu). A l'exception d'un prélèvement légèrement sous la limitation (le 25 mai), les teneurs en phosphore sont restées, elles aussi, sur l'ensemble de la saison **au-dessus du seuil de limitation** avec un accroissement régulier sur la saison de prolifération ce qui peut s'expliquer par un relargage qui augmente avec la température et l'anoxie (liée à la présence des ulves). A noter que les mesures de relargage sédimentaire (programme IMPRO) montraient pour ce secteur les **valeurs de relargage les plus élevées** (pour la médiane des mesures) et près de deux fois plus élevées que sur la moyenne des prélèvements en Bretagne.

Les teneurs en azote sur **Arcal** (Figure 47) sont **élevées en mai**, descendent rapidement sur juin pour être à leur **minimum le 28 juin à un niveau nettement limitant** (1.25 %). Cela est en accord avec des flux probablement bas sur juin (les débits estimés sur le Loc'h sont depuis mars et jusqu'en juin de -36 à -47 % inférieurs aux normales selon les mois) et un **éclaircissement** (donc croissance des ulves) **fort jusqu'au 15 juin** (base données météo France sur la station de Lorient). La remontée des quotas azotés en juillet est bien en ligne avec des **flux en forte augmentation** (les débits, base station du Loc'h, de fortement déficitaires en juin passent en nettement excédentaires en juillet : - 40 à +40 % des valeurs mensuelles normales). Malgré des flux a priori toujours excédentaires (base débits du Loc'h) les teneurs internes en azote fléchissent légèrement en fin juillet/début août probablement à la faveur d'un éclaircissement intense à partir du 15 juillet. La remontée en août puis septembre peut être liée à des **flux restés élevés** et une **charge du site** plus importante (auto-ombrage). Pour ce qui est des teneurs en phosphore, elles présentent un profil assez classique avec des valeurs relativement **basse en début de saison** (fin avril ; températures de l'eau encore basses) et une montée régulière jusqu'en septembre. Pour le point sur le site de **Séné** (Figure 48) les profils sont assez semblables à



Arcal, mais les **teneurs internes en azote sont à des niveaux plus élevés et au-dessus des seuils** de limitation. Cela est probablement lié à des **sources d'alimentation plus locales et à la courantologie**. On note aussi des teneurs de relargage de  $\text{NH}_4$  par le sédiment (rapport IMPRO) qui sont environ 4 fois plus élevées que pour le site voisin d'Arcal et que le niveau moyen régional. Cette fourniture additionnelle par le sédiment peut s'expliquer par des apports locaux plus élevés, par des courants résiduels plus faibles ou favorisant la sédimentation (teneurs mesurées en NT par IMPRO dans le sédiment deux fois plus élevées que pour Arcal) et par la présence de biomasses importantes régulièrement (augmentation des teneurs sédimentaires et des conditions de relargage du fait de l'anoxie générée).



### ➤ Sites de plage

Les résultats obtenus d'après les années précédentes montrent que les **profils nutritionnels obtenus sont très variables en fonction des sites** et que différents cas de figures peuvent se présenter en termes d'évolution de quotas en relation avec les paramètres environnementaux et l'intensité de prolifération algale.

La baie de la « **Fresnaye** », a connu la prolifération d'*Ulvaria obscura* (algue verte en lame, d'aspect très proche des ulves) la plus intense depuis le début des mesures en 2002. En mai, les surfaces mesurées sont 160 % plus élevées qu'en moyenne 2002-2020, culminent en juin (185 ha et 280 % de plus qu'en moyenne) et restent très élevées jusqu'en octobre (240 % de plus qu'en moyenne 2002-2020). La prolifération y a donc été à la fois précoce et très soutenue toute la saison. On note aussi que les *Ulvaria* sont restées très présentes en 2021 jusqu'en fin de saison alors que les années précédentes, les autres algues filamenteuses (*Ectocarpales*, *Polysiphonia*) étaient très présentes, voire seules présentes certaines années. L'analyse des flux du Frémur montre des apports qui deviennent importants en juin (à partir du 18 juin) pour être très élevés en juillet (500 % de plus que la moyenne du flux de juillet 2010-2020) et le rester jusqu'en septembre (+ 130 à + 170 % de plus que la moyenne). Pour l'*Ulvaria*, la Figure 30 présente en plus des valeurs acquises dans le cadre du RCO Bretagne, les valeurs de 3 dates additionnelles (teneurs des algues prélevées pour le programme CIMAV P3 d'écophysologie). La courbe montre bien la descente rapide (en partant de 5.5 %, valeur rarement rencontrée) et jusqu'à une valeur le 13/06, légèrement limitante (1.77 % d'azote). **Cela est particulièrement bien en ligne avec des flux d'azote devenant au fil des mois extrêmement bas** (estimés sur le Frémur autour de 35 kg/j le 14, 15 et 16/06 soit 3 fois moins que la moyenne 2010-2020 de juin). A partir de ce point « minimum » de quotas N les **valeurs remontent brusquement** (2.48 % le 24/06 puis 3.38 % le 28/06 et 3.25 % le 15/07) ce qui, là aussi, est **très concordant avec une remontée brutale, en quelques jours des flux du Frémur** (à plus de 200 kg/j le 18/06, 500 kg/j le 26/06, et ponctuellement 1700 kg/j le 8/07). La légère inflexion de la courbe le 18/08 est assez en accord avec une descente des flux (75 kg/j en moyenne sur les 10 jours précédents), même si le niveau élevé peut être relié à des biomasses importantes (surfaces 4 fois plus élevées qu'en moyenne 2002-2020 en août). **L'analyse des quotas azoté** (quasiment pas de limitation) **permet donc de bien montrer que les surfaces très élevées mesurées en 2021 sur cette baie sont donc bien liées à des apports très élevés de flux de nitrates** aux périodes où cet élément manque habituellement à la croissance des algues. A noter que pour l'*Ulvaria*, **le seuil de limitation par l'azote pourrait être plus élevés** que dans le cas des *Ulves* (donc limitation possible sur mai et début juin malgré des niveaux supérieurs au Q1N des ulves). Pour ce qui est du **phosphore**, il n'a pas été limitant durant l'ensemble de la prolifération, ce qui est assez habituel (sauf ponctuellement certaines années en début de printemps) et ses **teneurs deviennent très élevées à la mi-juillet** jusqu'en début septembre, ce qui peut être lié à son relargage plus important quand les températures sont élevées et en situation d'anoxie.

La **figure 30** présente aussi les valeurs relevées sur le *Pylaiella littoralis* (*Ectocarpale*). La prolifération de cette algue ayant été peu soutenue, ces courbes sont probablement moins pertinentes que d'autres années. La valeur minimale est atteinte à la même date que pour l'*Ulvaria*, puis la courbe remonte comme c'était aussi le cas de l'*Ulvaria* et rediminue de façon assez semblable à celle de l'*Ulvaria*. On relève que les **deux courbes des teneurs en N et P fluctuent de façon parallèle** ce qui peut être relié à des conditions de croissances plus ou moins favorables (lumière, densité de biomasse... flux). Le **niveau relatif du phosphore est plus élevé** comme c'était le cas pour l'*Ulvaria*. Le nombre de prélèvement plus faible ne permet pas de décrire la saison de façon aussi précise que dans le cas de l'*Ulvaria* (en particulier pour la fin de saison pour laquelle on ne peut observer la remontée des valeurs que montrait l'*Ulvaria*) mais les deux algues montrent des résultats comparables.

En **baie de Saint-Brieuc**, la prolifération d'ulves a été **extrêmement précoce et soutenue** durant toute la saison : les surfaces sont en avril, déjà 120 % plus élevées qu'en moyenne pluriannuelle ce qui est encore le



cas sur mai (125 %) et en juin (+ 80 %) puis sur les mois de juillet à octobre (chaque mois de 30 à 80 % de plus). Concernant les flux d'azote inorganiques dissous, comme pour la Fresnaye, ils étaient **bas jusqu'à la mi-juin** (environ 500 kg/j soit environ 60 % de moins que le flux moyen de juin) et **sont multipliés par 10** le 21/06 (5 000 kg/j) pour s'établir **autour de 2 000 kg/j fin juin et demeurer à 1 500 kg/j en moyenne sur juillet** (soit 230 % de plus que le flux moyen de juillet ; 100 % de plus sur août). La **figure 31** propose les teneurs en N et P des ulves mais aussi pour quelques dates pour les *Pylaiella littoralis* (*Ectocarpale*). Comme dans le cas de la baie de la Fresnaye, **des prélèvements dans le cadre du programme Cimav P3** (écophysiologie) ont été ajoutés à la courbe **afin d'en préciser l'évolution**. Cette densification montre bien, surtout pour une année comme 2021 **l'intérêt de cette fréquence plus élevée** (figure 31 b présente les seuls prélèvements RCO ; qui sont bien confortés et appuyés par les mesures complémentaires Cimav P3). Les teneurs, à partir d'une valeur élevée à la fin avril ont **rapidement chuté pour devenir limitantes probablement à la fin mai** (le 02/06 les teneurs ont été mesurées à 1.73 %) et être à leur **minimum annuel le 13/06** (1 % = niveau d'arrêt de la croissance). Les flux à la **mi-juin sont très bas pour la période, autour de 500 kg/j** (somme des 3 cours d'eau Gouet Urne et Gouessant). Le 21 juin, les teneurs sont déjà remontées à 1.8 %, niveau de « légère limitation » pour monter à 2.6 % (le 24/06) et même 3.3 % (29/06) à **une période où les flux sont redevenus très supérieurs aux moyennes** (environ 2 000 kg/j fin juin et même 5 000 le 21/06). Les teneurs seraient à nouveau **légèrement limitantes à partir du 20 juillet** (1.45 % le 22/07) mais sans l'être autant qu'à la mi-juin. Cette descente assez prononcée **intervient sur une période de probable très forte croissance** (14 h de soleil par jour sur la station Météo France de Saint Briec du 16 au 22 juillet). Du 20 juillet à la fin août, les flux, quoique supérieurs au niveau moyen pluriannuel 2010-2020, **sont autour de 675 kg/j donc à un niveau qui peut expliquer une légère limitation** à cette période de l'année. La courbe des **teneurs en phosphore montre encore en 2021 que cet élément n'a pas été limitant sur la saison** : en mai et début juin les ulves approche le Q1P ce qui est aussi le cas à la mi-juillet (cf. plus haut très fort ensoleillement donc forte croissance potentielle). Sur les mois d'août puis septembre, comme c'est le cas tous les ans, les teneurs montent de façon significative et sont alors loin des seuils de limitation (effet de relargage de cet élément).

Les courbes pour le *Pylaiella*, comme c'est souvent le cas montrent des évolutions assez parallèles (surtout en début de saison jusqu'en fin juin mais se **positionnent plus haut que les courbes des Ulves**. On note, à la même période une diminution marquée des teneurs en azote et un **minimum atteint le 13 juin**, comme pour les *Ulves* (mais à un niveau beaucoup plus élevé). Etant donnée la faible prolifération de ces algues en 2021, les niveaux mesurés sont moins significatifs que celui des *Ulves*. C'est surtout le cas pour le dernier prélèvement d'août (l'opérateur note « vraiment limite pour faire une boulette d'à peine 10g ! ») ce qui peut aussi expliquer la valeur « anormalement basse ».

En 2021, l'analyse des teneurs en azote (et phosphore) des ulves montre bien que la prolifération, **très intense, est bien liée aux flux qui à partir de la mi-juin, sont devenus très élevés**. C'est cela aussi qui explique que les *Ulves* se sont maintenues jusqu'en octobre sans laisser la place aux autres algues filamenteuses qui, ces dernières années avaient tendance à s'imposer, en particulier en contexte de flux bas.

L'anse de « **Binic/Etables su Mer** », contrairement à la baie de Saint Briec a eu un **démarrage tardif en 2021** (le démarrage est très erratique sur cette baie, d'après les suivis des années antérieures). Mais à **partir de juillet, la prolifération est intense et supérieure au niveau pluriannuel** (+ 50 %) et le reste jusqu'en octobre (+ 100 % en août, + 90 % en septembre et + 360 % en octobre ; niveau jamais atteint pour ce mois). Comme c'était le cas sur la baie de Saint Briec, **les flux de 2021 de l'Ic étaient faibles jusqu'au 16 juin** puis remontent fortement (de moins de 200 kg/j le 16 à 1 300 kg/j le 21 juin pour s'établir autour de 400 en fin juin et rester en moyenne à 260 kg/j en juillet soit 44 % de plus que sur juillet 2010-2020). Les courbes des quotas (**Figure 32**) montrent des valeurs basses en début de saison pour l'azote et le phosphore, ce qui est en lien, pour l'azote avec **peu de présence d'algues** (donc ambiance très lumineuse et grosse croissance) et des **flux alors bas**. Les teneurs en azote remontent brutalement jusqu'à 3.2 % (« ulves bien vertes » relève l'opérateur) lors du prélèvement du 24/06 ce qui est **concordant avec la brusque montée des flux depuis le 16/06**. En mi-juillet



les teneurs baissent mais restent à un niveau relativement peu limitant (1.5 %) alors que les flux de l'Ic sont redescendus depuis le 13 juillet sous les 275 kg/j. Le minimum relevé pour les teneurs en azote est le 12/08 avec 1.2 % ce qui est assez cohérent avec des flux depuis le 8/08 en baisse régulière (sous les 180 kg/j). **Les mesures réalisées en 2021 sont donc bien cohérentes avec l'évolution des flux de nitrates** et montrent, comme les années précédentes, une « **co-limitation** » par le **phosphore** qui pourrait être liée à des sédiments pauvres en P et des conditions de croissance très rapide sur cette baie.

**Sur l'anse de « Bréhec »**, comme en 2020, **aucune prolifération n'a été perçue ni en aérien ni lors de tournées** de terrain (donc aucun prélèvement possible ; quantités insuffisantes et non significatives). Sur ce site, le démarrage de la prolifération est en général très précoce mais certaines années ne présentent aucune prolifération (hypothèse, depuis de nombreuses années émise, d'un lien avec la « grande baie de Saint Brieuc » pour l'amorçage de ce site).

Sur l'anse de « Trestel » la prolifération a été tardive (surfaces inférieures aux moyennes jusqu'en juillet) puis relativement soutenue sur août et septembre. Les teneurs en azote (**Figure 34**) ne sont pas limitantes jusqu'en mi-juillet **donc la faible présence d'ulves n'est pas en lien avec la richesse du milieu en azote**. L'hypothèse de la **dispersion par les conditions de vent** du mois de mai semble assez probable. A partir de la **fin juillet le paramètre azote est très légèrement limitant** (mais ne briderait que très peu la croissance à ce niveau). On note sur ce site une **limitation par le phosphore qui est plus forte** que pour l'azote sur la première partie de la saison (mais limitation peu prononcée, excepté le 16/07 avec 0.07 % de P, ce qui peut être lié à des conditions de croissance très favorables, mais nous n'avons pas d'informations pour l'attester). Ensuite comme sur beaucoup de baie (mais à un niveau moins prononcé) on voit les teneurs en P remonter à partir de la fin juillet (lien probable avec le relargage facilité par la température et l'anoxie).

**Sur la baie de Saint-Michel-en-Grève**, la prolifération a été, à l'image de la saison précédente, **très tardive** (lien avec une agitation relativement élevée, suffisante pour déstocker ce site et de conditions dispersives sur le mois de mai 2021 qui ont pu contrarier l'arrivée des algues sur la zone d'estran, zone la plus favorable à leur croissance rapide). Entre le vol du 12 juin (quasi absence d'échouage, surface 97 % inférieure aux moyennes) et le 14 juillet, les surfaces ont explosé (multipliées par 50 et environ 50 % au-dessus de la moyenne pluriannuelle). **Elles sont restées importantes en août pour devenir conformes en septembre et déficitaires en octobre**. Les flux d'azote, plutôt bas en avril et mai (-16 % et -23 % par rapport aux moyennes 2010-2020), restent inférieurs à la moyenne sur le mois de juin (mais passent, pour la part mesurée sur le Yar, de moins de 140 kg/j le 20 juin à 250 et 200 les 21 et 22 juin). En juillet puis août les flux sont conformes à la moyenne 2010-2020 (130 puis 110 kg/j sur le Yar). La **Figure 35** montre le 12/06 des teneurs encore **très élevées des ulves en azote**, probablement du fait de leur arrivée récente de l'infralittoral, où la croissance est lente, bridée par la lumière (très peu d'Ulves encore à cette date). La descente **des quotas N est ensuite rapide et le Q1N est atteint le 18/07**. La période de l'explosion de la biomasse (facteur 50 entre le 12/06 et le 14/07) s'est donc **manifestement produite sans limitation par l'azote**. Le 28/07 l'azote **est plus franchement limitant** (1.6 % avec des flux du Yar autour de 130 kg/j) et le **minimum annuel est atteint le 25/08** (1.46 % niveau bas pour ce site et période durant laquelle les flux du Yar sont bas, à moins de 100 kg/j). A noter que le point de prélèvement (le même secteur tous les ans, sous réserve de présence d'algues au point prévu) au droit de la filière du Yar peut expliquer des teneurs rarement très basses sur ce site, quand un point plus à l'ouest de la baie (Beg Douar) pourrait donner des résultats proches mais à un niveau systématiquement inférieur. La valeur un peu plus élevée au 15/08 peut s'expliquer par **des conditions de moindre croissance** (effet de la biomasse présente, d'arrivée d'algues de l'infralittoral, période peu lumineuse). Pour ce qui est de **l'indice phosphoré, la légère limitation en juin et juillet** pourrait être liée à la croissance très soutenue à cette période et des fournitures sédimentaires qui ne permettent pas de la satisfaire totalement. La forte remontée en août est classique et en lien avec une diminution des besoins de croissance et un relargage plus intense à cette période. Le passage en fin de saison sous le Q1P (légèrement) est plus difficile à interpréter mais semble suggérer des apports sédimentaires peu soutenus.



Sur l'**Anse de Locquirec**, la prolifération d'ulves a été tardive (fortement inférieures aux moyennes jusqu'en juin, légèrement inférieure en juillet pour devenir supérieure de 20 % puis 35 % en août et septembre). La **Figure 36** montre des teneurs en azote qui sont restées durant toute la saison au-dessus des seuils de limitation de croissance. Cet élément n'a donc pas limité la croissance des ulves ; l'absence d'ulves (ou la faible présence) en début de saison est donc liée à un retard (dispersion, mauvais report des stocks) **probablement amplifié par les coups de vent de mai et juillet** sur ce site assez exposé. Les flux de juillet autour de 250 kg/j (estimation sur le Douron) sont donc suffisants pour la croissance des *Ulves* sur cette période et ceux d'août de 200 kg/j permettent au moins l'entretien à un niveau élevé des biomasses (niveau des quotas fin août de 2.2 %, minimum annuel avec des flux légèrement inférieurs à 200 kg/j sur le Douron). La courbe **Figure 36** nous montre une situation différente pour le **paramètre phosphore** : les ulves montrent des **niveaux bas pour cet élément et une légère limitation** de la croissance en juin et juillet. Les teneurs ensuite augmentent légèrement mais restent proche du Q1P malgré une croissance a priori soutenue sur ce site (surfaces devenant supérieures aux moyennes pluriannuelles) indiquant que les **fournitures sédimentaires** de cet élément seraient juste suffisantes pour alimenter les algues (mais ces fournitures sont non contrôlables et donc pas utilisables comme facteur de maîtrise). La composition sédimentaire probablement moins limoneuse et plus sableuse de cette baie exposée pourrait expliquer des fournitures sédimentaires moindres que dans d'autres baies plus abritées.

Sur l'**anse du Dossen**, le profil en surface d'échouage est assez similaire à celui de l'anse de Locquirec : relativement **peu précoce puis augmentation forte des surfaces qui deviennent légèrement excédentaires** (+15 %) en juillet et **plus nettement sur août et septembre** (+45 % et + 55 %). Malgré cette croissance soutenue, la **Figure 37** nous montre que **l'azote n'a jamais été limitant** : les teneurs sont, sur ce site, toute l'année à des **valeurs extrêmement élevées** (site breton, de loin, le plus saturé par l'azote d'après cet indice). Le minimum atteint est de 3.8 %, près de deux fois le début de la limitation potentielle (Q1N). Ce site n'a donc connu **aucune limitation par l'azote**. Les flux mesurés sont légèrement inférieurs aux moyennes pluriannuelles mais **demeurent très élevés sur ce site** (Horn + Guillec autour de 1 500 kg/j en juillet et 1 100 kg/j en août). Il est donc attendu qu'une légère baisse des flux de nitrates se traduise par des **diminutions de quotas internes avant que la croissance des ulves n'en soit affectée** (sur saturation actuelle). Comme déjà relevé les années antérieures, les teneurs en phosphore sont « relativement basses », par rapport aux teneurs en azote sans pour autant atteindre les niveaux de limitation (valeur minimale le 14/06 de 0.13 % > Q1P). A partir de juillet les teneurs internes remontent jusqu'à la fin août (valeur très élevée : 0.27 %). La diminution ponctuelle le 27/07 pourrait être liée à une phase de croissance soutenue (forte croissance entre juillet et août).

Sur la **baie de « Guissény »**, malgré un **démarrage plutôt tardif** (classique sur ce site mais 2021 encore plus tardif qu'en moyenne pluriannuelle), les surfaces **explosent en mai** pour devenir deux fois supérieures au niveau moyen et **rester à un niveau très élevé jusqu'en octobre**. **L'année 2021 devient l'année de plus forte prolifération en 20 ans** de suivis (+ 75 % par rapport à 2002-2020), après 2020, précédente « plus forte prolifération ». Comme pour 2020, les conditions de croissance (lumière notamment et température de l'eau des faibles lames d'eau dans la baie, probablement) du début de saison expliquent probablement cette installation rapide de la prolifération sur mai et juin. La **figure 38** présente les courbes en 2 points. Le point « club nautique » suivi depuis des années présente comme toujours des valeurs plus basses que le point « centre baie » et les courbes évoluent de manière relativement parallèles. La valeur minimale sur le « Club nautique » de 2 % le 14/06 puis 18/07 concordent bien avec **des périodes de croissance soutenue** (fort ensoleillement et augmentation des surfaces couvertes). Cette valeur n'est néanmoins **pas réellement limitante pour la croissance** des *Ulves*. Le point « centre de baie » quant à lui propose **des valeurs nettement plus élevées et clairement non limitantes** (minimum de 2.7 % le 18/07) signe de saturation de la croissance par cet élément. La différence entre les deux points est liée à la position « proche filière du Quillimadec » du point « centre baie » sur lequel la croissance est clairement saturée par l'azote. C'est moins le cas sur l'anse du Club nautique ce qui est signe qu'en s'éloignant de la filière la saturation est moindre ; ce point devrait montrer des limitations plus marquées en cas de baisse des flux dans les années à venir. Les flux de 2021 ont pourtant été, sur toute la période de croissance des *Ulves*, inférieurs à leur niveau pluriannuel (entre - 15 % en avril puis entre - 20 et - 27 % chaque mois). Le contrôle des proliférations par les flux de nitrates imposera



donc une **diminution encore plus importante des flux qui restent élevés sur cette baie** (environ 300 kg N/j de N en juillet ; 260 kg N/j en août) en lien avec des **débits d'étiages soutenus** et des **concentrations estivales élevées** (37 mg/l en moyenne sur juin-septembre 2021). Quant aux **teneurs en phosphore, elles sont sur juin à août limitantes** sur le point « Club nautique » (minimum à 0.08 % en juillet) et assez semblables mais légèrement plus élevées sur le point « centre baie » ce qui permet de confirmer **l'origine largement sédimentaire et « colonne d'eau » pour ce nutriment**. Ce niveau de limitation, même peu marqué ne peut, *a priori*, pas être utilisé comme facteur de contrôle, ces flux n'étant pas maîtrisables localement (pour autant, il sera toujours favorable de retirer au maximum les apports qui peuvent être évités).

La prolifération d'*Ulves* sur **Moguéran/Coréjou** a été tardive et peu soutenue jusqu'en juillet (environ – 60 à – 70 % sur mai et juin puis – 25 % sur juillet) pour devenir supérieure à la moyenne en août (+35 %). La **Figure 39** montre des teneurs internes en azote qui sont limitantes depuis la fin mai et nettement limitantes en juin (1.22 % le 14/06), période de croissance soutenue. La remontée des teneurs en N (1.67 % le 27/07) pourrait être liée à une charge devenue plus importantes en *Ulves* (rideau plus dense donc plus d'auto ombrage) ; mais ces teneurs sont encore légèrement limitantes. Les teneurs en P, au niveau du seuil Q1P à la mi-juin, remontent ensuite et ne sont pas limitantes. Encore en 2021, **l'azote semble donc avoir limité la prolifération** sur cette petite anse. Il est difficile de relier la prolifération observée avec les flux de l'année, n'ayant pas d'information locale. Il serait **intéressant de valider la diminution éventuelle**, ces dernières années, des apports d'azote à cette petite baie (lien avec des cultures sous serre ?), les proliférations étant depuis 2017 **significativement plus basses que les années antérieures** et avec des teneurs dans les tissus des algues qui sont basses.

Sur la baie de **Douarnenez**, les proliférations ont, encore en 2021 (cas depuis 2016), été composées **d'*Ulves* en mélanges avec plusieurs espèces d'algues filamenteuses rouges et brunes**. La prolifération d'*Ulves* y a été **particulièrement tardive** (surface avril + mai 6 fois inférieure au niveau moyen 2002-2020) ; la croissance a ensuite été **soutenue en juin** (surface atteintes 26 % inférieures au niveau moyen ; 16 % en juillet) pour ensuite décroître fortement et se situer **sous les moyennes pluriannuelles** (-60 % et -40 % en août et septembre et quasiment absentes en octobre). Ce niveau de surfaces en *Ulves* est à moduler par la **présence, parfois massive des autres algues filamenteuses**. Il est important de souligner aussi, pour ce site assez instable, que plusieurs **petits « coup de vent » en mai, juillet et début octobre** ont pu impacter la présence des algues (éloignement des zones d'estran, donc moindre croissance et éventuellement moindre perception lors des survols). La **Figure 41** présente les teneurs sur le site de « Sainte-Anne-la-Palud ». La première date pour laquelle un prélèvement a été possible est le 13/06. **Les teneurs en azote y sont alors faibles** (1.28 %) et **nettement limitantes**, ce qui est concordant avec des flux à la mi-juin très bas (moins de 50 kg N/j sur le Lapid soit 60 % de moins qu'en moyenne 2000-2020 et -35 % par rapport à 2010-2020). La remontée des teneurs mi-juillet peut être liée à une légère remontée des flux (100 kg/j le 10 juillet) ou à un éloignement **des algues de la zone d'estran** à la faveur d'épisodes dispersifs. La présence des « autres algues filamenteuse » (*Ectocarpales* et *Aglaothamnion* mi-juillet) va également dans le sens d'une **remontée des teneurs internes des *Ulves*** (ombrage de la masse d'eau). Les flux à nouveau **très bas en fin août** (moins de 30 kg N/j le 24/08, jour du prélèvement et en moyenne 33 kg/j sur l'ensemble du mois d'août) permettent d'expliquer ces teneurs peu élevées sur le site malgré la présence d'autres algues filamenteuses. Pour ce qui est des **teneurs en phosphore**, elles ont suivi la courbe des teneurs en azotes mais à un niveau relatif (vis-à-vis des seuls de limitations) plus élevé (très élevé même le 27/07 avec 0.32 % de P sur la matière sèche) et cet élément n'a **donc pas limité la croissance des *Ulves*** sur la saison 2021. Sur la plage du Ry, la prolifération a été tardive (entre – 40 % et – 60 % de surface entre avril et juin) puis soutenue en juillet (+50 %), août (+20 %) et septembre (+ 115 %) mais en partie mixte (*Ectocarpales* en rideau, en particulier sur le mois d'août). Les teneurs en azote (**Figure 42**) indiquent que cet élément n'a pas limité la croissance des algues ; les fluctuations s'expliquent par des périodes plus ou moins favorables à la croissance (lumière) et des densités d'algues (autoombrage) ainsi que d'éventuels séjours en infralittoral (croissance plus lente). Sur cette baie, les flux seraient sur juillet et août proches de leur niveau moyen 2010-2020 (-10 % environ ; débits mesurés localement à consolider). En fin de saison, le 10/09 la teneur mesurée est très basse (1.4 % ; valeur confirmée par une deuxième analyse du même échantillon) ce qui est assez surprenant et pourrait être liée à une croissance soutenue. La limitation de la



croissance des ulves de ce secteur, visiblement plus confiné (les suivis depuis des années montrent des saturations plus importantes sur cette plage du sud de la baie que sur les plages plus au nord), passe donc par des **limitations plus marquées des apports de nitrates**. Même si le fonctionnement de l'ensemble de la baie (moins d'algues sur les plages plus au nord peut induire moins de reconduction sur ce secteur également) permet d'être plus optimiste. Pour ce qui est du **statut sur le phosphore**, les limitations ne sont que très ponctuelles et peu prononcées (la valeur minimale, le 27/04 à 0.05 %, est nettement limitante mais laisse place rapidement à des valeurs plus élevées). Comme souvent ces valeurs ponctuellement basses en début de saison sont très probablement en lien avec un moindre relargage de ce nutriment à basse température.

Sur la **baie de la Forêt, 2021 est la deuxième année de quasi absence de prolifération d'Ulves**. Dans ce contexte, l'indicateur « nutritionnel » a probablement moins de sens, les *Ulves* qui peuvent être prélevées n'étant pas représentatives d'une masse homogène en croissance. La prolifération, extrêmement limitée est probablement **principalement liée à l'absence de reconduction d'Ulves** de la prolifération précédente, elle-même très limitée voire nulle. Et la mauvaise reconduction sur 2019 – 2020 est très probablement surtout liée à des **conditions très dispersives sur cet hiver**. La courbe **Figure 43** présente un niveau **nettement limitant par l'azote**, ce qui était généralement mesuré sur ce site. La faible prolifération, du fait de l'ambiance plus lumineuse qu'elle engendre va aussi dans le sens **d'une diminution des teneurs en N et P**. Les teneurs en phosphore dans les algues ont, elles aussi, été basses, surtout en début de saison (lien probable avec les températures encore basses) et remontent progressivement durant le printemps puis l'été. On peut donc dire que **les deux éléments sont co limitant en 2021** mais avec un effet visiblement **plus marqué pour l'azote**.

Sur le site **de Fort Bloqué (Figure 44)** la limitation par l'azote n'a été que ponctuelle (1.7 % le 13/06 puis 1.94 % le 28/06) et **relativement peu prononcée**. Les **teneurs en phosphore, en revanche sont relativement basses**, surtout en début de saison mais encore en juin et ponctuellement en juillet puis août. Les teneurs en azote sur ce site, généralement élevées, sont **probablement liées à la position du site entre le panache du Blavet/Scorff et celui de la Laïta**. De plus, la croissance des algues, au moins en partie **sur platier peut expliquer les niveaux plus faibles des teneurs internes en phosphore des Ulves**.

Excepté en avril (pas d'ulves), la prolifération sur **Larmor Plage** a été **précoce en 2021 et soutenue** (environ double du niveau moyen en juillet et août). La **Figure 45** montre que **l'azote n'a jamais limité la croissance** quand le **phosphore limite le début de la prolifération** (avril-mai) probablement du fait de températures encore basses qui limitent les relargages sédimentaires de ce nutriment. La position du site, à l'exutoire du Blavet (panache en nutriment et en turbidité) permet de comprendre la difficulté de limiter la croissance des *Ulves* par l'azote. Il se peut aussi qu'une partie **des algues retrouvées sur les plages proviennent d'expulsion** des vasières de la rade (tapis épais donc valeurs d'autant plus élevées que cela génère un auto ombrage).

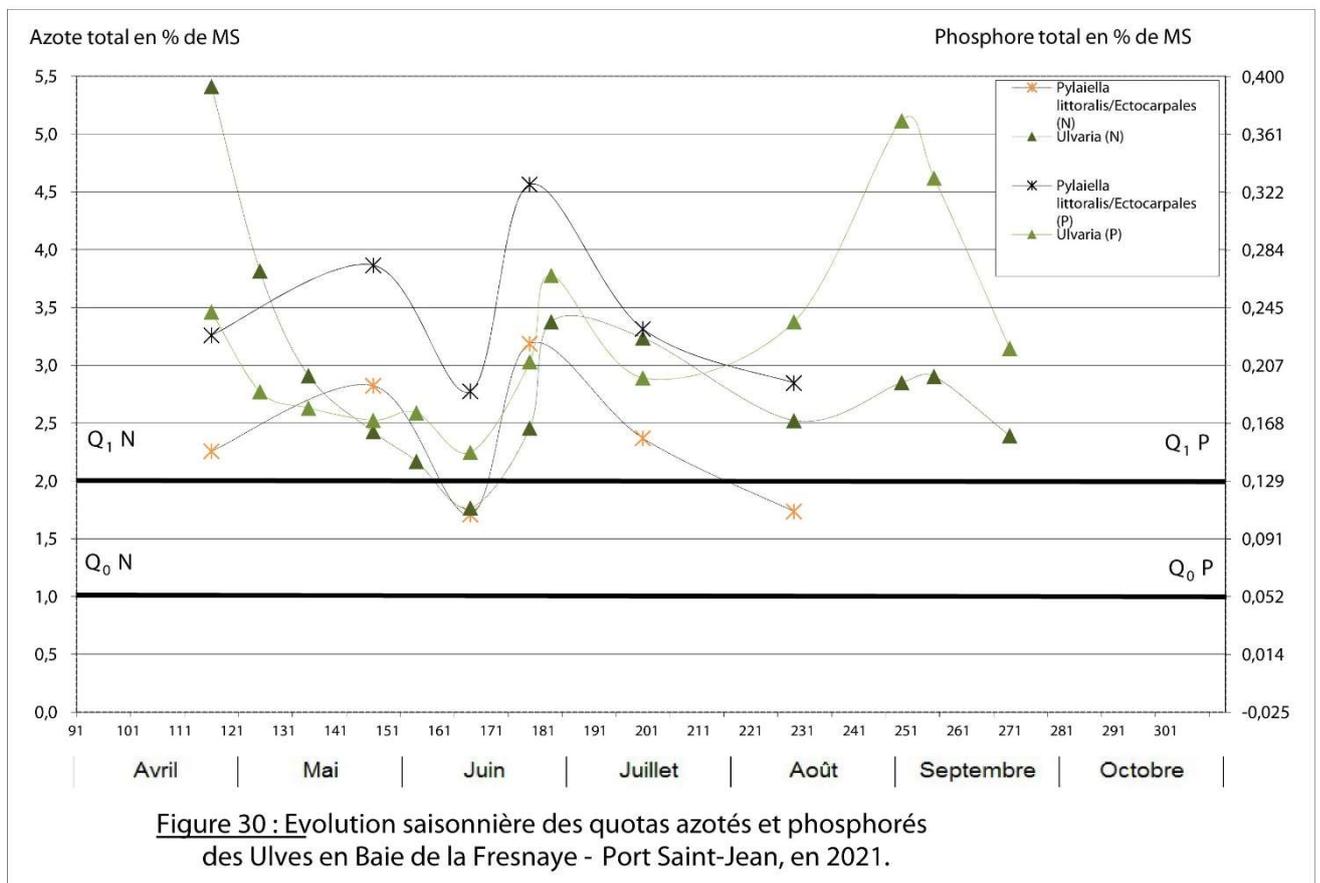
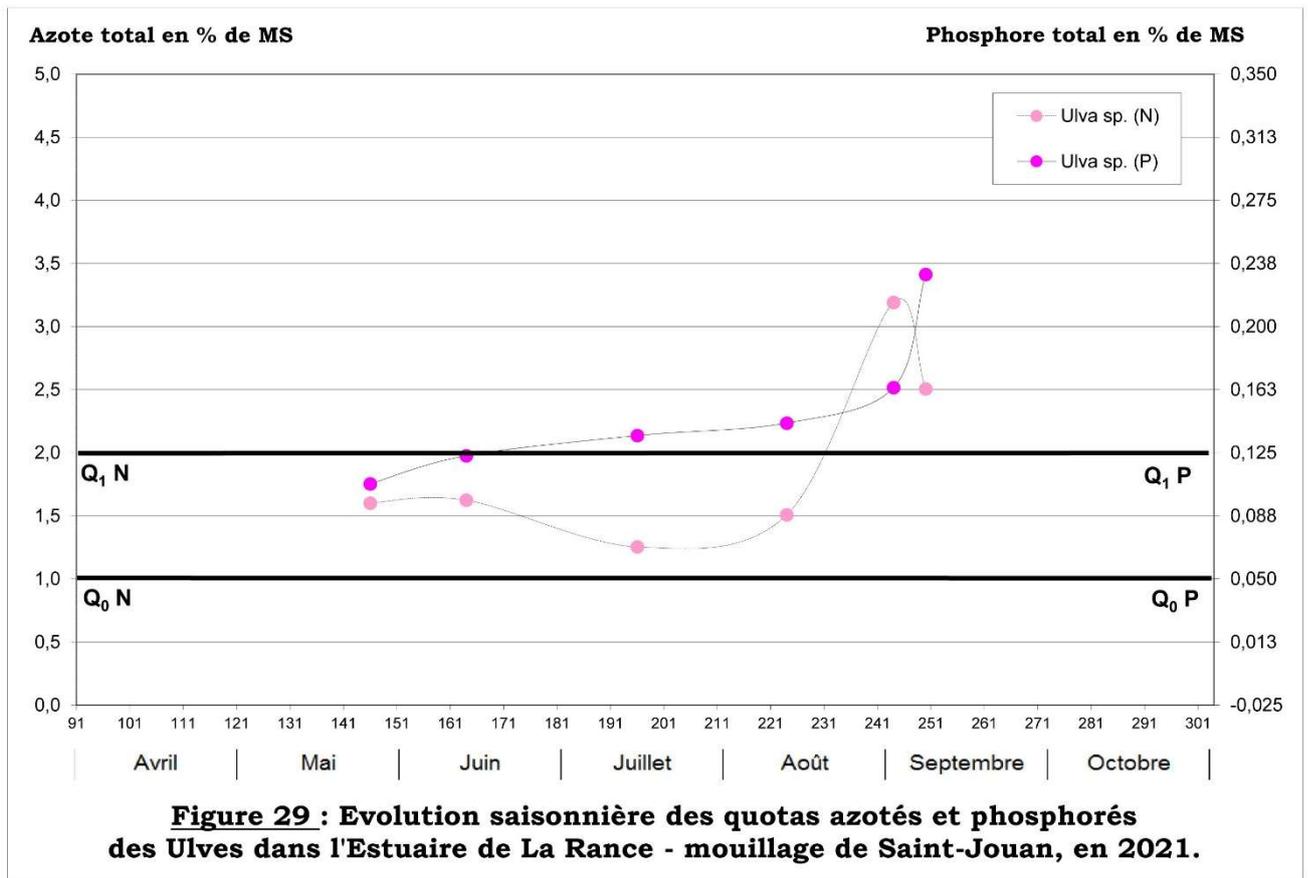
Sur le **site de Penvins**, les échouages ont été **plus importants qu'en 2020 notamment en juillet** (maximum annuel) avec une composition mélangée *Ulves* et *Soliéria*. La courbe **Figure 49** indique une limitation par l'azote qui intervient en juin, s'accroît sur juin-juillet pour atteindre un minimum le 26/07 (1.27 %) **nettement limitant**. Les valeurs d'août sont un peu plus élevées (1.87 et 1.5 %) ce qui peut être lié à des échouages venant de l'infra littoral ou à une charge importante du site à cette date (y compris la présence de *Soliéria*). La valeur, très basse, en début septembre est assez étonnante mais peut être lié à la qualité des algues qui ont pu être prélevées (l'opérateur indique « Quelques *Ulves* en mauvais état (jaunes et fragmentées) arrachées du platier à proximité (les *Ulves* fixées ont le même aspect) »)

Sur le site de la **Mine d'Or**, aucune prolifération d'ulves n'a été observée (pas d'échouage lors des 3 vols régionaux et pas de classement du site). Pour chaque date prévue, le site a été visité mais chaque fois, sauf une, **les quantités étaient insuffisantes pour opérer un prélèvement**. Pour une date (**Figure 50**), le 13/06, nous avons pu faire un prélèvement (l'opérateur notait « peu d'*Ulves*, très éparpillées, récolte au bord de l'eau sur toute la partie gauche de la plage »). Le seul prélèvement effectué est difficilement exploitable mais semble montrer des niveaux encore importants en azote et relativement plus bas en phosphore. Cela pourrait indiquer



que l'absence de prolifération serait plutôt liée à une absence de « noyau de départ » qu'à des teneurs en azote trop faibles.

*La présentation ci-dessus des facteurs limitant des proliférations des algues en 2021 doit être distinguée du statut de ces nutriments en termes de facteur de contrôle de l'eutrophisation. Les comportements différents de ces deux nutriments et notamment le stockage / relargage important du phosphore dans le sédiment proche littoral conduit à estimer que malgré des limitations ponctuelles éventuellement observées sur certains sites, ce facteur ne pourra être, à court ou moyen terme, utilisé comme facteur de contrôle des proliférations (cf. site internet CEVA <https://www.ceva-algues.com/document/mecanismes-et-causes-des-marees-vertes-a-ulves-derivantes/>)*



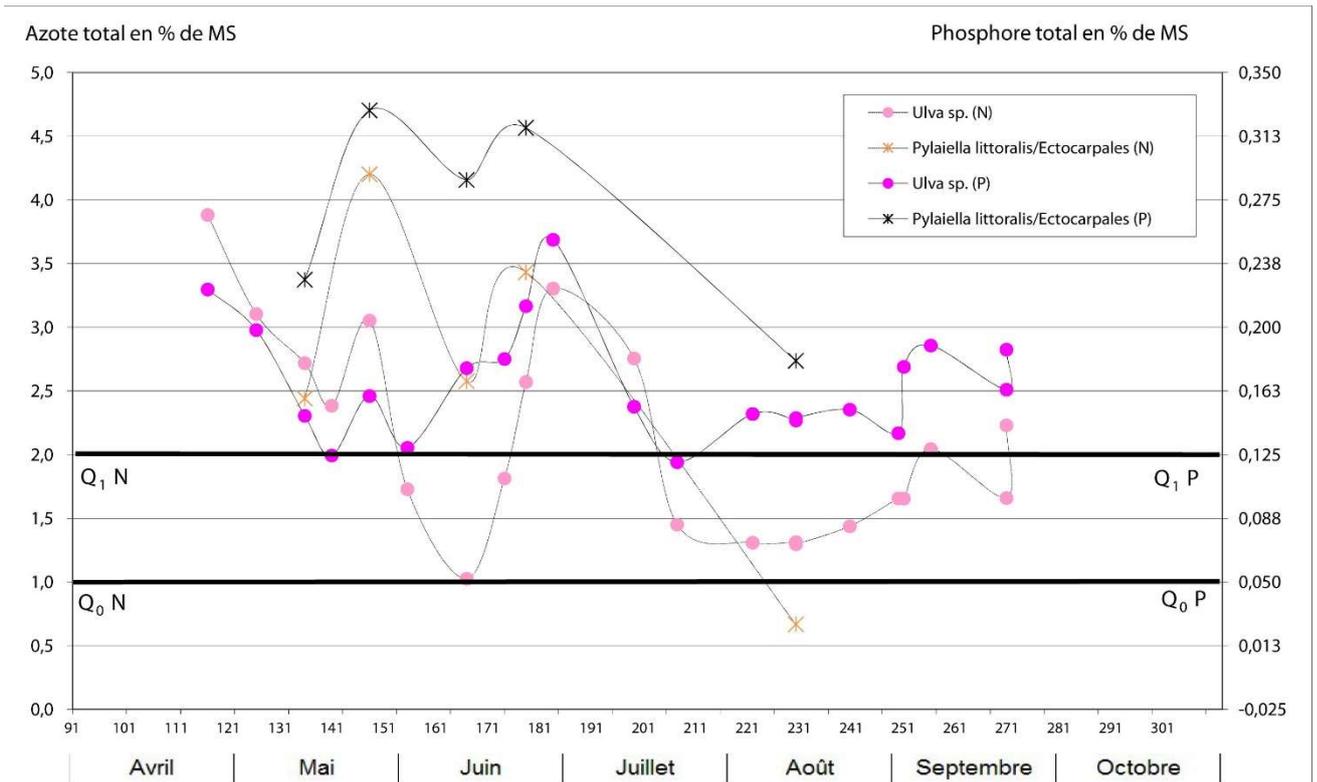


Figure 31 : Evolution saisonnière des quotas azotés et phosphorés des Ulves en Baie de Saint-Brieuc - Plage de Lermot, en 2021.

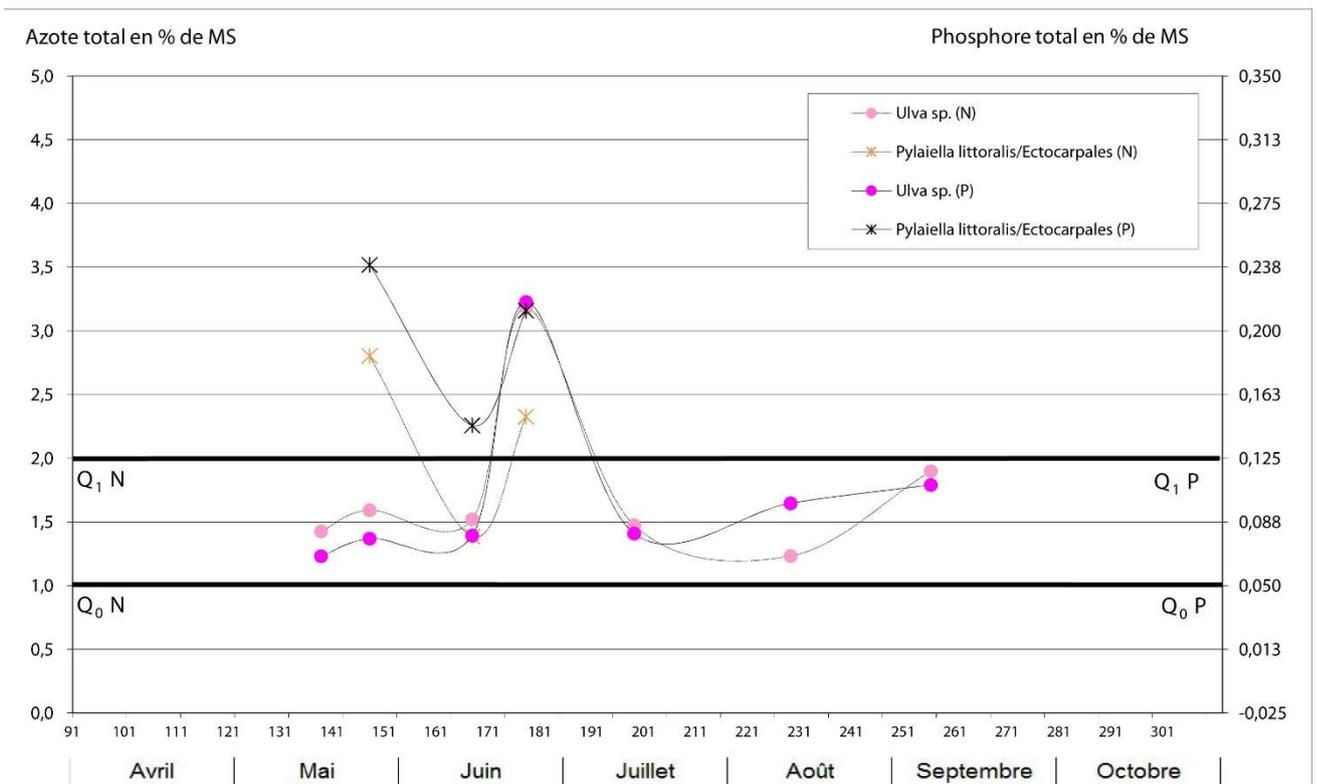
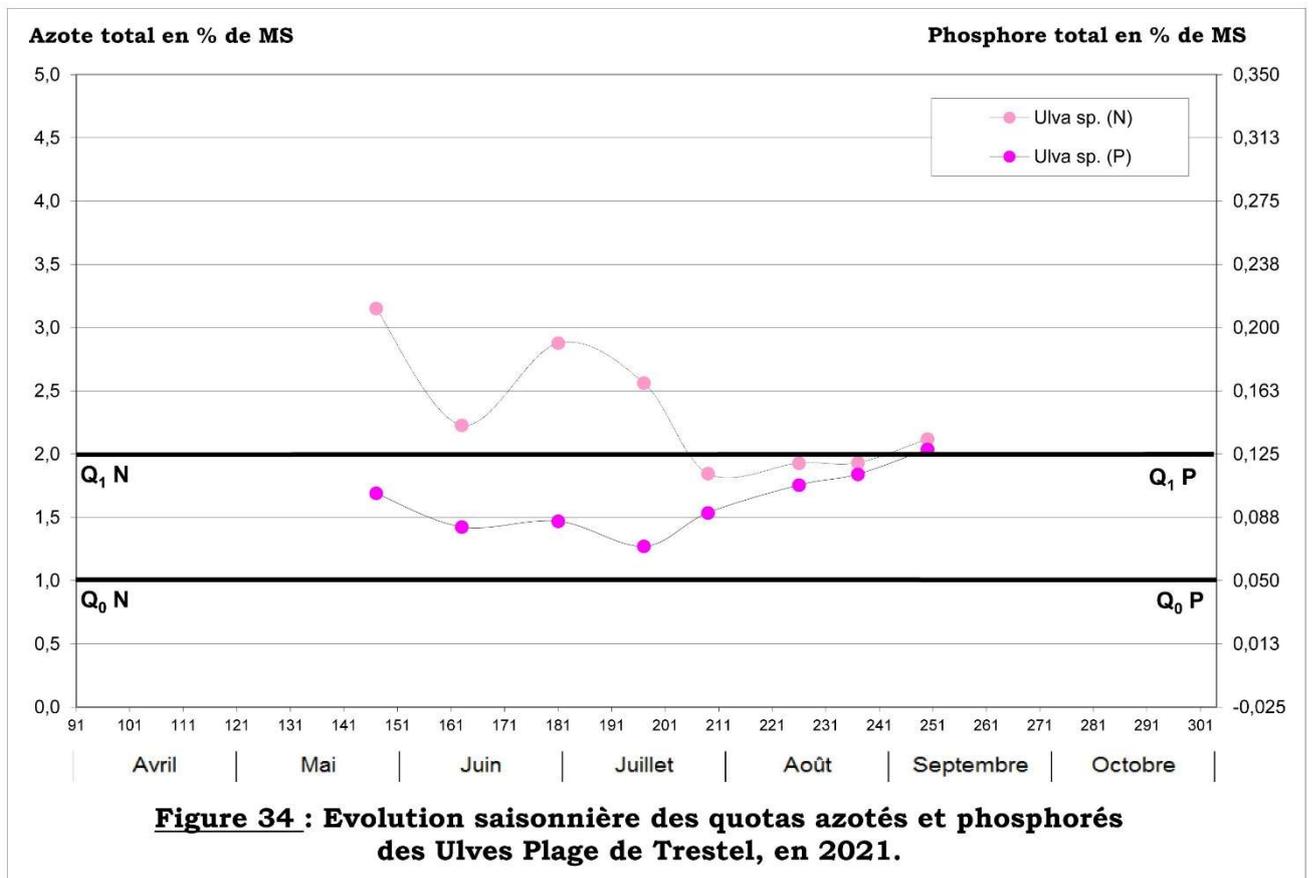
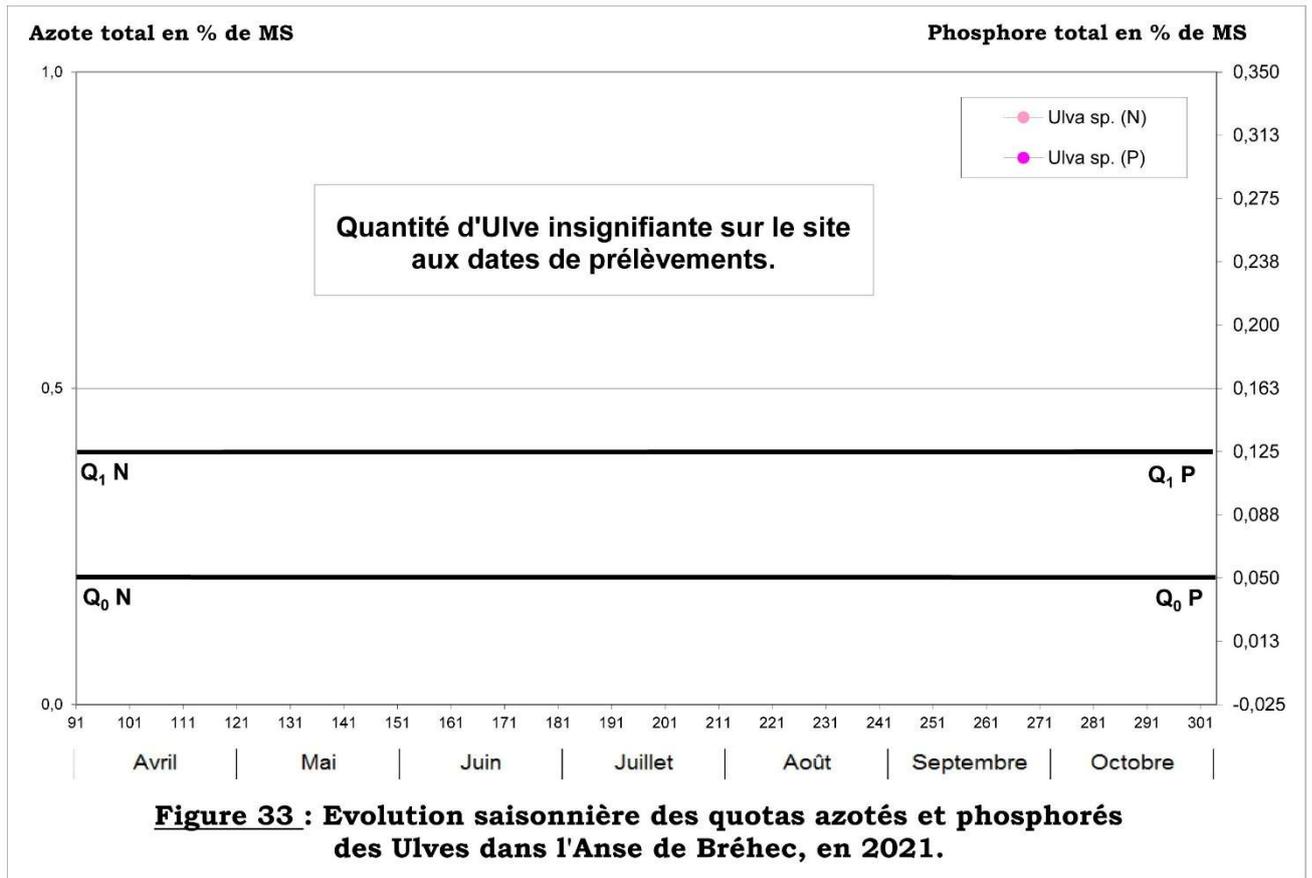
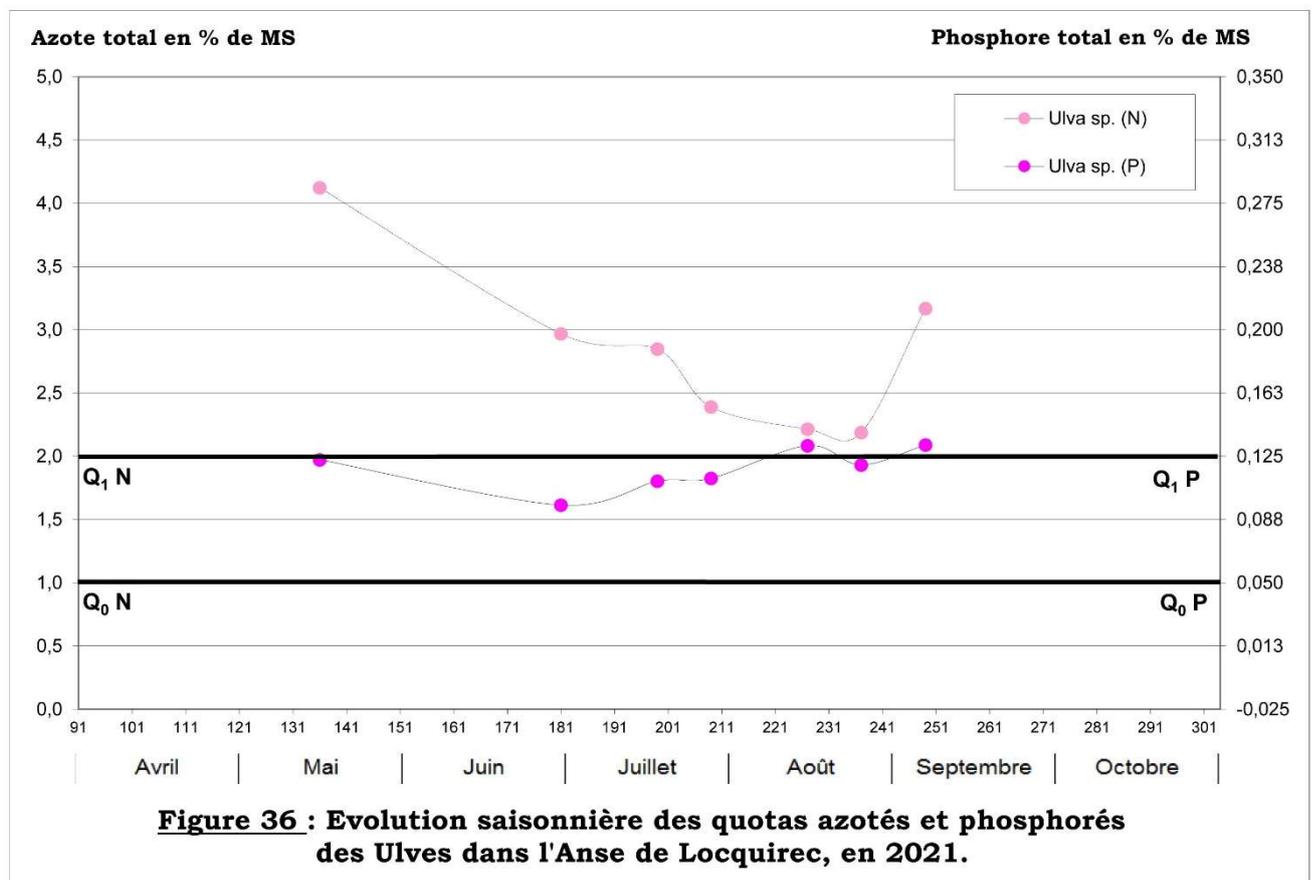
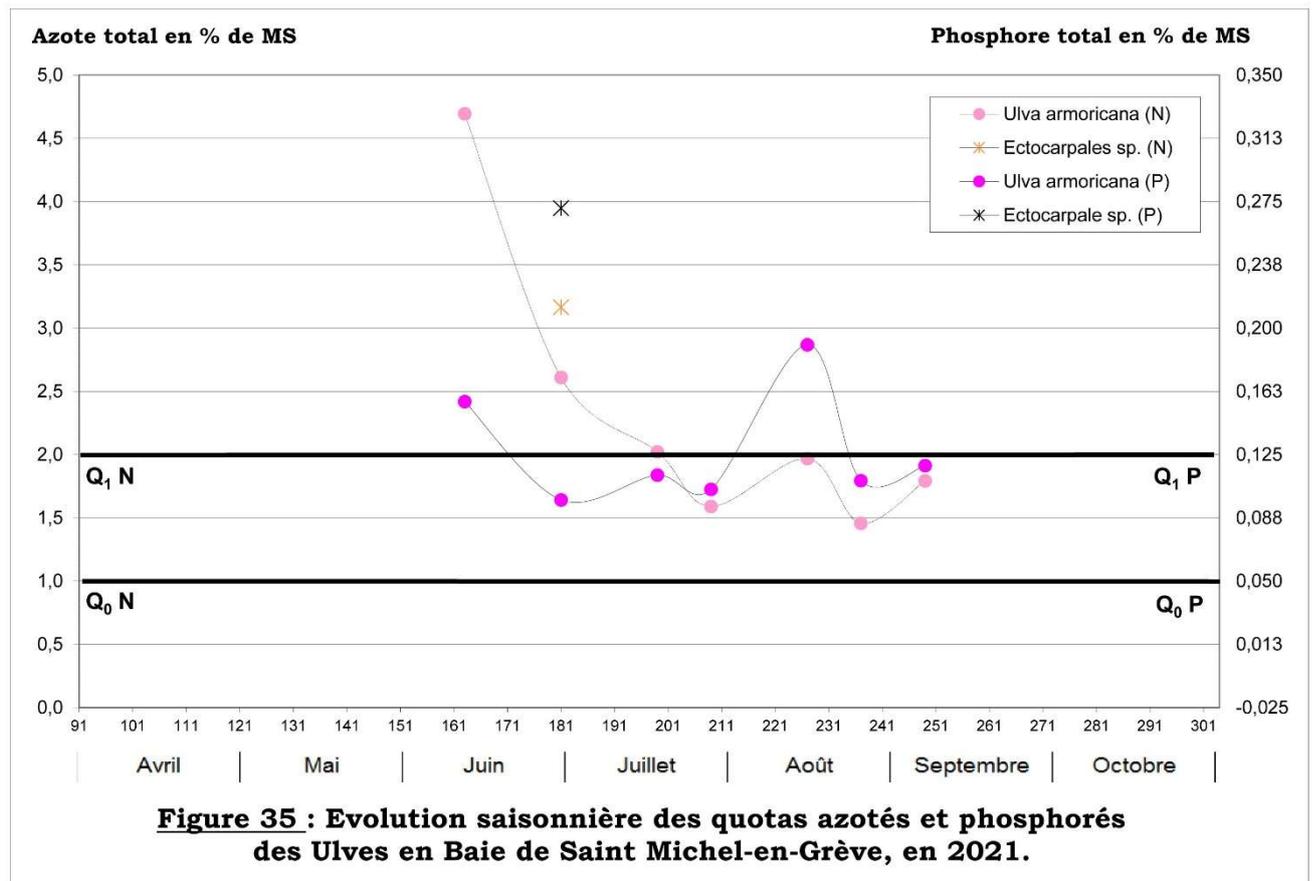
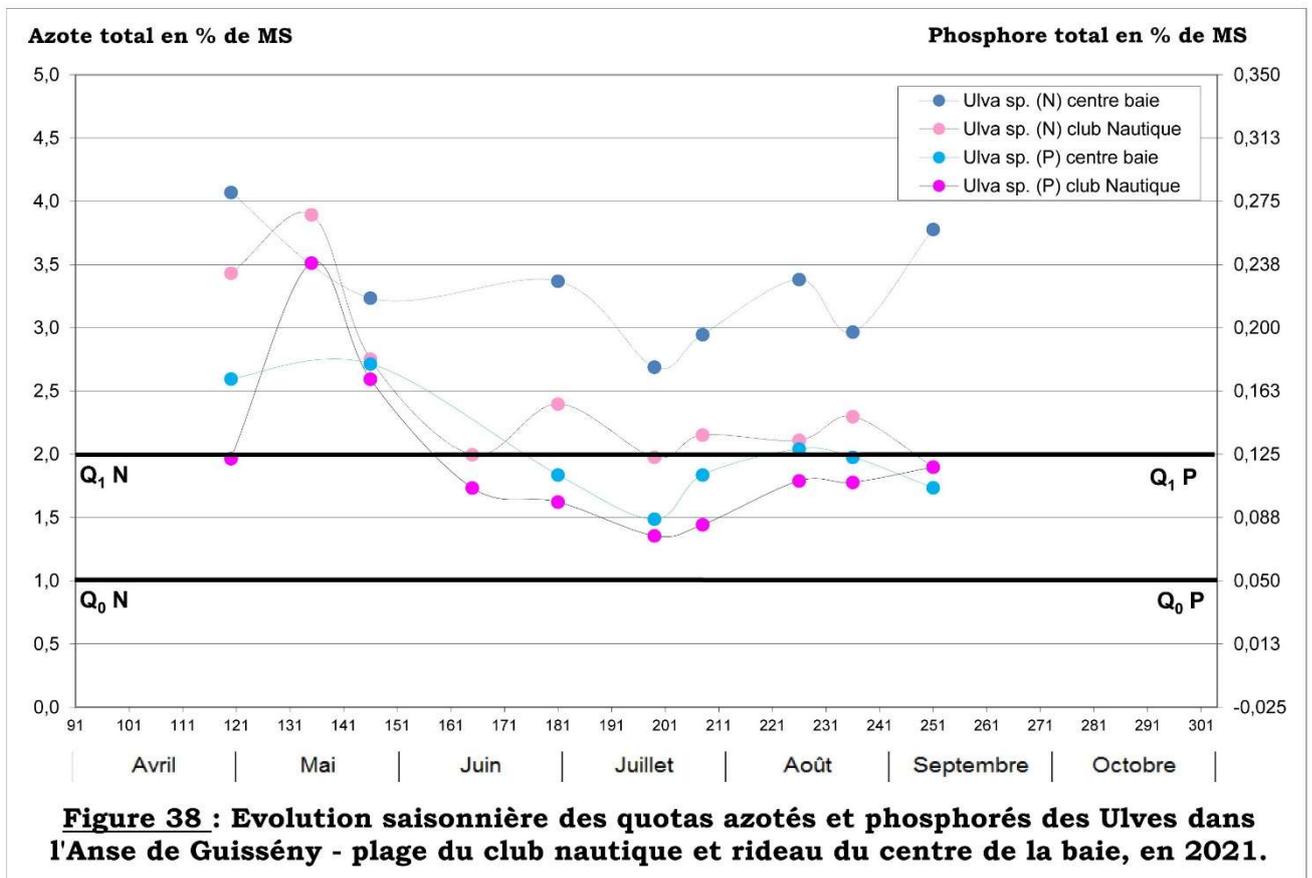
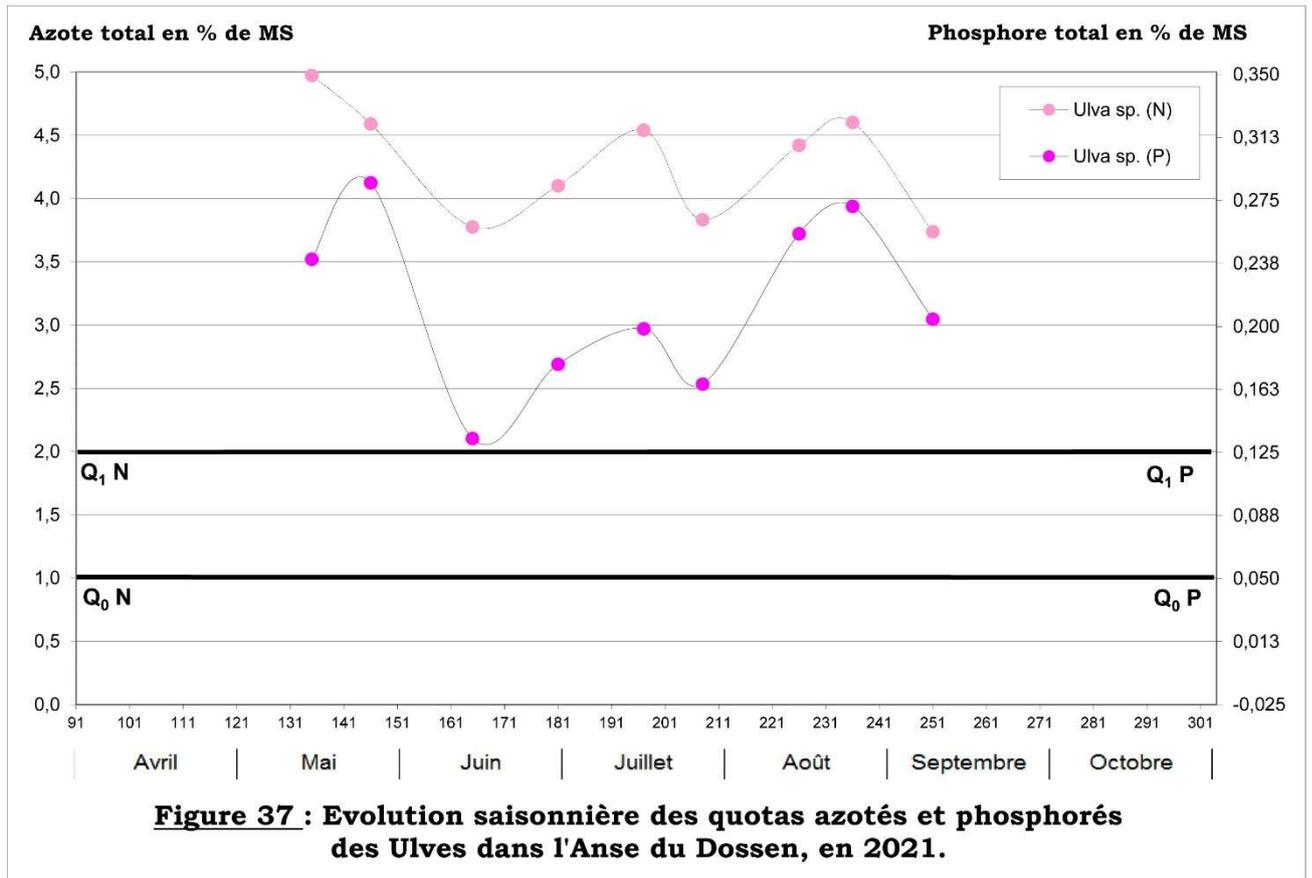
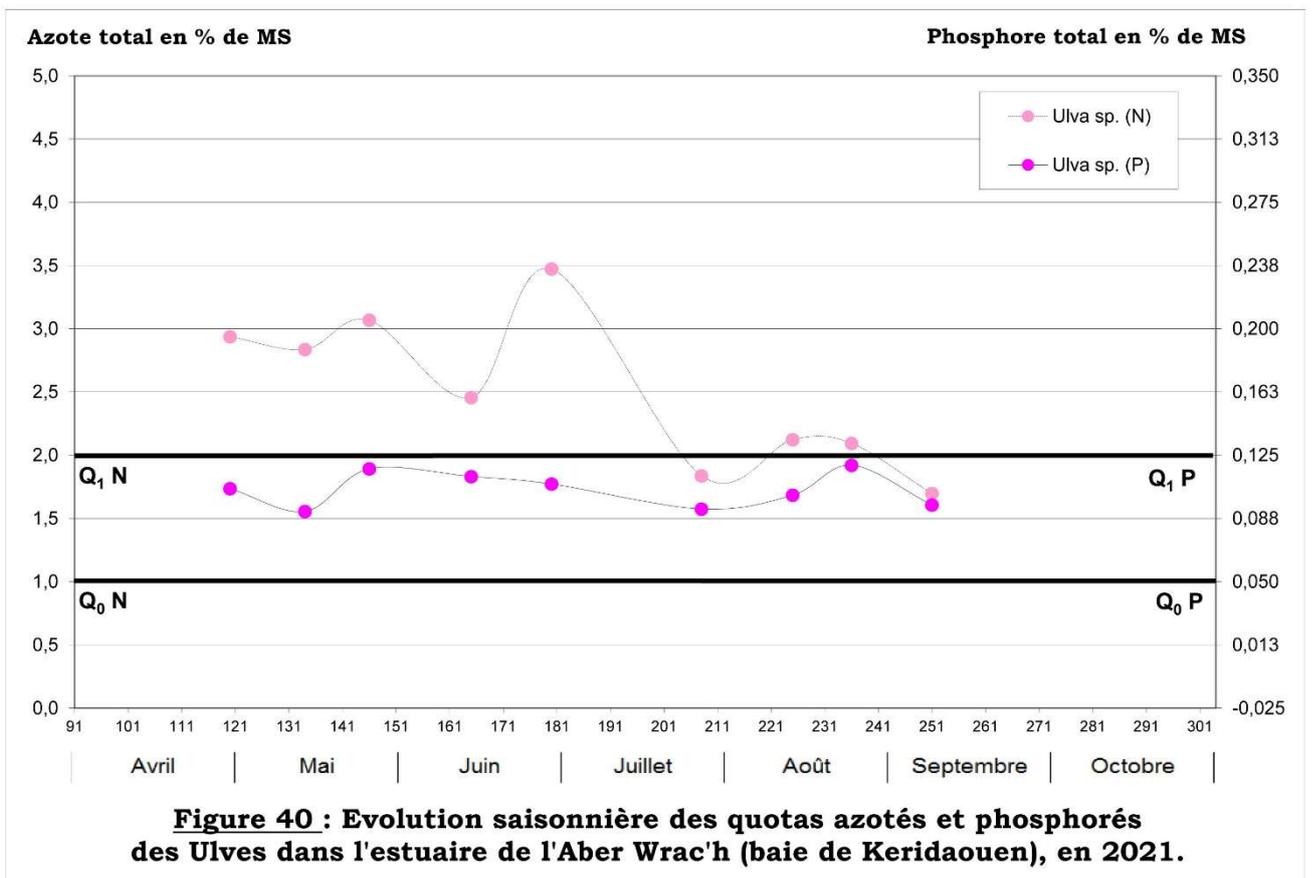
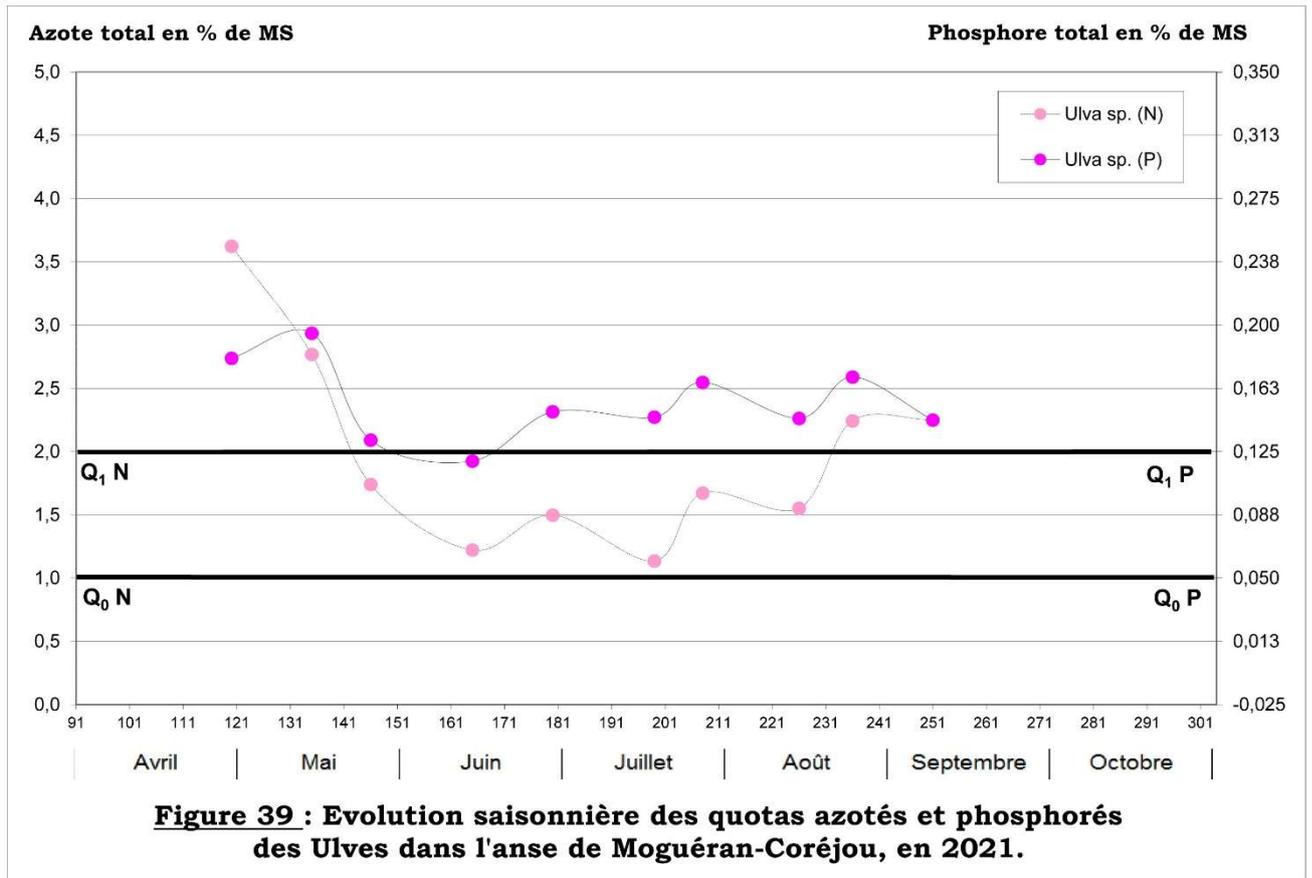


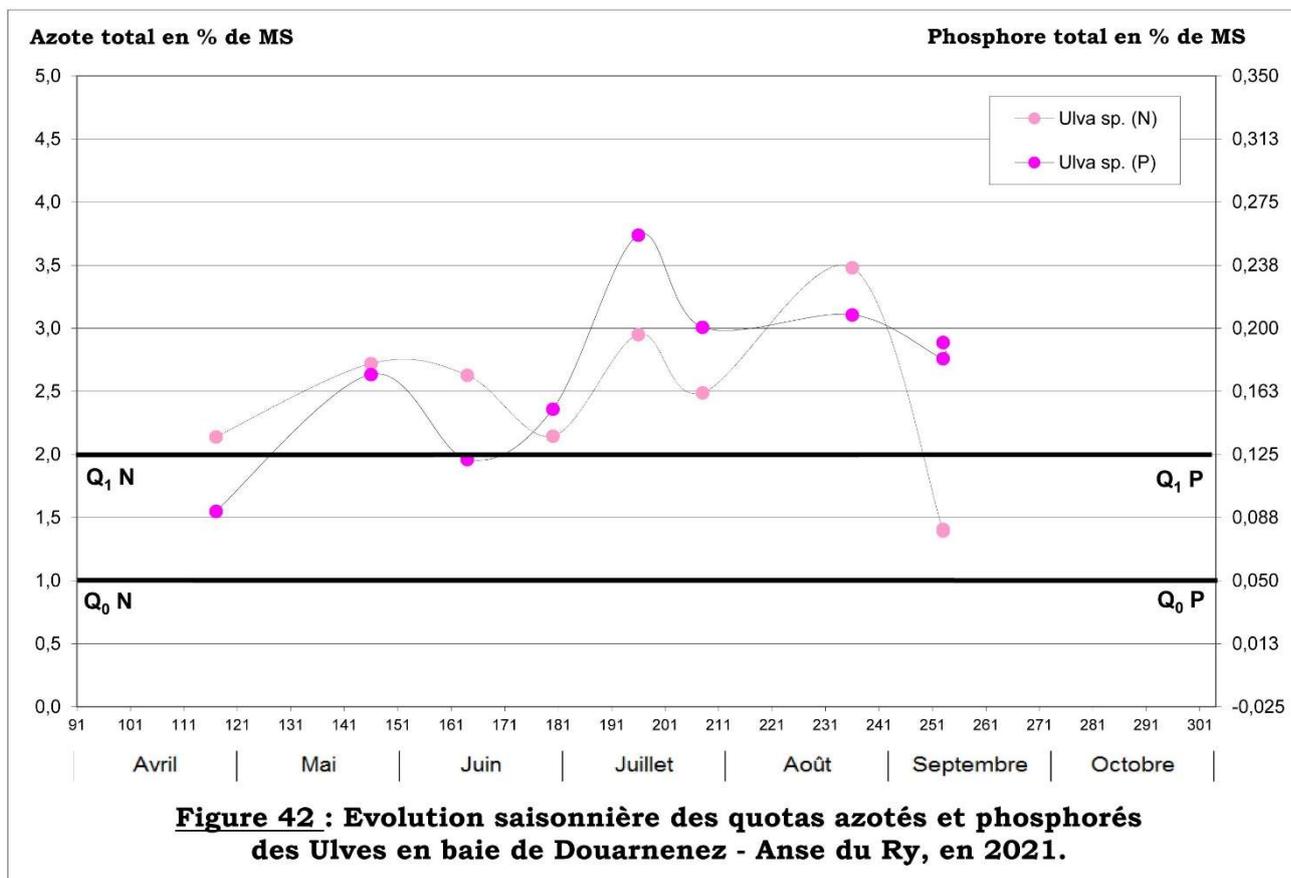
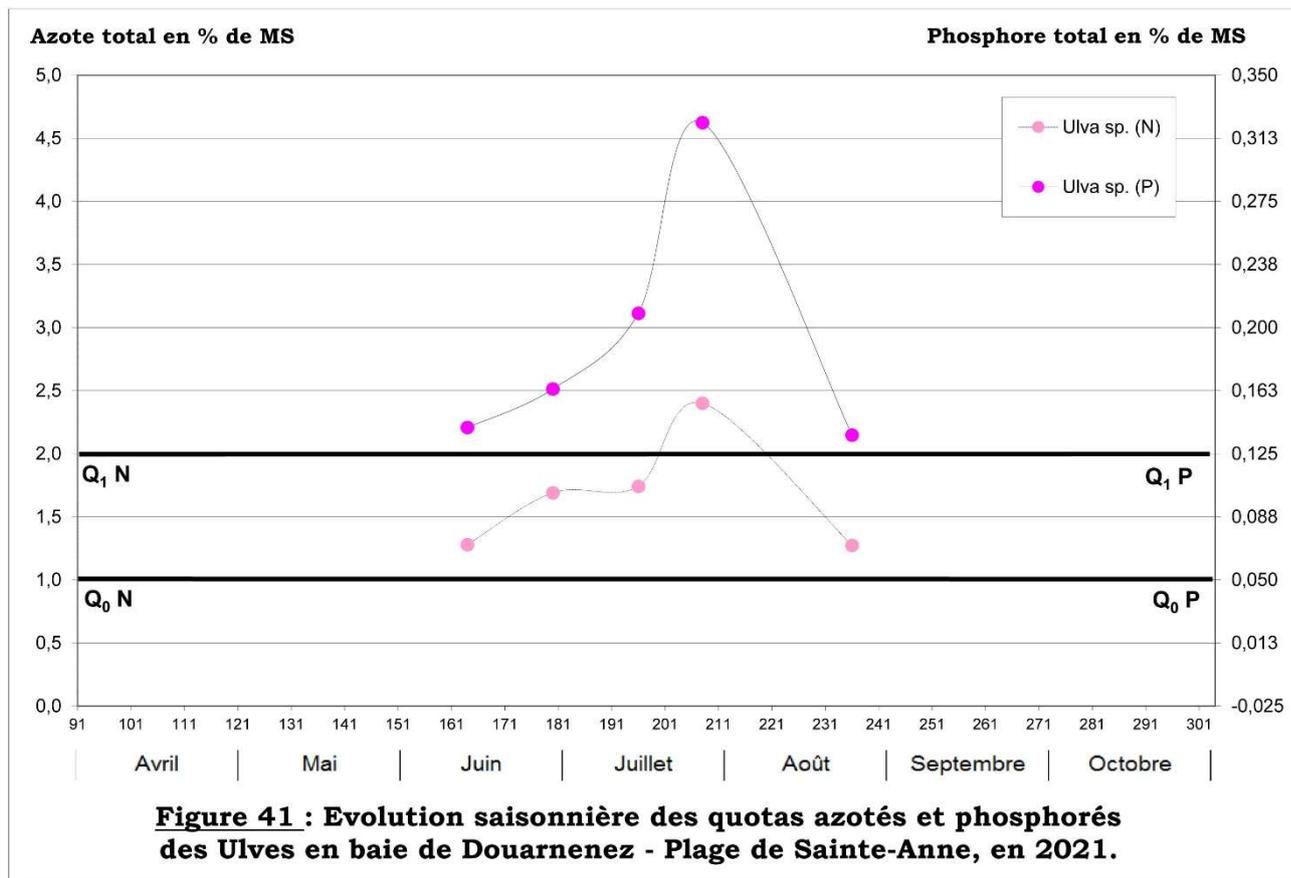
Figure 32 : Evolution saisonnière des quotas azotés et phosphorés des Ulves à Binic - Plage de l'avant port, en 2021.



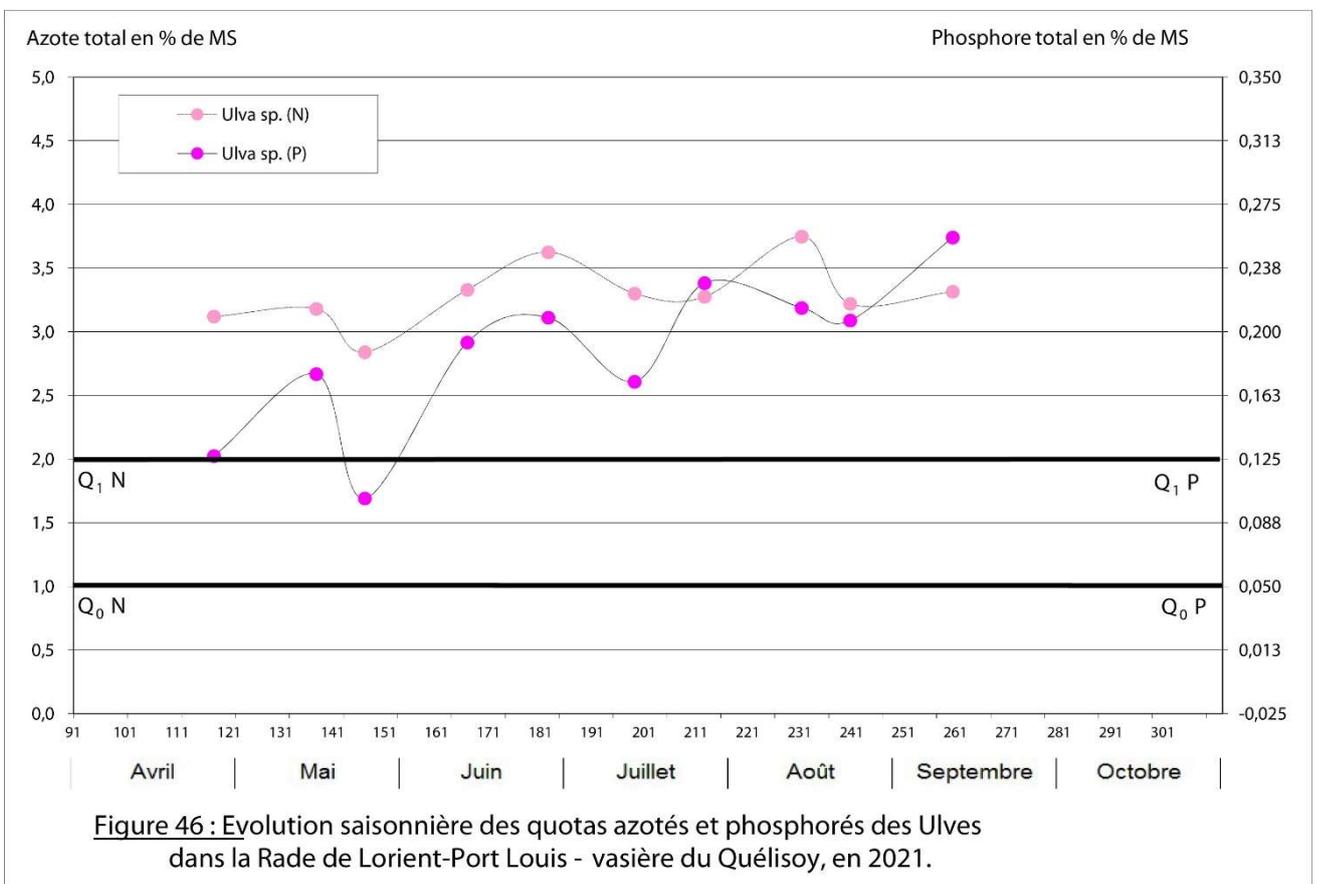
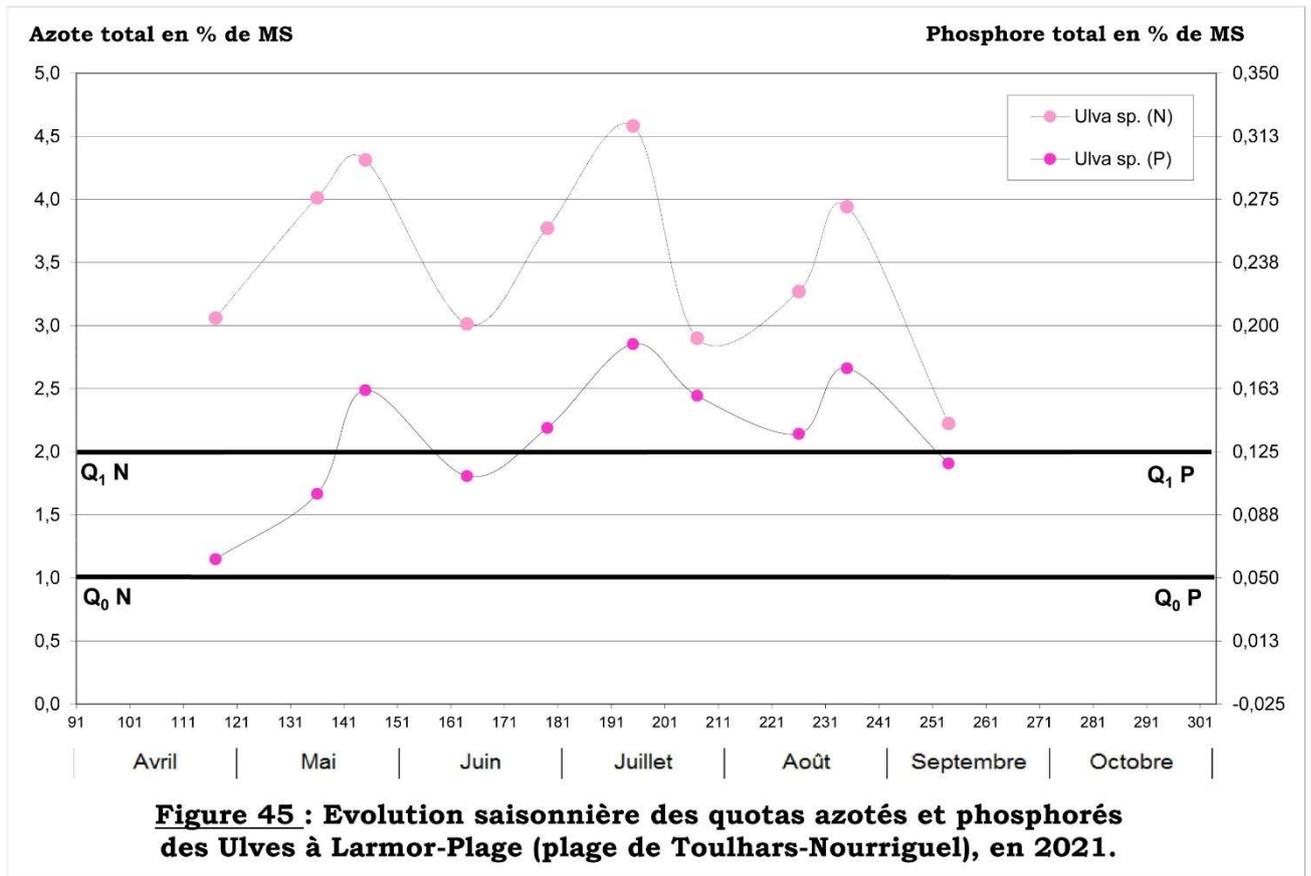


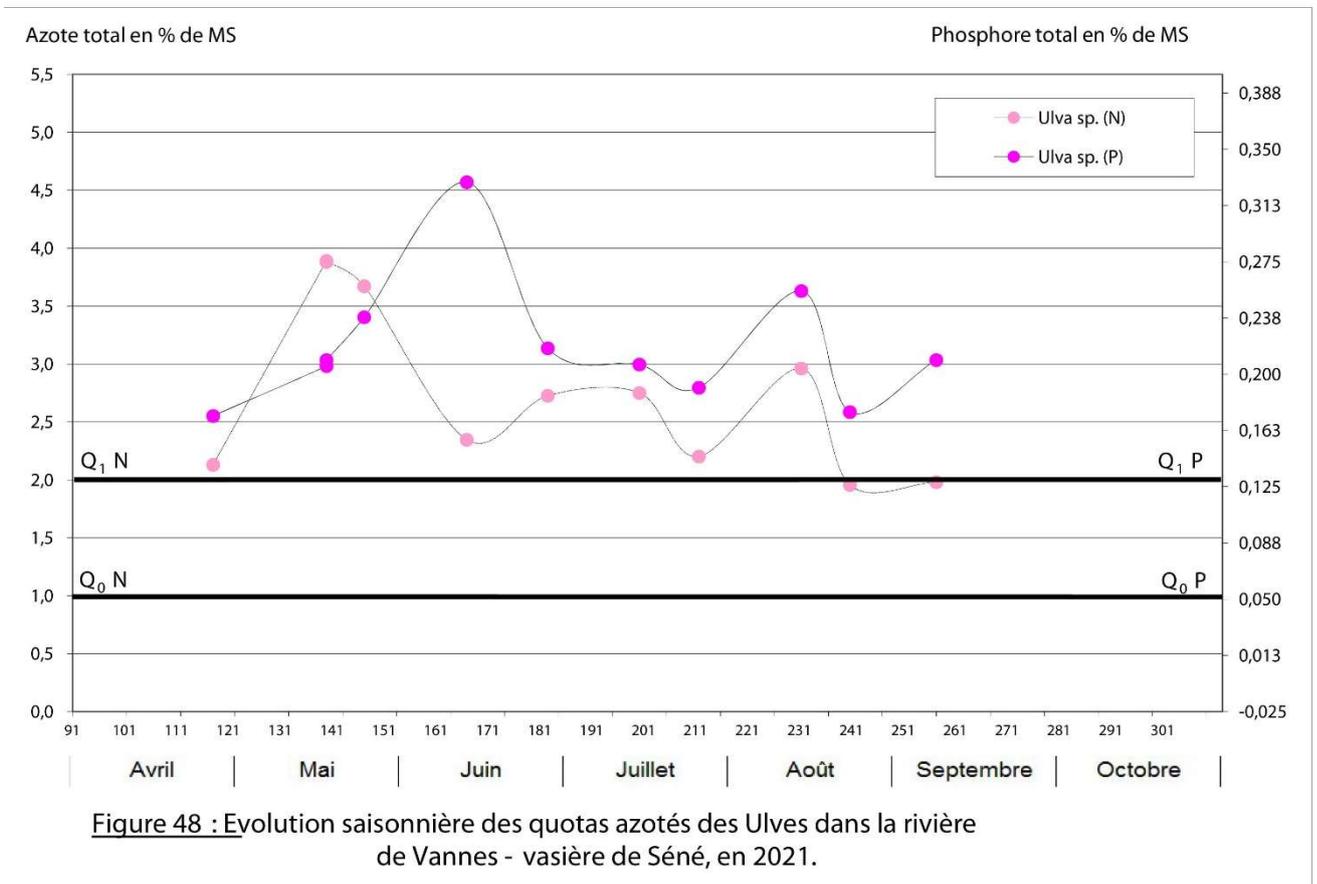
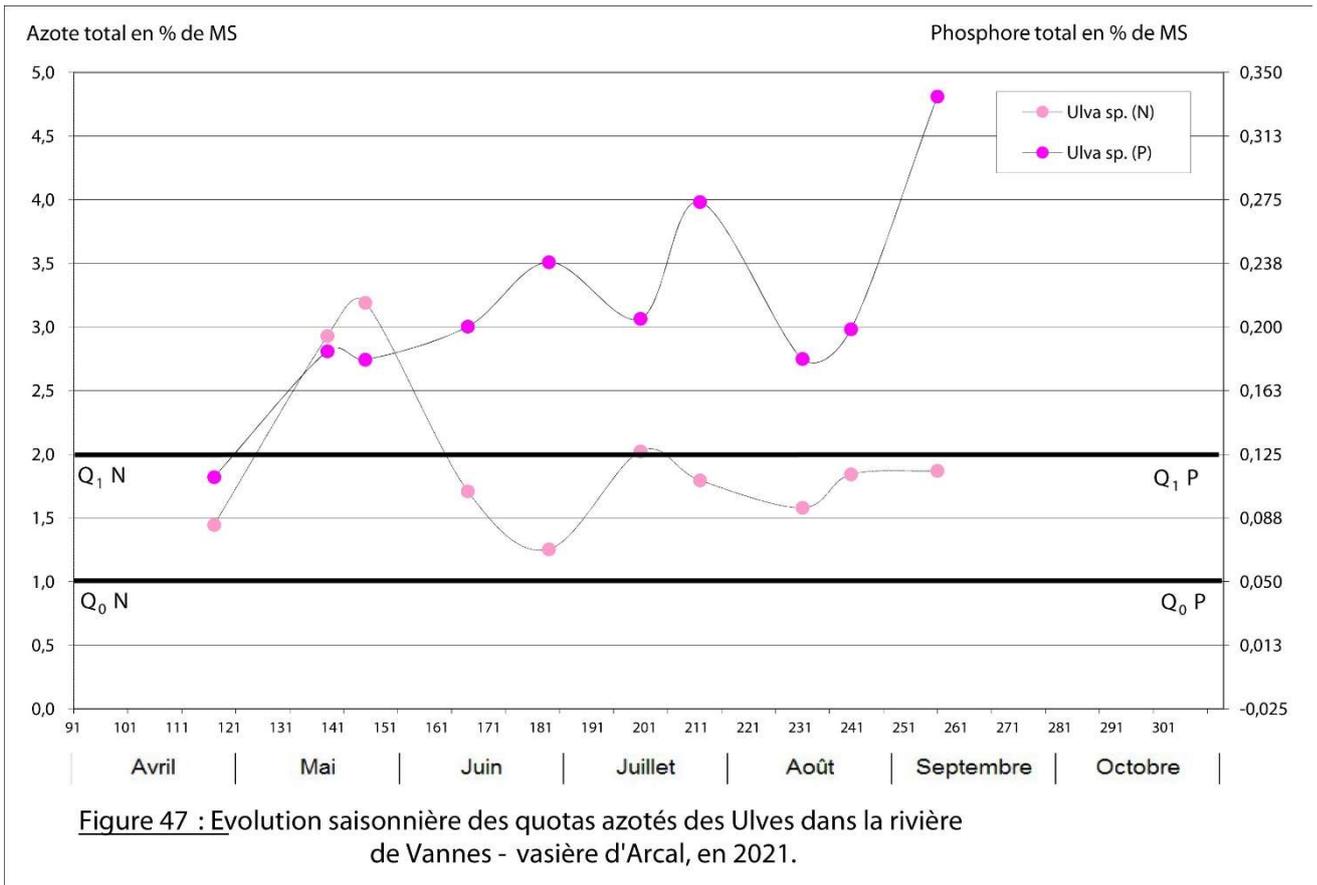


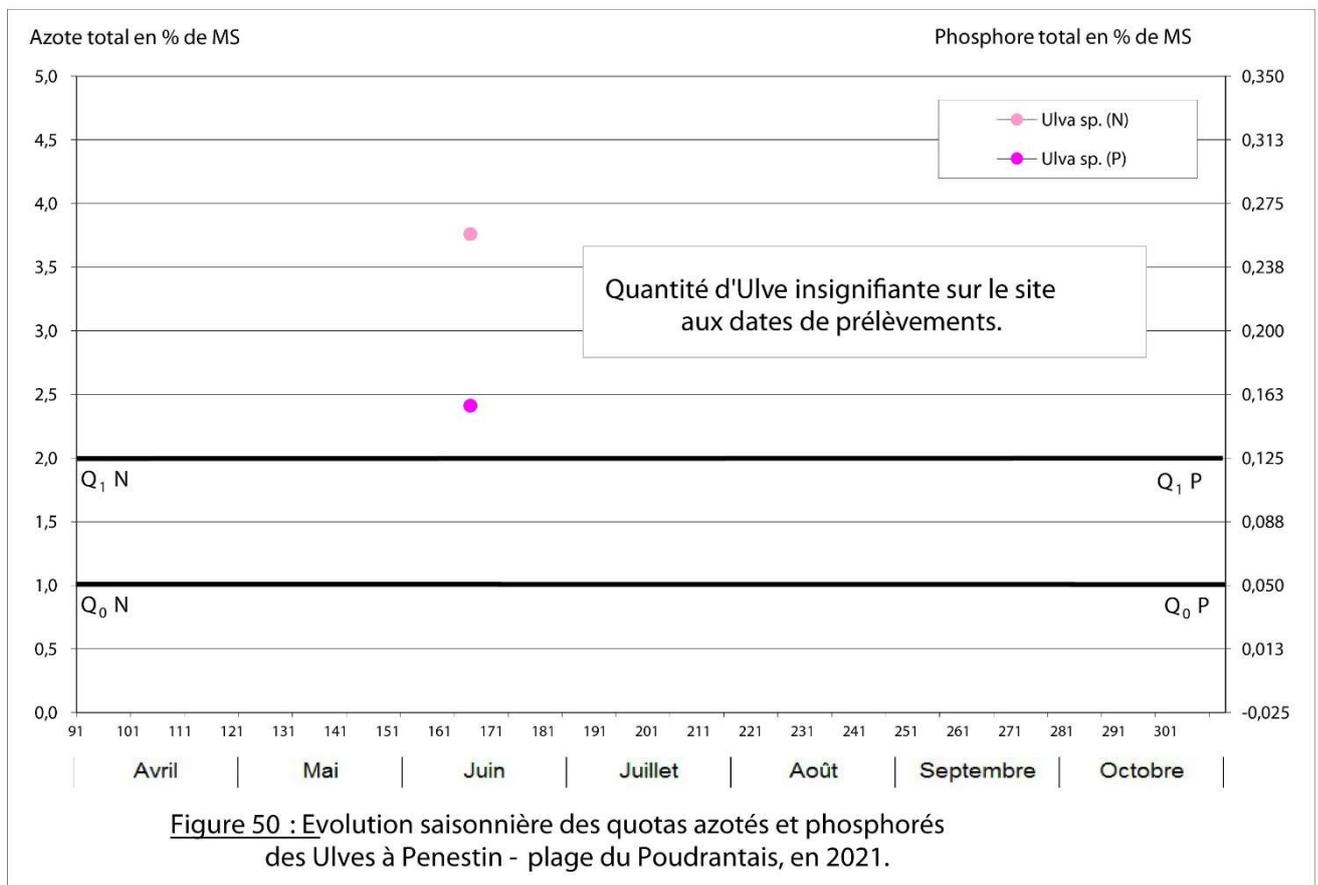
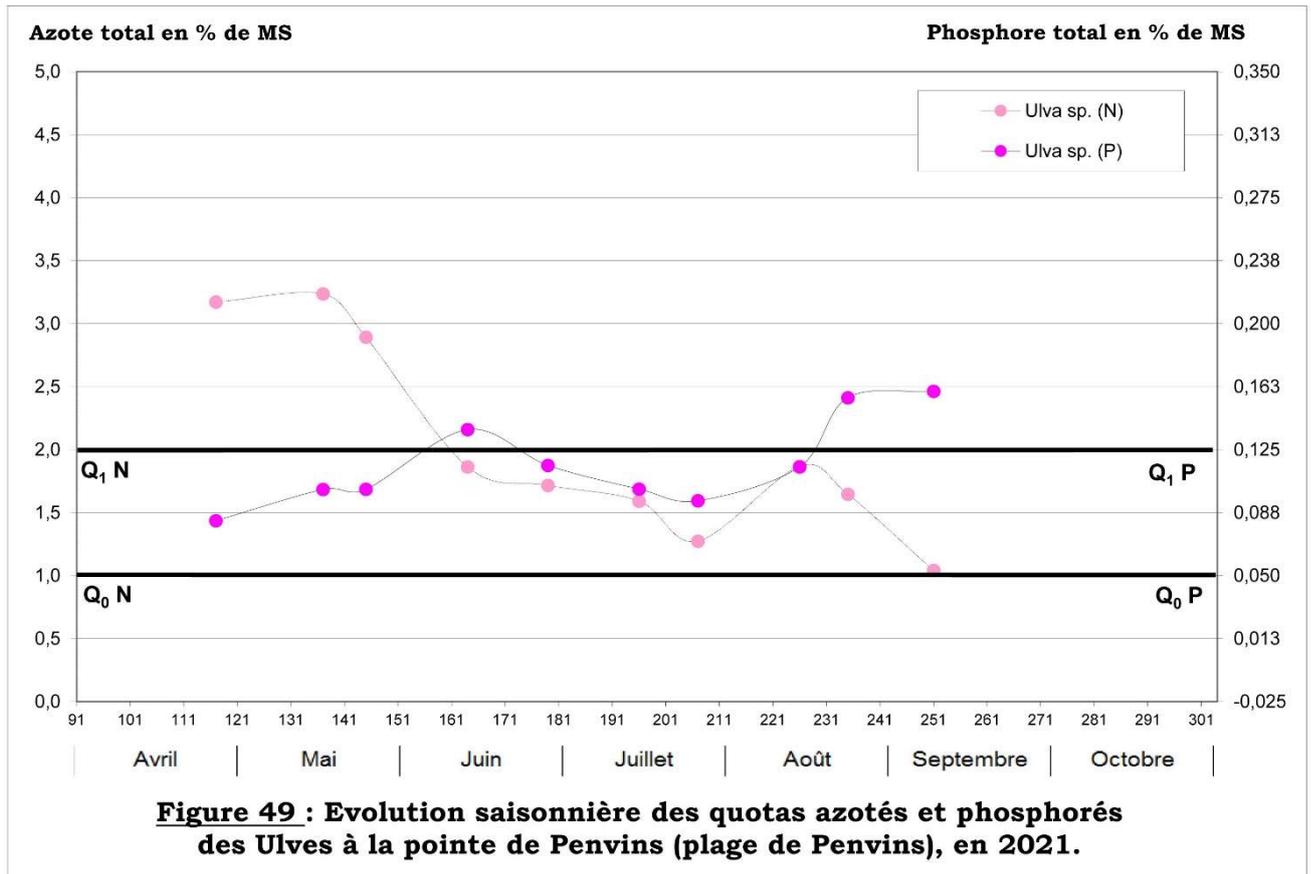














#### 3.3.4. Evaluation des stocks totaux

Malgré l'intérêt que représente cette évaluation en biomasse afin d'alléger les suivis et en partant du principe que les évaluations ont été relativement nombreuses ces dernières années sur les sites de Douarnenez et de la baie de la Forêt (les plus pertinents pour ces évaluations), **aucune mesure de biomasse estivale n'est prévue dans ce programme.** De telles mesures pourront être reprogrammées sous quelques années en particulier si la situation sur les estrans évoluait de façon importante.



## 4. CONCLUSION

Les différents suivis réalisés sur le littoral breton, dans le cadre du contrôle de surveillance RCS de la DCE complété par le présent réseau de contrôle opérationnel (RCO), permettent de caractériser la prolifération d'*Ulves* de l'année 2021.

- L'indicateur **dénombrement des sites touchés par des échouages d'*Ulves***, avec 84 sites touchés, rend compte d'une **année de faible prolifération** (6 sites de moins qu'en 2020 et 10 sites de moins qu'en moyenne 2002-2020 et proche du niveau minimal de 81 mesuré en 2018). Cet indicateur indique d'une **année plutôt tardive** (51 sites en mai) **relativement peu intense** (63 sites en juillet) et **peu soutenue** (58 sites en septembre). La **proportion des sites de vasières** concernées est aussi légèrement inférieure à la situation mesurée en année moyenne (31 % de sites sur vasière contre 33.5 %). En plus des *Ulves*, le suivi des sites montre encore en 2021 de nombreux sites qui sont touchés par des **proliférations d'autres algues que les *Ulves*** : algues **vertes filamenteuses** pour quelques sites (mais beaucoup moins qu'en 2020, année exceptionnelle à cet égard), **mais surtout algues brunes filamenteuses** (*Ectocarpales*) sur les baies de l'Est des Côtes d'Armor (« Lancieux » et « Fresnaye ») et sur la baie de Douarnenez (avec des **algues rouges filamenteuses**). Ces baies, **historiquement touchées par de grosses proliférations d'*Ulves*** voient donc ces dernières années des proliférations **d'autres algues filamenteuses, en ligne avec la diminution de l'eutrophisation sur ces sites**. Il est donc primordial de bien surveiller la **composition spécifique des échouages** en plus de leurs simples couvertures.
- Les suivis surfaciques sur les sites sableux **décrivent de façon plus précise l'ampleur des proliférations** que le simple dénombrement qui ne tient pas compte de l'importance des couvertures dans les sites. Au niveau régional, la **prolifération apparaît précoce** (surfaces d'avril + mai 30 % supérieures au niveau moyen 2002-2020 et 28 fois supérieures au niveau très bas de 2020). Cette précocité résulte, presque exclusivement, **des couvertures très précoces sur l'Est des Côtes d'Armor** (baie de Saint Briec + Baie de la « Fresnaye ») qui **représentent 97 % de la surface régionale** (contre 53 % en moyenne 2002-2020). En complément de cette situation mesurée sur les sites sableux, il est à noter (situation rencontrée aussi en 2019 et 2020) que les **vasières du Golfe du Morbihan et de la Ria d'Étel** sont fortement couvertes d'algues vertes en avril et mai et présentent en certains points des putréfactions. La surface « régionale » couverte, sur les sites sableux, **augmente fortement en juin** (doublement) et est à cette date de 47 % supérieure au niveau moyen de juin et sur la **période juillet à octobre**, chaque mois les surfaces sont **nettement supérieures au niveau interannuel** (en moyenne de 50 %). Ce niveau important en été est en grande partie **lié à un maintien à un niveau élevé des couvertures sur les baies de Saint Briec et de la « Fresnaye »** (en lien avec des flux d'azote très soutenus de la fin juin à septembre). **L'ensemble de ces mesures des sites sableux régionaux positionne l'année 2021 (avril-octobre) près de 50 % au-dessus du niveau moyen 2002-2020 et en fait la deuxième année la plus chargée derrière 2008 et devant 2009.** Cette situation annuelle s'explique en grande partie par des **conjonctions météorologiques très négatives** : **démarrage précoce sur certains des gros sites régionaux** (lien année 2020 et hiver 2020-2021 et fort ensoleillement sur janvier-avril 2021), très fortes pluies depuis le 15 juin ayant entraîné des débits, et donc des **flux d'azote très élevés en particulier sur l'est des Côtes d'Armor**, flux qui sont restés soutenus en juillet et août. Cette situation « régionale » résulte de **situations locales très disparates**. Certains secteurs ont été **très fortement touchés en 2021** : **Baie de Saint Briec, de la « Fresnaye », de « Binic/Etables sur Mer », de « Guisény »** et dans une moindre mesure du **Dossen**. Quand d'autres ont été **moins touchés** qu'en moyenne et **enfin certains secteurs n'ont pas ou peu été touchés** : **baie de la Forêt, anse de « Bréhec », baie de Douarnenez** (mais présence d'algues filamenteuses avec ou à la place des *Ulves*). Les résultats **des suivis des vasières** (programme RCS) montrent une prolifération **encore intense sur ces milieux** : la somme des 10 Masses d'Eau (ME) suivies, malgré une diminution de 18 % par rapport à 2020, **reste**



supérieure au niveau moyen 2008-2020 (+35 %) ce qui est principalement lié à la FRGC39 « Golfe du Morbihan ». Les **résultats de ces suivis surfaciques (RCS)** sont utilisés pour les calculs de l'**Etat écologique (EQR) des ME** et sont proposés dans le rapport « RCS 2021 Loire Bretagne », tout comme les informations relatives aux ramassages déclarés par les communes.

- Les suivis des **quotas azotés et phosphorés des *Ulves*** permettent d'établir le **statut nutritionnel** des algues sur les principaux sites. Cela est **particulièrement intéressant dans le cas d'année de proliférations atypique**, afin de voir si les évolutions en surfaces mesurées sont **bien expliquées par les disponibilités en nutriments**. La connaissance du statut nutritionnel des ulves associée à l'évolution des couvertures permet de mieux comprendre l'origine des évolutions observées. Ainsi l'absence d'*Ulves* en **début de saison sur la plupart des sites ne peut être imputée aux flux**, encore importants à cette période, ce qui est **attesté par les teneurs encore élevées dans les tissus des algues lors des premiers prélèvements**. Ces suivis en **2021 sont particulièrement démonstratifs**, en particulier sur les baies des Côtes d'Armor (en situation « interannuelle moyenne », chargées d'*Ulves* mais moins saturées par les flux d'azote). Aussi le contexte 2021, **avec des flux très bas en début de saison** a engendré **des teneurs très basses et nettement limitantes** dans les algues en juin **puis ces teneurs internes sont remontées de façon spectaculaire** immédiatement après **des apports très élevés de flux** (les flux sont remontés d'un facteur 10 en quelques jours, en lien avec des orages violents). Ces teneurs élevées dans le milieu et dans les algues **expliquent la forte croissance sur les mois de juillet et août** et une situation de **très forte prolifération sur ces secteurs de forts flux** en été 2021 avec une **accumulation de biomasse rarement mesurée** en septembre et octobre. Aussi, ces mesures d'indice d'eutrophisation permettent-ils de mettre en lumière le statut des nutriments *vis à vis* de la croissance des *Ulves* et de bien montrer **l'impact d'arrivée en période « sensible » de flux** importants d'azote. Quand le phosphore, sur la plupart des sites reste **suffisamment disponible et non lié aux apports directs des cours d'eau**. Sur certains sites, les niveaux de **phosphore sont en position de limitation ou co-limitation** avec l'azote. Cela ne signifie pas pour autant qu'ils peuvent être utilisés comme **facteur de maîtrise**, les sources sédimentaires en phosphore n'étant *a priori* pas contrôlables.
- Les **données produites par ces suivis complémentaires sont essentielles**. Ces suivis permettent notamment une meilleure perception de l'importance de la prolifération annuelle (4 dates de mesure complémentaires) sans lesquels il serait **très difficile de caractériser la prolifération annuelle et de décrire les facteurs l'influençant**. Les mesures des quotas azotés et phosphorés donnent, quant à eux, **des éléments d'interprétation des évolutions** surfaciques observées. Ils permettent de mettre en évidence les paramètres nutritionnels qui expliquent la prolifération ou sa limitation et de préciser les niveaux d'abattement des flux qu'il faudra encore **envisager pour une limitation accrue des proliférations**. La prolifération 2017 a été de ce point de vue particulièrement riche : suite à un **hiver particulièrement peu dispersif** et dans un **contexte nutritionnel estival bas**, la prolifération y a été la plus **précoce de la série, puis les surfaces ont fortement diminué** laissant sur certains sites la place à d'autres espèces. Cette année particulière **renforce encore la mise en évidence du caractère pluriannuel** des proliférations. A l'opposé de 2017, l'année **2020 (cas proche de 2018) a été l'année la plus tardive de la série**, en lien avec les paramètres de reconduction hivernale défavorables à un démarrage précoce. Une telle année permet de montrer que certains sites, malgré une absence d'algues sur le début de saison (jusqu'en fin juin pour certains en 2020), **parviennent, dans les conditions nutritionnelles actuelles, à des niveaux de biomasse sur les mois d'été qui sont très importants**. Et que pour limiter les proliférations par les nutriments (azote), il convient donc de **baisser encore davantage les concentrations des cours d'eau** alimentant ces baies. **Pour ce qui est de l'année 2021**, elle illustre bien le **lien aux flux sur la période de croissance**. Les flux bas sur l'est des côtes d'Armor jusqu'à la mi-juin commençaient à brider la croissance des *Ulves* (indice nutritionnel N proche



du seuil d'arrêt de la croissance Q0N) **ce qui a été totalement remis en cause par la reprise des écoulements** (flux multipliés par 10 en fin juin et ensuite restés soutenus jusqu'en septembre). Cette « très mauvaise année » en terme de prolifération d'*Ulves* (sur les grandes baies de l'Est des Côtes d'Armor, principalement) est donc bien **liée à une conjonction très négative : démarrage précoce du fait d'un hiver relativement peu dispersif à l'échelle de ces sites abrités puis flux qui sont arrivés juste au moment où leur niveau ne permettaient plus la croissance des algues**. Ces suivis **complémentaires permettent ces caractérisations fines**. Il est donc indispensable de les poursuivre pour compléter cette série de données historiques. Ils mettent notamment en évidence **un recul des proliférations déjà observé, malgré d'éventuels rebonds « conjoncturels » locaux et qui devrait se poursuivre à l'avenir avec la tendance à la baisse des flux azotés** en lien avec les concentrations dans les cours d'eau.



#### 3.3.4. Evaluation des stocks totaux

Malgré l'intérêt que représente cette évaluation en biomasse afin d'alléger les suivis et en partant du principe que les évaluations ont été relativement nombreuses ces dernières années sur les sites de Douarnenez et de la baie de la Forêt (les plus pertinents pour ces évaluations), **aucune mesure de biomasse estivale n'est prévue dans ce programme.** De telles mesures pourront être reprogrammées sous quelques années en particulier si la situation sur les estrans évoluait de façon importante.



## 4. CONCLUSION

Les différents suivis réalisés sur le littoral breton, dans le cadre du contrôle de surveillance RCS de la DCE complété par le présent réseau de contrôle opérationnel (RCO), permettent de caractériser la prolifération d'ulves de l'année 2021.

- L'indicateur **dénombrement des sites touchés par des échouages d'ulves**, avec 84 sites touchés par des échouages d'ulves, rend compte d'une année de faible prolifération (6 sites de moins qu'en 2020 et 10 sites de moins qu'en moyenne 2002-2020, proche du niveau minimal de 81 mesuré en 2018). Cet indicateur rend compte d'une année plutôt tardive (5 sites en mai) relativement peu intense (63 sites en juillet) et peu soutenue (58 sites en septembre). La proportion des sites de vasières concernée est aussi légèrement inférieure à la situation mesurée en année moyenne (31 % de sites sur vasières contre 33.5 %). En plus des ulves, le suivi des sites montre encore en 2021 de nombreux sites qui sont touchés par des proliférations d'autres algues que les ulves : algues vertes filamenteuses pour quelques sites (mais beaucoup moins qu'en 2020, année exceptionnelle à cet égard), mais surtout algues brunes filamenteuses (Ectocarpales) sur les baies de l'Est des Côtes d'Armor (Lancierieux et Fresnaye) et sur la baie de Douarnenez (avec des algues rouges filamenteuses). Ces baies, historiquement touchées par de grosses proliférations d'ulves voient donc ces dernières années des proliférations d'autres algues filamenteuses, en ligne avec la diminution de l'eutrophisation sur ces sites. Il est donc primordial de bien surveiller la composition spécifique des échouages en plus de leurs simples couvertures.
- Les suivis surfaciques sur les sites sableux **décrivent de façon plus précise l'ampleur des proliférations** que le simple dénombrement qui ne tient pas compte de l'importance des couvertures dans les sites. Au niveau régional, la **prolifération apparaît précoce** (surfaces d'avril + mai 30 % supérieures au niveau moyen 2002-2020 et 28 fois supérieures au niveau très bas de 2020). Cette précocité résulte, presque exclusivement, des couvertures très précoces sur l'Est des Côtes d'Armor (baie de Saint Briec + Baie de la Fresnaye) qui **représentent 97 % de la surface régionale** (contre 53 % en moyenne 2002-2020). En complément de cette situation mesurée sur les sites sableux, il est à noter (situation rencontrée aussi en 2019 et 2020) que les vasières du Golfe du Morbihan et de la Ria d'Étel sont fortement couvertes d'algues vertes en avril et mai et présentent en certains points des putréfactions. La surface « régionale » couverte augmente fortement en juin (doublement) et est à cette date de 47 % supérieure au niveau moyen de juin et sur la période juillet à octobre, chaque mois les surfaces sont nettement supérieures au niveau interannuel (en moyenne de 50 %). Ce niveau important en été est en grande partie lié à un maintien à un niveau élevé des couvertures sur les baies de Saint Briec et de la Fresnaye (en lien avec des flux d'azote très soutenus de la fin juin à septembre). **L'ensemble de ces mesures des sites sableux régionaux positionne l'année 2021 (avril-octobre) près de 50 % au-dessus du niveau moyen 2002-2020 et en fait la deuxième année la plus chargée derrière 2008 et devant 2009.** Cette situation annuelle s'explique en grande partie par des **conjonctions météorologiques très négatives** : démarrage précoce sur certains des gros sites régionaux (lien année 2020 et hiver 2020-2021 et fort ensoleillement sur janvier-avril 2021), très fortes pluies depuis le 15 juin ayant entraîné des débits, et donc des flux d'azote très élevés en particulier sur l'est des côtes d'Armor, flux qui sont restés soutenus en juillet et août. Cette situation « régionale » résulte de situations locales très disparates. Certains secteurs ont été très fortement touchés en 2021 : Baie de Saint Briec, de la « Fresnaye », de « Binic/Etables sur Mer », de « Guissény » et dans une moindre mesure du « Dossen ». Quand d'autres ont été moins touchés qu'en moyenne et enfin certains secteurs n'ont pas ou peu été touchés : baie de la Forêt, anse de « Bréhec », baie de Douarnenez (mais présence d'algues filamenteuse avec ou à la place des ulves). Les résultats des suivis des vasières (programme RCS) montrent une prolifération encore intense sur ces milieux : la somme des 10 Masses d'Eau (ME) suivies, malgré une diminution de 18 % par rapport à 2020, reste supérieure au niveau



moyen 2008-2020 (+35 %) ce qui est principalement lié à la FRGC39 « Golfe du Morbihan ». Les résultats de ces suivis surfaciques (RCS) sont utilisés pour les calculs de l'Etat écologique (EQR) des ME et sont proposés dans le rapport « RCS 2021 Loire Bretagne », tout comme les informations relatives aux ramassages déclarés par les communes.

- Les suivis des **quotas azotés et phosphorés des ulves** permettent d'établir le **statut nutritionnel** des algues sur les principaux sites. Cela est particulièrement intéressant dans le cas d'année de proliférations atypique, afin de voir si les évolutions en surfaces mesurées sont bien expliquées par les disponibilités en nutriments. La connaissance du statut nutritionnel des ulves associée à l'évolution des couvertures permet de mieux comprendre l'origine des évolutions observées. Ainsi l'absence d'ulves en début de saison sur la plupart des sites ne peut être imputée aux flux, encore importants à cette période, ce qui est attesté par les teneurs encore élevées dans les tissus des algues lors des premiers prélèvements. Ces suivis en 2021 sont particulièrement démonstratifs, en particulier sur les baies des Côtes d'Armor (en moyennes chargées d'ulves mais moins saturées par les flux d'azote). Aussi le contexte 2021, avec des flux très bas en début de saison a engendré des teneurs très basses et nettement limitantes dans les algues en juin puis ces teneurs internes sont remontées de façon spectaculaire immédiatement après des apports très élevés de flux (les flux sont remontés d'un facteur 10 en quelques jours, en lien avec des orages violents). Ces teneurs élevées dans le milieu et dans les algues **expliquent la forte croissance sur les mois de juillet et août** et une situation de très forte prolifération sur ces secteurs de forts flux en été 2021 avec une accumulation de biomasse rarement mesurée en septembre et octobre. Aussi, ces mesures d'indice d'eutrophisation permettent-ils de mettre en lumière le statut des nutriments vis à vis de la croissance des ulves et de bien montrer l'impact d'arrivée en période « sensible » de flux importants d'azote. Quand le phosphore, sur la plupart des sites reste suffisamment disponible et non lié aux apports des cours d'eau. Sur certains sites, les niveaux de **phosphore sont en position de limitation ou co-limitation** avec l'azote. Cela ne signifie pas pour autant qu'ils peuvent être utilisés comme **facteur de maîtrise**, les sources sédimentaires en phosphore n'étant *a priori* pas contrôlables.
- Les **données produites par ces suivis complémentaires sont essentielles**. Ces suivis permettent notamment une meilleure perception de l'importance de la prolifération annuelle (4 dates de mesure complémentaires) sans lesquels il serait **très difficile de caractériser la prolifération annuelle et de décrire les facteurs l'influençant**. Les mesures des quotas azotés et phosphorés donnent quant à eux **des éléments d'interprétation des évolutions** surfaciques observées. Ils permettent de mettre en évidence les paramètres nutritionnels qui expliquent la prolifération ou sa limitation et de préciser les niveaux d'abattement des flux qu'il faudra encore envisager pour une limitation accrue des proliférations. La prolifération 2017 a été de ce point de vue particulièrement riche : suite à un **hiver particulièrement peu dispersif** et dans un **contexte nutritionnel estival bas**, la prolifération y a été la plus **précoce de la série, puis les surfaces ont fortement diminué** laissant sur certains sites la place à d'autres espèces. Cette année particulière **renforce encore la mise en évidence du caractère pluriannuel** des proliférations. A l'opposé de 2017, l'année **2020** (cas proche de 2018) **a été l'année la plus tardive de la série**, en lien avec les paramètres de reconduction hivernale défavorables à un démarrage précoce. Une telle année permet de montrer que certains sites, malgré une absence d'algues sur le début de saison (jusqu'en fin juin pour certains en 2020), **parviennent, dans les conditions nutritionnelles actuelles, à des niveaux de biomasse sur les mois d'été qui sont très importants**. Et que pour limiter les proliférations par les nutriments (azote), il convient donc de **baissier encore davantage les concentrations des cours d'eau** alimentant ces baies. **Pour ce qui est de l'année 2021**, elle illustre bien le **lien aux flux sur la période de croissance**. Les flux bas sur l'est des côtes d'Armor jusqu'à la mi-juin commençaient à brider la croissance des *Ulves* (proche des seuils d'arrêt) **ce qui a été totalement remis en cause par la reprise des écoulements** (flux multipliés par 10 en fin



juin et ensuite restés soutenus jusqu'en septembre). Cette « très mauvaise année » en terme de prolifération d'ulves (sur les grandes baies de l'Est des Côtes d'Armor, principalement) est donc bien **liée à une conjonction très négative : démarrage précoce du fait d'un hiver relativement peu dispersif à l'échelle de ces sites abrités puis flux qui sont arrivés juste au moment où leur niveau ne permettaient plus la croissance des algues**. Ces suivis complémentaires permettent ces caractérisations fines. Il est donc indispensable de les poursuivre pour compléter cette série de données historiques. Ils mettent notamment en évidence **un recul des proliférations déjà observé, malgré d'éventuels rebonds « conjoncturel » locaux et** qui devrait se poursuivre à l'avenir avec la tendance à la baisse des flux azotés en lien avec les concentrations dans les cours d'eau.



## ANNEXES



**ANNEXE 1**

SITES TOUCHES PAR DES ECHOUAGES D'ULVES EN MAI, JUILLET, SEPTEMBRE 2021

# Sites touchés par des échouages d'ulves mai 2021

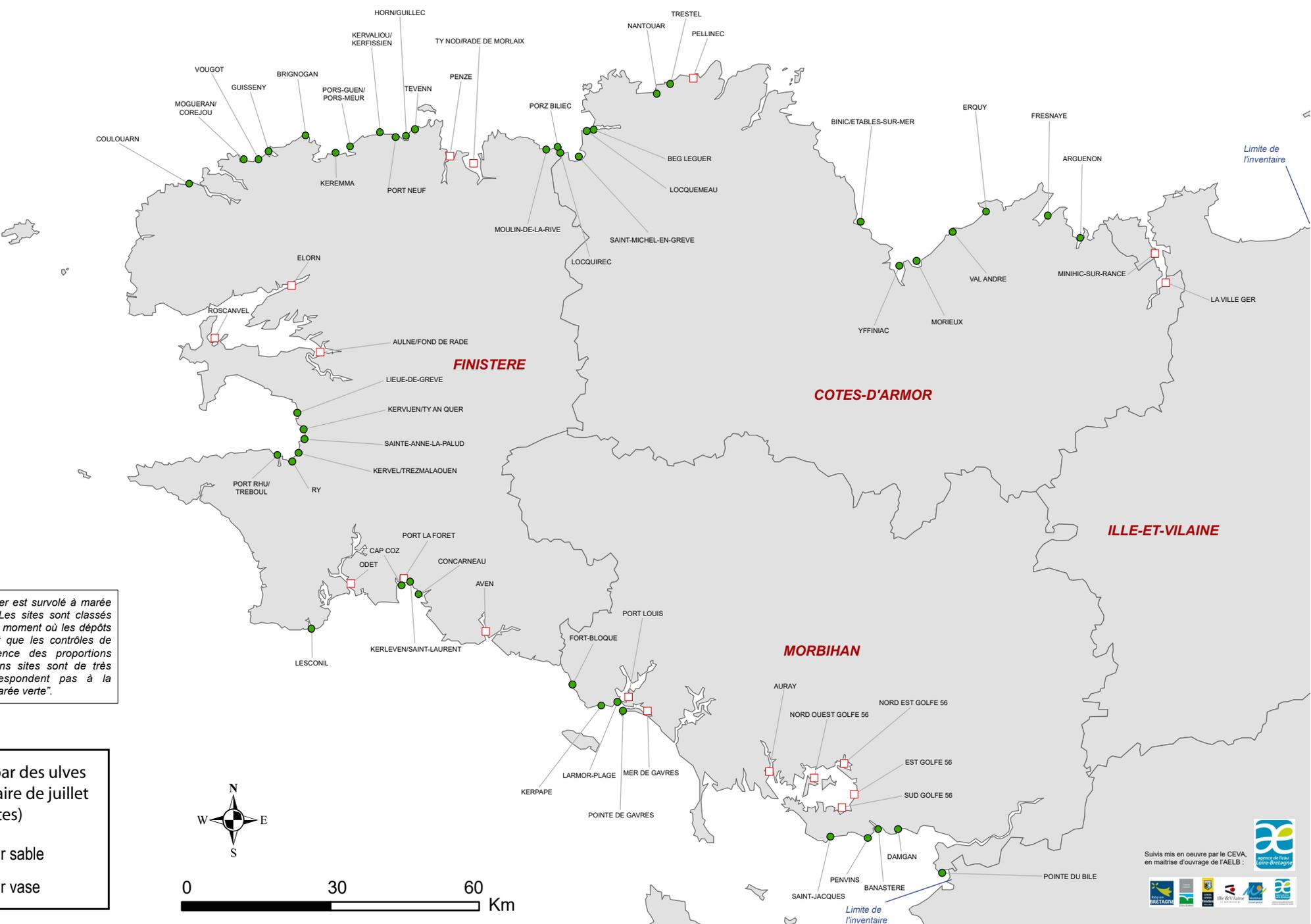


L'ensemble du linéaire côtier est survolé à marée basse de fort coefficient. Les sites sont classés comme touchés à partir du moment où les dépôts sont décelables d'avion et que les contrôles de terrain mettent en évidence des proportions anormales d'ulves. Certains sites sont de très petite taille et ne correspondent pas à la description classique de "marée verte".

**Sites touchés par des ulves lors de l'inventaire de mai (51 sites)**

- site sur sable
- site sur vase

# Sites touchés par des échouages d'ulves juillet 2021



L'ensemble du linéaire côtier est survolé à marée basse de fort coefficient. Les sites sont classés comme touchés à partir du moment où les dépôts sont décelables d'avion et que les contrôles de terrain mettent en évidence des proportions anormales d'ulves. Certains sites sont de très petite taille et ne correspondent pas à la description classique de "marée verte".

Sites touchés par des ulves lors de l'inventaire de juillet (63 sites)

- site sur sable
- site sur vase

# Sites touchés par des échouages d'ulves septembre 2021



L'ensemble du linéaire côtier est survolé à marée basse de fort coefficient. Les sites sont classés comme touchés à partir du moment où les dépôts sont décelables d'avion et que les contrôles de terrain mettent en évidence des proportions anormales d'ulves. Certains sites sont de très petite taille et ne correspondent pas à la description classique de "marée verte".

Sites touchés par des ulves lors de l'inventaire de septembre (58 sites)

- site sur sable
- site sur vase

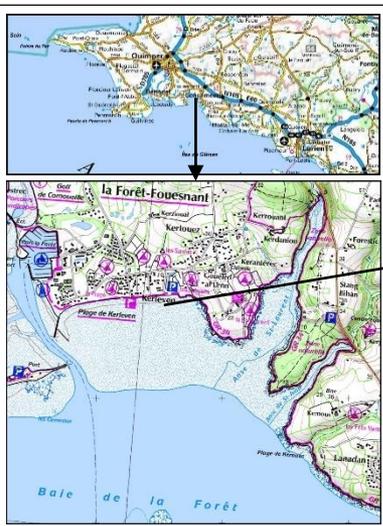


## ANNEXE 2

EXEMPLE DE FICHE DE CONTRÔLE TERRAIN POUR UN SITE

## KERLEVEN/SAINT-LAURENT - Plage de Kerleven

(29)



Mélange de *Solieria* et d'ulves  
de grande taille (>30cm).

Zones /gradient	Types d'algues échouées			Types d'algues vertes échouées		Type d'ulve		Taux recouvrement dépôt ulves	Identifications
	% AB	% AR	% AV	% ulves	% entéros	% libres	% arrachage		
1	5	60	35	98	2	30	70	70 %	<i>Solieria chordalis</i> <i>Ulva</i> sp. <i>Enteromorpha</i> sp.



## ANNEXE 3

SITES TOUCHES PAR DES PROLIFERATIONS D'AUTRES ALGUES EN 2021





## ANNEXE 4

TAILLE MAXIMUM DES SITES A ULVES SUR PLAGES EN 2021





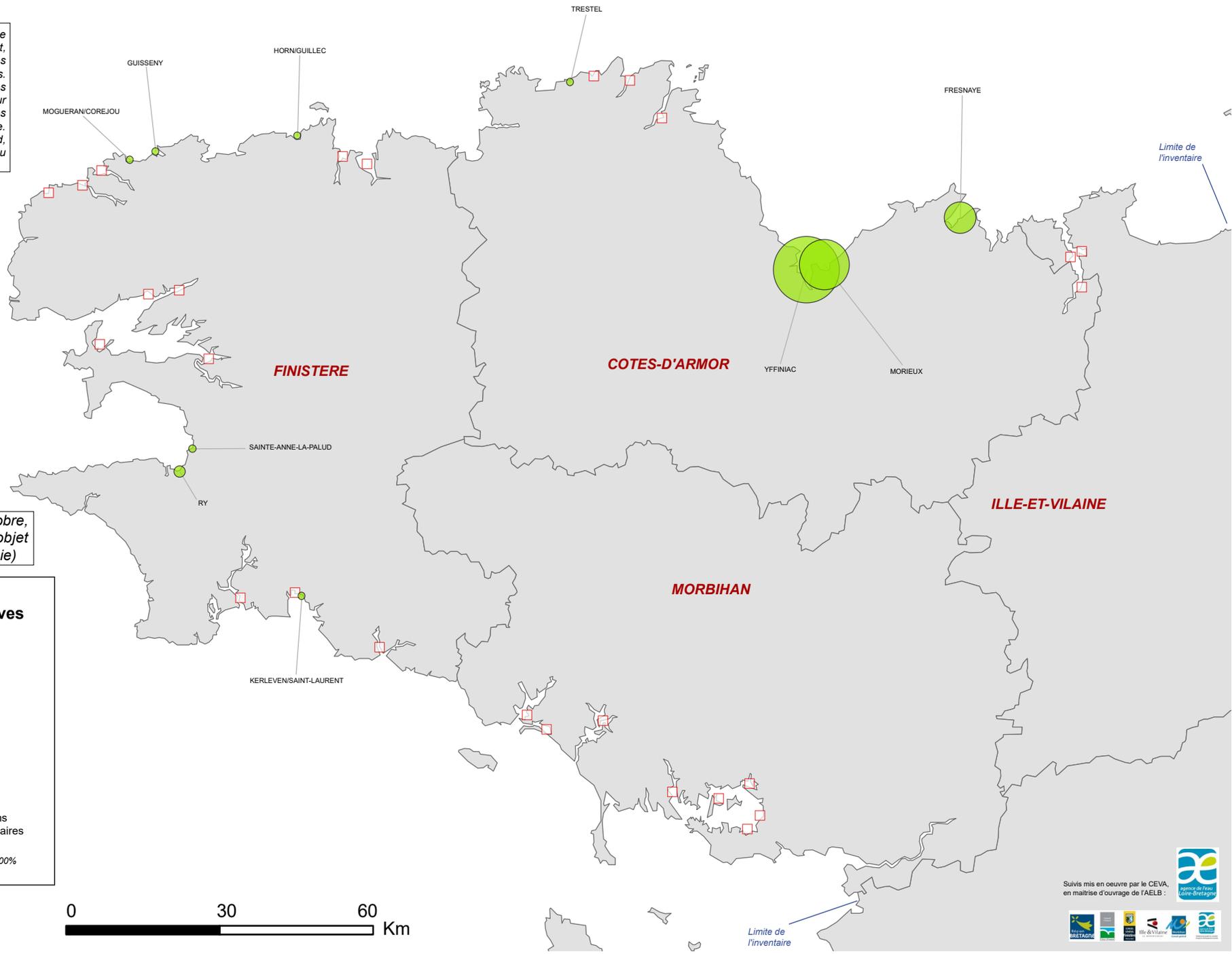
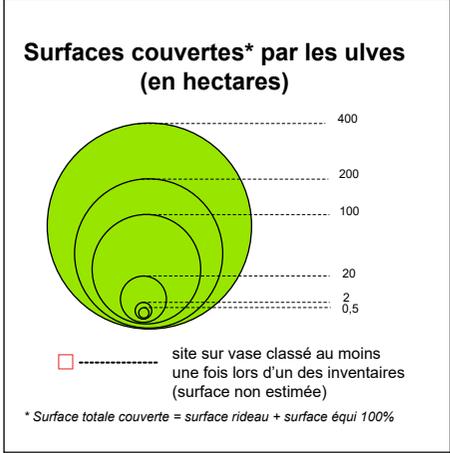
## ANNEXE 5

- SURFACES COUVERTES PAR SITE POUR LES MISSIONS D'AVRIL A OCTOBRE 2021
- SURFACES COUVERTES PAR SITE POUR LES MISSIONS D'AVRIL A OCTOBRE DES ANNEES 2002 à 2021
- SURFACES COUVERTES PAR SITE D'AVRIL A OCTOBRE EN MOYENNE SUR 2002-2013

# Surfaces couvertes par les ulves avril 2021

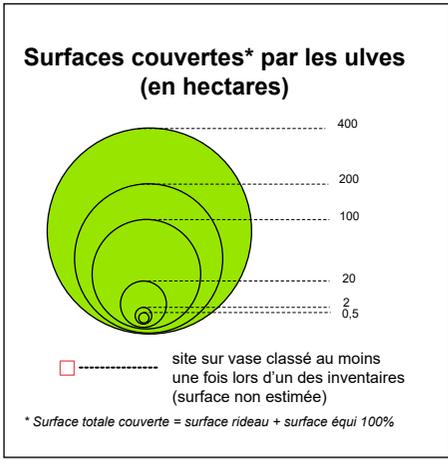
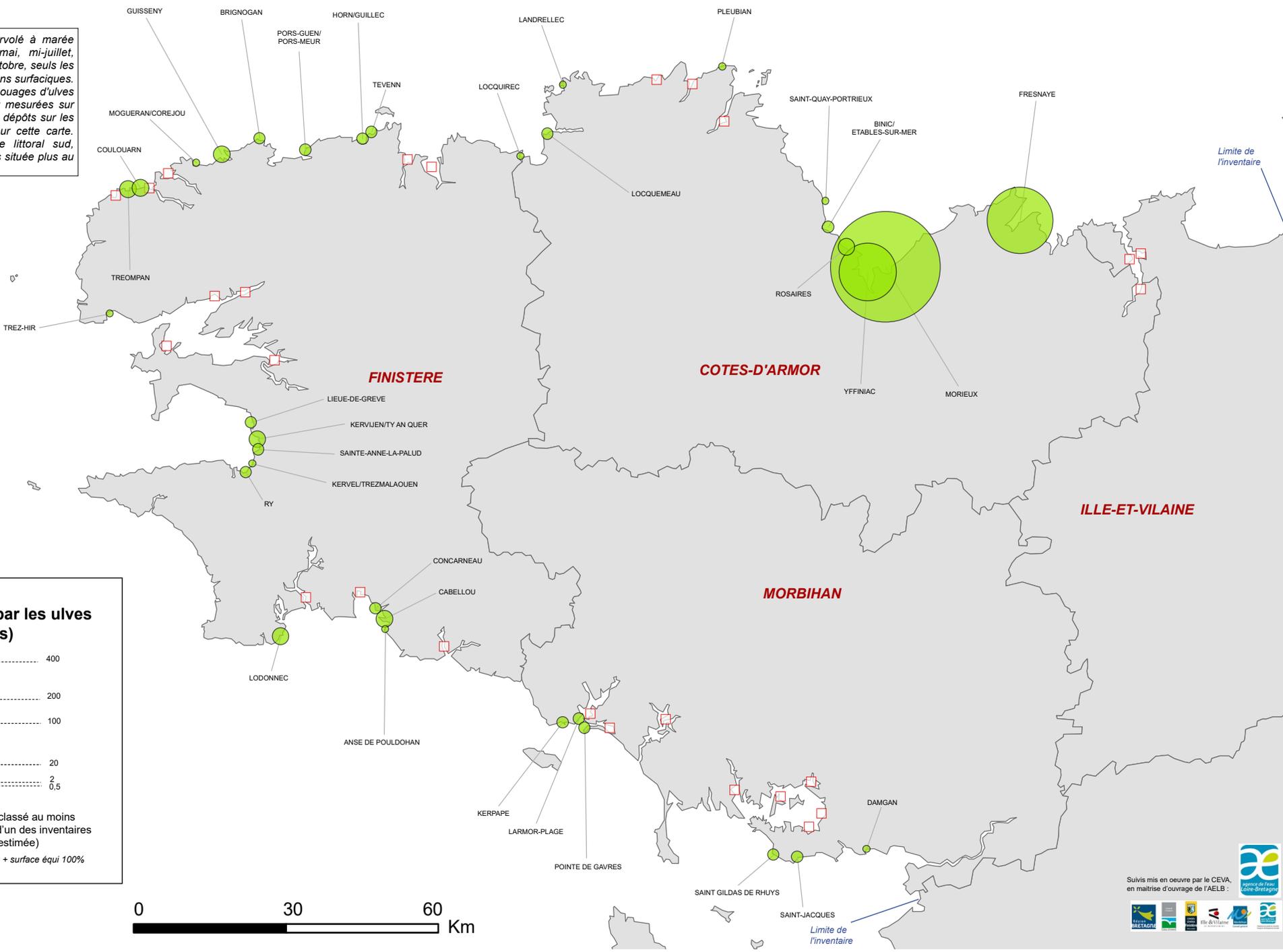
L'ensemble du linéaire côtier est survolé à marée basse de fort coefficient à la mi-mai, mi-juillet, mi-septembre. En avril, juin, août et octobre, seuls les sites principaux font l'objet d'estimations surfaciques. Pour tous les sites présentant des échouages d'ulves sur sable, les surfaces de dépôt sont mesurées sur les photos aériennes. Les surfaces de dépôts sur les vasières ne sont pas représentées sur cette carte. Certains sites, en particulier sur le littoral sud, comportent une part importante d'ulves située plus au large et non comptabilisée ici.

**A noter :** en avril, juin, août et octobre, seuls les sites principaux font l'objet d'évaluation surfacique (liste prédéfinie)



# Surfaces couvertes par les ulves mai 2021

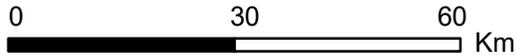
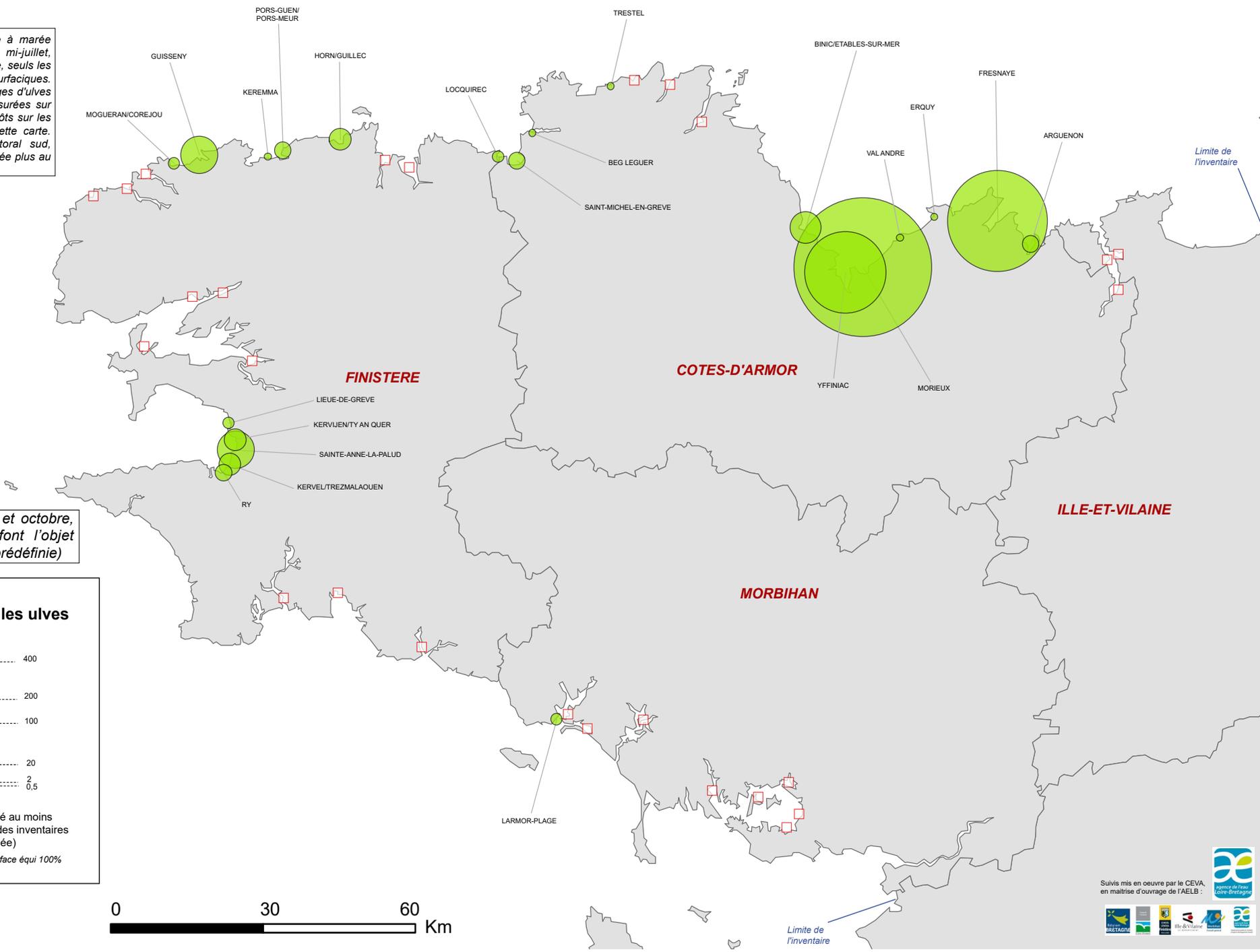
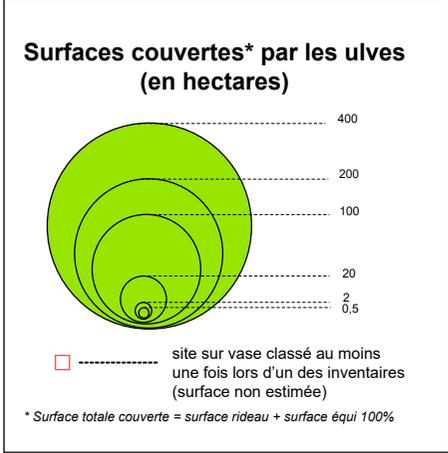
L'ensemble du linéaire côtier est survolé à marée basse de fort coefficient à la mi-mai, mi-juillet, mi-septembre. En avril, juin, août et octobre, seuls les sites principaux font l'objet d'estimations surfaciques. Pour tous les sites présentant des échouages d'ulves sur sable, les surfaces de dépôt sont mesurées sur les photos aériennes. Les surfaces de dépôts sur les vasières ne sont pas représentées sur cette carte. Certains sites, en particulier sur le littoral sud, comportent une part importante d'ulves située plus au large et non comptabilisée ici.



# Surfaces couvertes par les ulves juin 2021

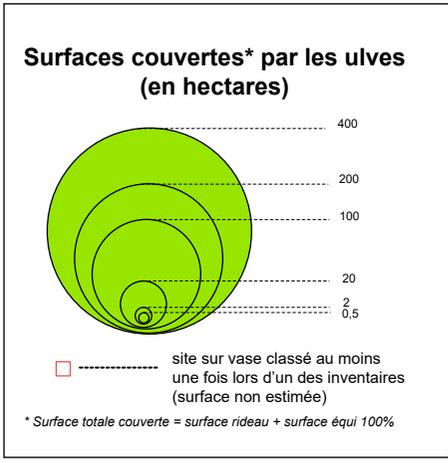
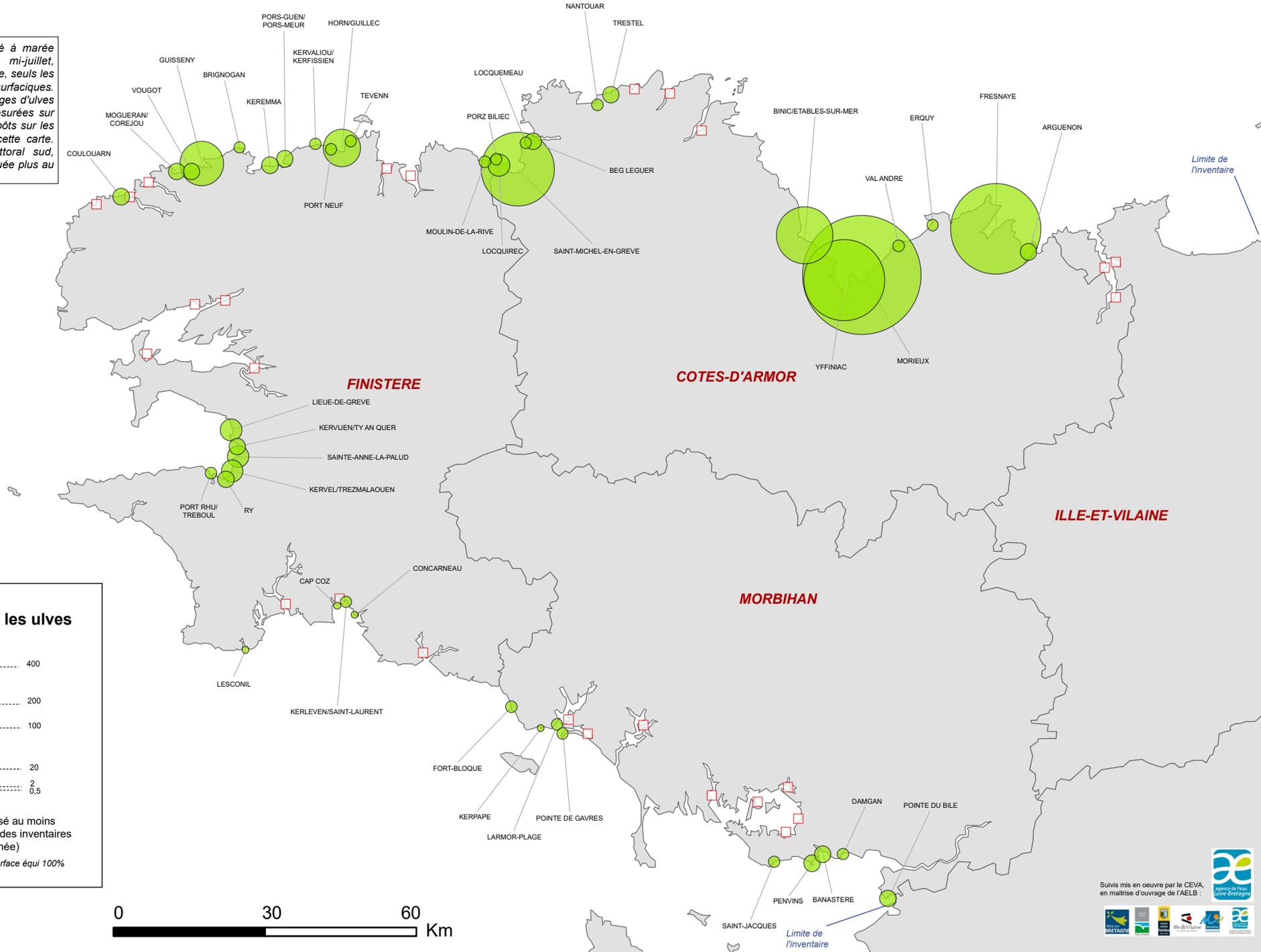
L'ensemble du linéaire côtier est survolé à marée basse de fort coefficient à la mi-mai, mi-juillet, mi-septembre. En avril, juin, août et octobre, seuls les sites principaux font l'objet d'estimations surfaciques. Pour tous les sites présentant des échouages d'ulves sur sable, les surfaces de dépôt sont mesurées sur les photos aériennes. Les surfaces de dépôts sur les vasières ne sont pas représentées sur cette carte. Certains sites, en particulier sur le littoral sud, comportent une part importante d'ulves située plus au large et non comptabilisée ici.

**A noter :** en avril, juin, août et octobre, seuls les sites principaux font l'objet d'évaluation surfacique (liste prédéfinie)



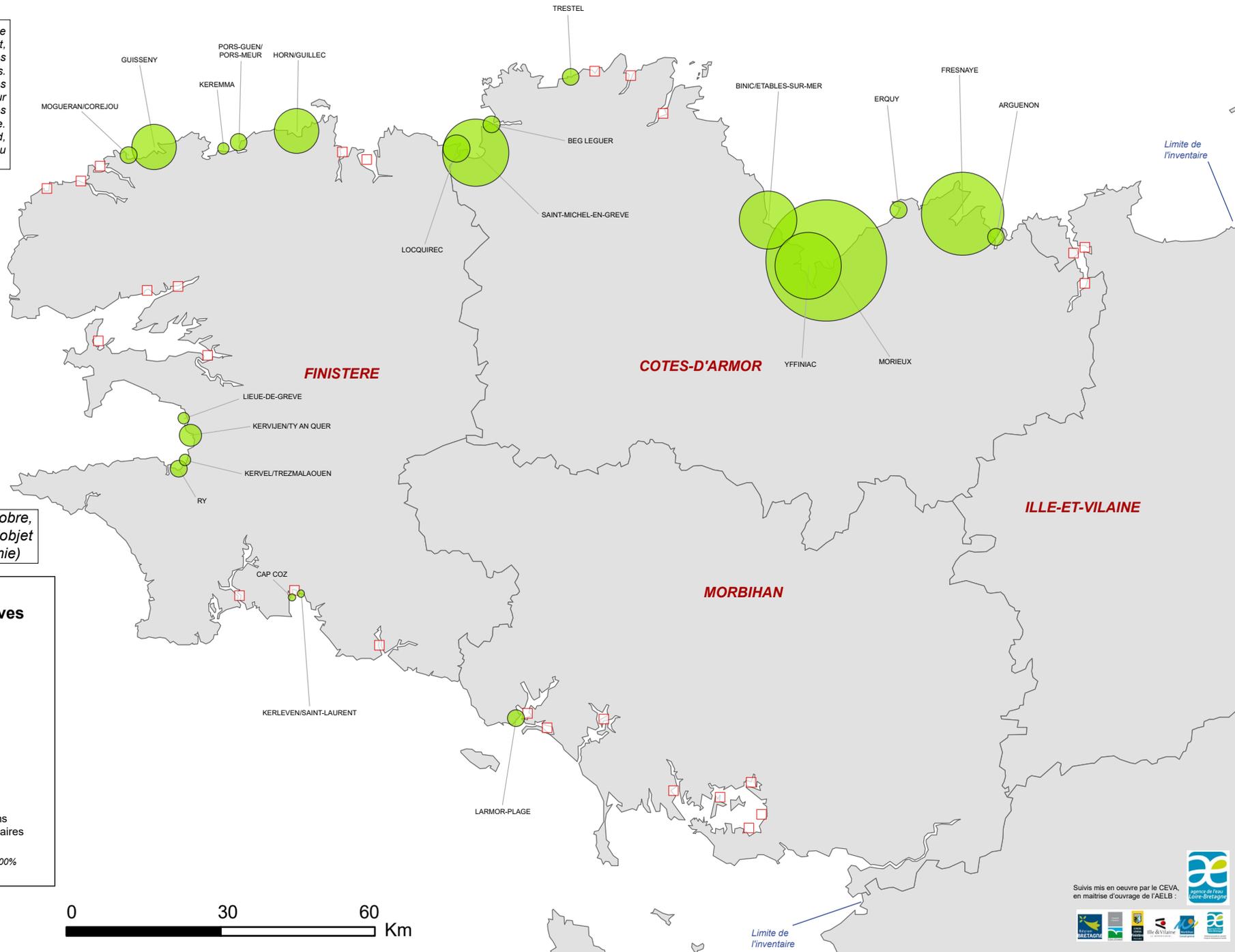
# Surfaces couvertes par les ulves juillet 2021

L'ensemble du linéaire côtier est survolé à marée basse de fort coefficient à la mi-mai, mi-juillet, mi-septembre. En avril, juin, août et octobre, seuls les sites principaux font l'objet d'estimations surfaciques. Pour tous les sites présentant des échouages d'ulves sur sable, les surfaces de dépôt sont mesurées sur les photos aériennes. Les surfaces de dépôts sur les vasières ne sont pas représentées sur cette carte. Certains sites, en particulier sur le littoral sud, comportent une part importante d'ulves située plus au large et non comptabilisée ici.

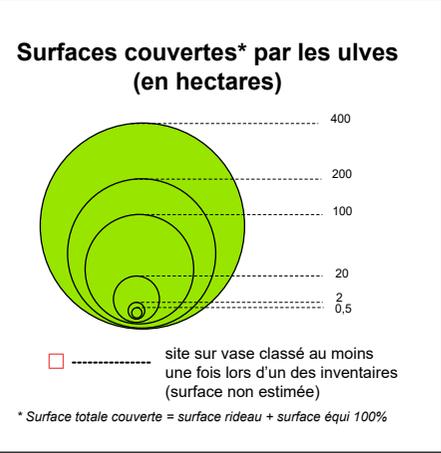


# Surfaces couvertes par les ulves août 2021

L'ensemble du linéaire côtier est survolé à marée basse de fort coefficient à la mi-mai, mi-juillet, mi-septembre. En avril, juin, août et octobre, seuls les sites principaux font l'objet d'estimations surfaciques. Pour tous les sites présentant des échouages d'ulves sur sable, les surfaces de dépôt sont mesurées sur les photos aériennes. Les surfaces de dépôts sur les vasières ne sont pas représentées sur cette carte. Certains sites, en particulier sur le littoral sud, comportent une part importante d'ulves située plus au large et non comptabilisée ici.

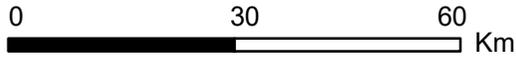
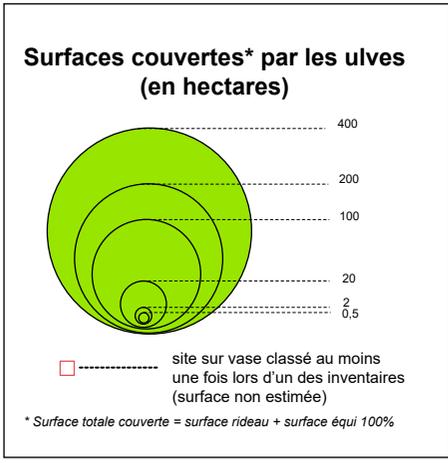
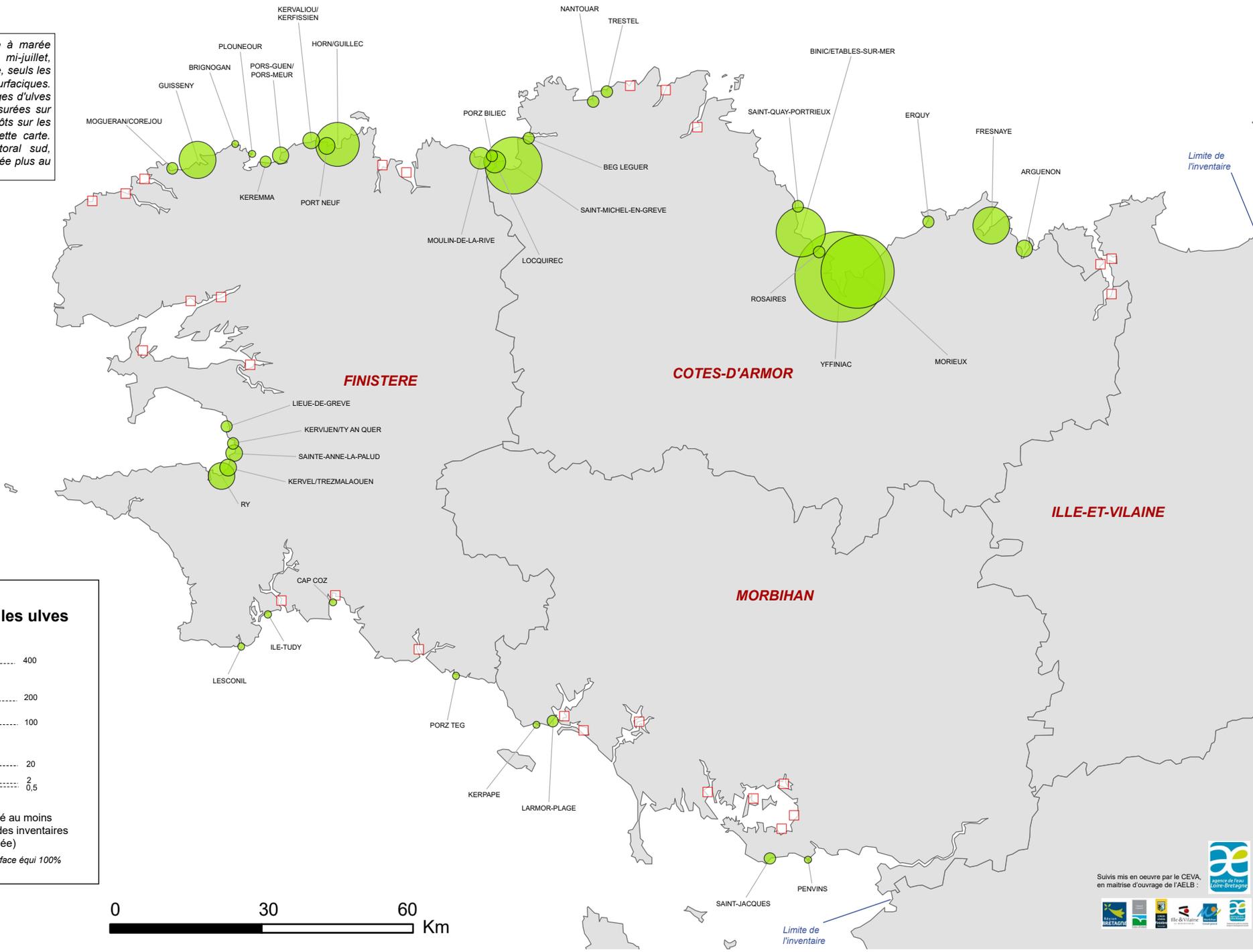


**A noter :** en avril, juin, août et octobre, seuls les sites principaux font l'objet d'évaluation surfacique (liste prédéfinie)



# Surfaces couvertes par les ulves septembre 2021

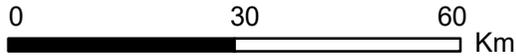
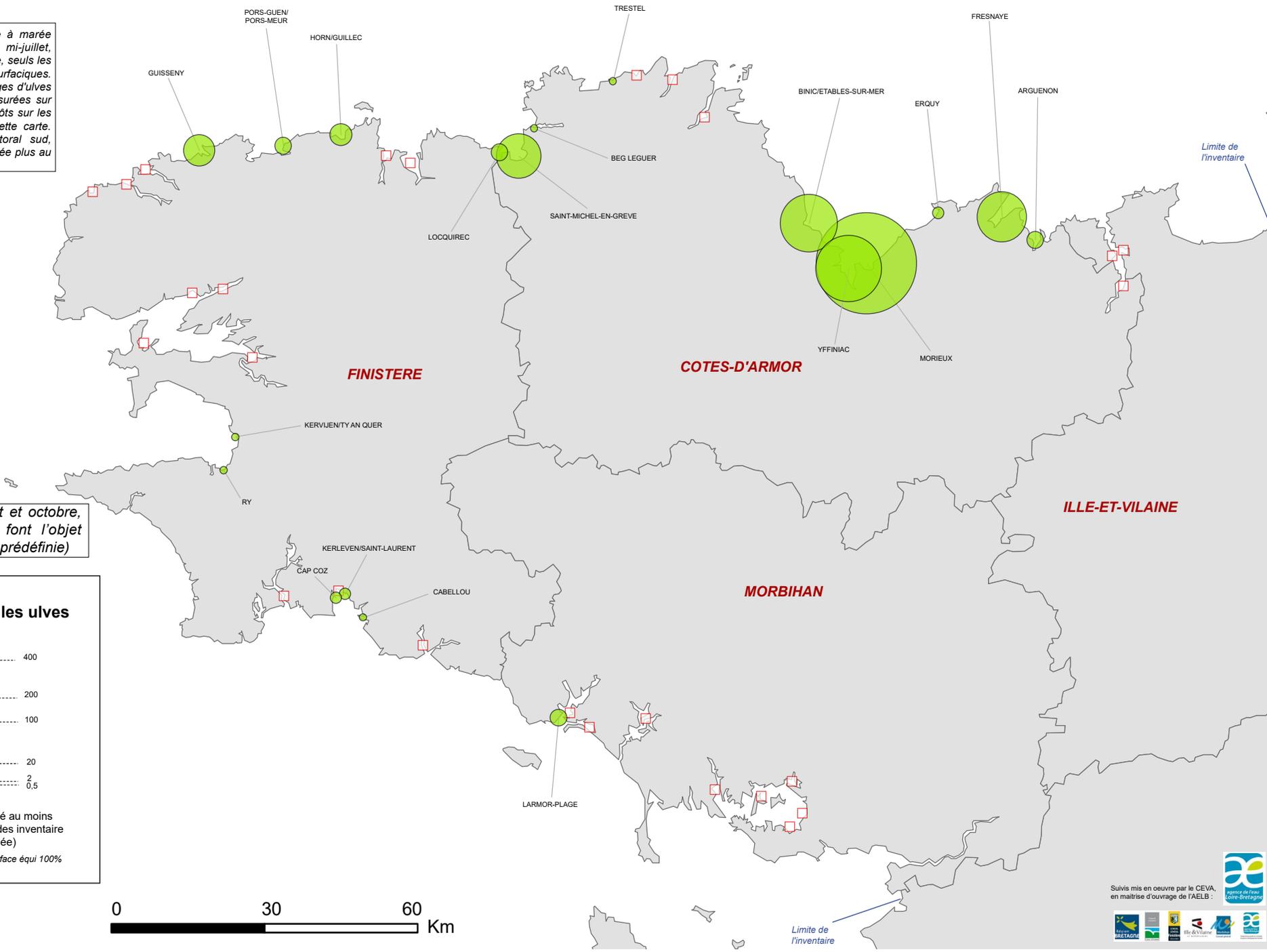
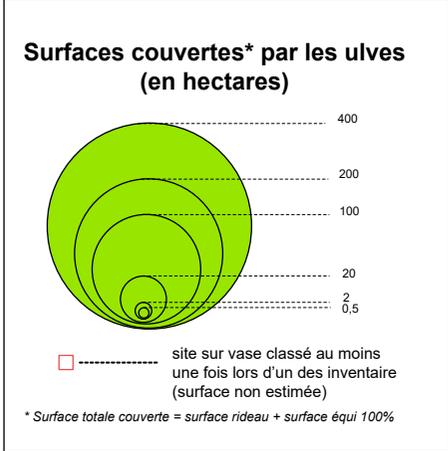
L'ensemble du linéaire côtier est survolé à marée basse de fort coefficient à la mi-mai, mi-juillet, mi-septembre. En avril, juin, août et octobre, seuls les sites principaux font l'objet d'estimations surfaciques. Pour tous les sites présentant des échouages d'ulves sur sable, les surfaces de dépôt sont mesurées sur les photos aériennes. Les surfaces de dépôts sur les vasières ne sont pas représentées sur cette carte. Certains sites, en particulier sur le littoral sud, comportent une part importante d'ulves située plus au large et non comptabilisée ici.



# Surfaces couvertes par les ulves octobre 2021

L'ensemble du linéaire côtier est survolé à marée basse de fort coefficient à la mi-mai, mi-juillet, mi-septembre. En avril, juin, août et octobre, seuls les sites principaux font l'objet d'estimations surfaciques. Pour tous les sites présentant des échouages d'ulves sur sable, les surfaces de dépôt sont mesurées sur les photos aériennes. Les surfaces de dépôts sur les vasières ne sont pas représentées sur cette carte. Certains sites, en particulier sur le littoral sud, comportent une part importante d'ulves située plus au large et non comptabilisée ici.

**A noter :** en avril, juin, août et octobre, seuls les sites principaux font l'objet d'évaluation surfacique (liste prédéfinie)





## ANNEXE 6

FICHES DE SYNTHÈSE POUR LES PRINCIPAUX SITES POUR 2021

# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2021 sur le site BAIE DU MONT SAINT MICHEL

13/04/2021



13/05/2021



12/06/2021



14/07/2021



11/08/2021 : *Ectocarpales* + phytoplancton brun



06/09/2021 : 99% *Ar*/1% *Ulva* sp.



08/10/2021



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2021 sur le site TROCTIN

13/04/2021



13/05/2021



12/06/2021



14/07/2021



11/08/2021



06/09/2021



08/10/2021



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2021 sur le site SAINT JOUAN DES GUERETS

13/04/2021



13/05/2021 : 100% *Enteromorpha* sp.



12/06/2021 : 100% *Enteromorpha* sp.



14/07/2021 : 99% *Enteromorpha* sp./1% *Ulva* sp.



11/08/2021 : 75% *Enteromorpha* sp./25% *Ulva* sp.



06/09/2021 : 55% *Enteromorpha* sp./45% *Ulva* sp.



08/10/2021 : 43% *Enteromorpha* sp./57% *Ulva* sp.



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2021 sur le site LANCIEUX

13/04/2021 : 100% *Ectocarpales*



13/05/2021 : 15% *Ulva sp.*/15% *Ectocarpales*/55% *Ar*/15% *Ab*



12/06/2021 : 95% *Ectocarpales sp.*/3% *Ulva sp.*/2% *Cladophora sp.*



14/07/2021 : 93% *Ectocarpales*/4% *Cladophora*/1% *Ulva sp.*



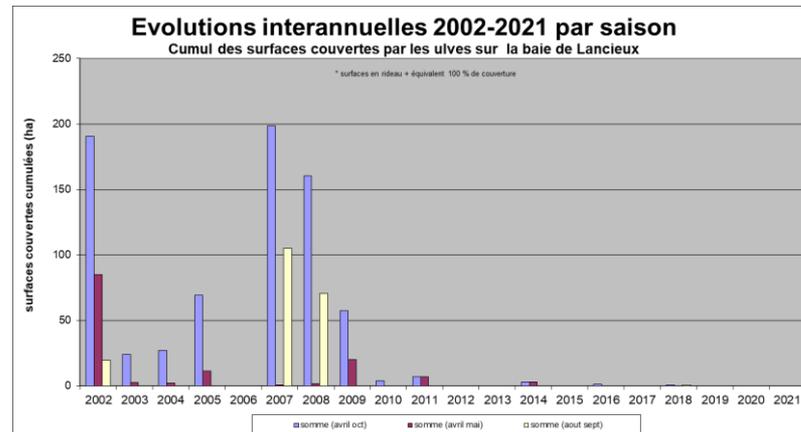
11/08/2021 : 100% *Ectocarpales*



06/09/2021 : 100% *Ectocarpales*



08/10/2021 : 98% *Ectocarpales*



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2021 sur le site ARGUENON

13/04/2021 : 95% *fucus* + *zostères*



13/05/2021 : 75% *Ab* /13% *Ar* 10%/ *Ectocarpales*/2% *Ulva* sp.



12/06/2021 : 45-75% *Ulva* sp./5-10% *Ectocarpales*



14/07/2021 : 30-85% *Ulva* sp./2-15% *Ectocarpales*/10-13% *Enteromorpha* sp.



11/08/2021 : 65-85% *Ulva* sp.



06/09/2021 : 60-80% *Ulva* sp./7-8% *Enteromorpha* sp./10% *Ar*/5-20% *Ab*

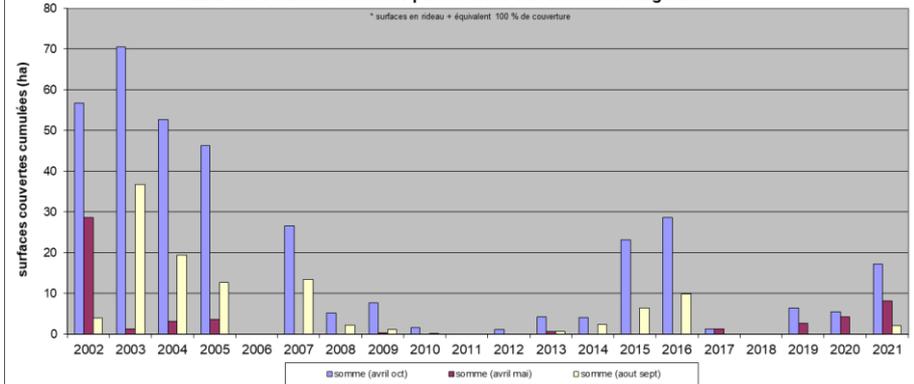


08/10/2021 : 55% *Ulva* sp./35% *Ar*/10% *Ab*



## Evolutions interannuelles 2002-2021 par saison

Cumul des surfaces couvertes par les ulves sur la baie de l'Arguenon



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2021 sur le site FRESNAYE

13/04/2021 : 85-90% *Ulvaria*/5-10% *Ectocarpales*/0-5% polysiphonia



13/05/2021 : 95% *Ulvaria*/5% *Polysiphonia* sp.



12/06/2021 : 95% *Ulvaria*/2% *Ectocarpales*/3% *polysiphonia*



14/07/2021 : 5-98% *Ulvaria*/1-30% *Ectocarpales*/1-65% *Polysiphonia*



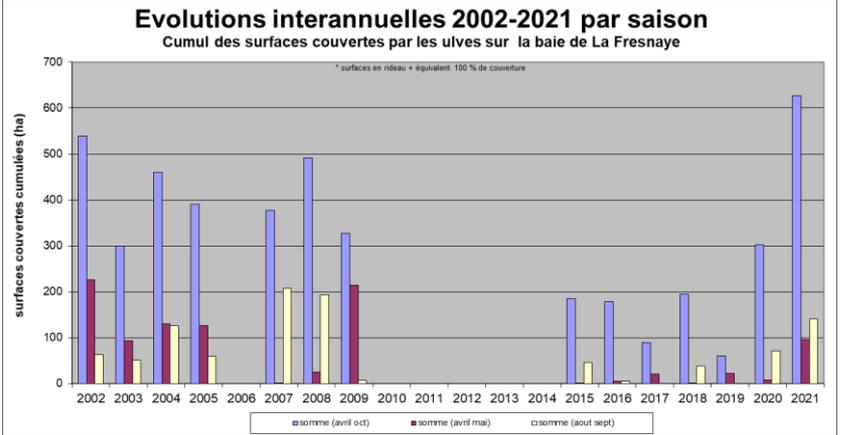
11/08/2021 : 75% *Ulvaria*/15% *Ectocarpales*/5% *Polysiphonia*



06/09/2021 : 100% *Ulvaria obscura*



08/10/2021 : 10-90% *Ulvaria obscura*/10-100% *Polysiphonia* sp.



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2021 sur le site ERQUY

13/04/2021



13/05/2021



12/06/2021 : 90% *Ulva sp.*



14/07/2021 : 100% *Ulva sp.*



11/08/2021 : 90% *Ulva sp.*



06/09/2021 : 100% *Ulva sp.*

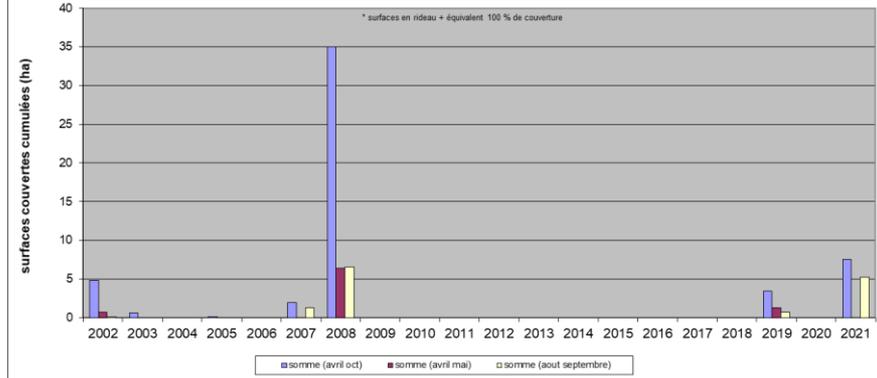


08/10/2021 : 80% *Ulva sp.*



## Evolution interannuelle 2002-2021 par saison

Cumul des surfaces couvertes par les ulves sur le site d'Erquy



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2021 sur le site VAL ANDRE

13/04/2021



13/05/2021



12/06/2021 : 90% *Ulva sp.*



14/07/2021 : 63% *Ulva sp.*/7% *Enteromorpha sp.*/20% Ar/10% Ab



11/08/2021



06/09/2021



08/10/2021



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2021 sur le site MORIEUX

13/04/2021 : 100% *Ulva armoricana*



13/05/2021 : 95% *Ulva armoricana*/3% *Ectocarpales*/2% *Ar*



12/06/2021 : 100% *Ulva sp.*



14/07/2021 : 97-100% *Ulva sp.*/0-2% *Ectocarpales*/0-1% *Ar*



11/08/2021 : 100% *Ulva sp.*



07/09/2021 : 100% *Ulva sp.*

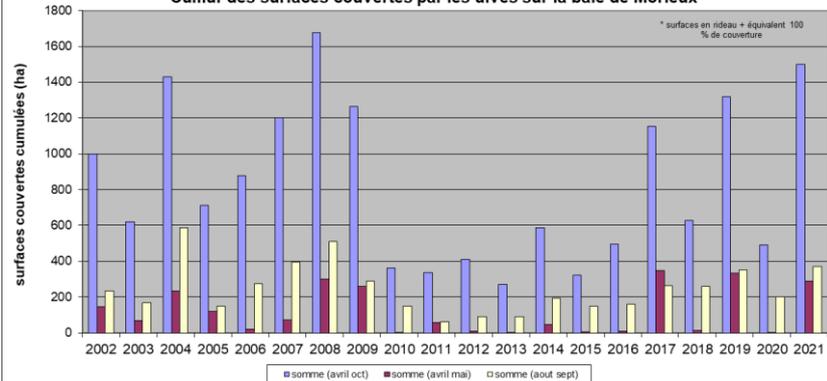


08/10/2021 : 100% *Ulva sp.*



## Evolution interannuelle 2002-2021 par saison

Cumul des surfaces couvertes par les ulves sur la baie de Morieux



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2021 sur le site YFFINIAC

13/04/2021 : 100% *Ulva armoricana*



13/05/2021 : 100% *Ulva armoricana*



12/06/2021 : 100% *Ulva sp.*



14/07/2021 : 100% *Ulva sp.*



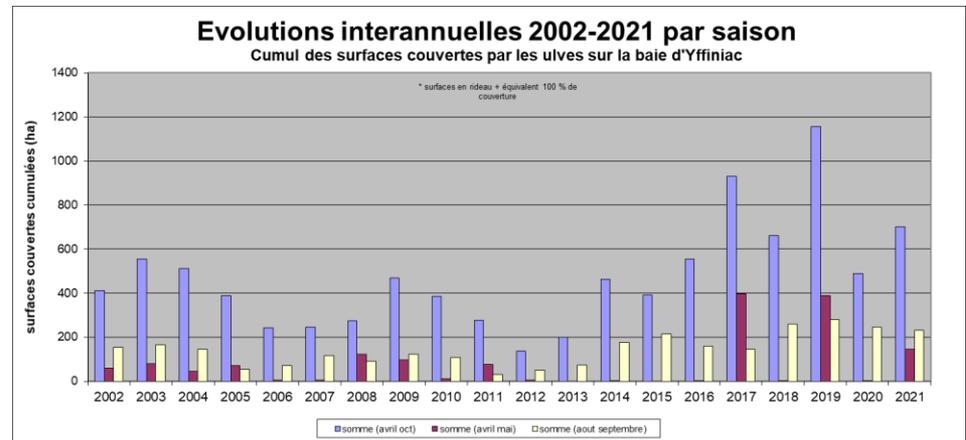
11/08/2021 : 100% *Ulva sp.*



07/09/2021 : 100% *Ulva sp.*



08/10/2021 : 100% *Ulva sp.*



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2021 sur le site BINIC

13/04/2021 : 80% Ar/20% Ulva sp.



13/05/2021 : 5-50% Ulva sp./40-85% Ar/10% Ab



12/06/2021 : 75% Ectocarpaceles sp./25% Ulva sp. en bas de plage



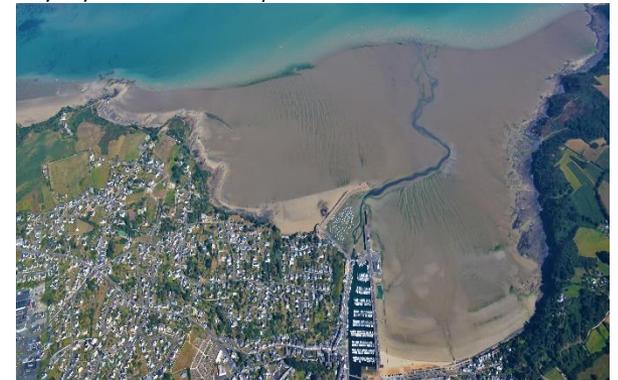
14/07/2021 : 98% Ulva sp.



11/08/2021 : 100% Ulva sp.



07/09/2021 : 90% Ulva sp.

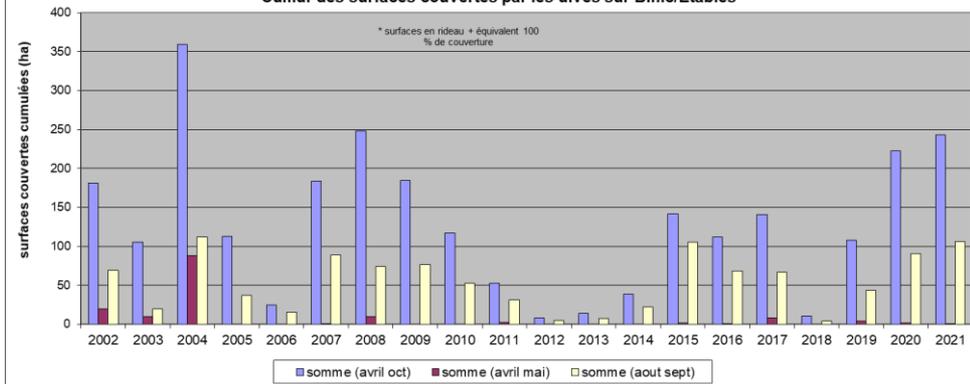


08/10/2021 : 98% Ulva sp.



## Evolutions interannuelles 2002-2021 par saison

Cumul des surfaces couvertes par les ulves sur Binic/Etables



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2021 sur le site BREHEC

13/04/2021



13/05/2021 : aucune algue



12/06/2021



14/07/2021 : 100% *Enteromorpha* sp. (traces)



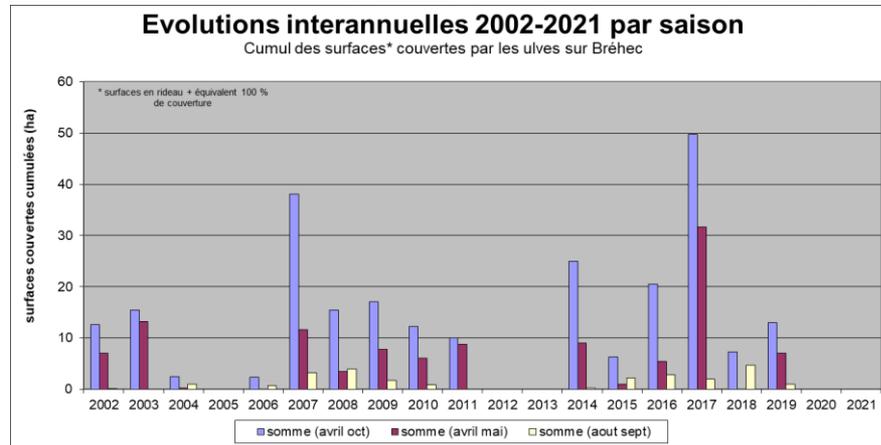
11/08/2021



06/09/2021



08/10/2021



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2021 sur le site LEDANO

13/04/2021 : 100% *Enteromorpha* sp.



13/05/2021



12/06/2021



14/07/2021 : 10% *Ulva* sp./90% *Enteromorpha* sp.



11/08/2021



06/09/2021 : 38% *Ulva* sp./67% *Enteromorpha* sp.



08/10/2021 : 47% *Ulva* sp./53% *Enteromorpha* sp.



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2021 sur le site TRESTEL

13/04/2021 : environ 1/3 *Ulva sp.*



13/05/2021 : 5-40% *Ulva sp.*



12/06/2021 : 95% *Ulva sp.*



14/07/2021 : 80-95% *Ulva sp.*



11/08/2021 : 60-80% *Ulva sp.*



06/09/2021 : 27-90% *Ulva sp.*

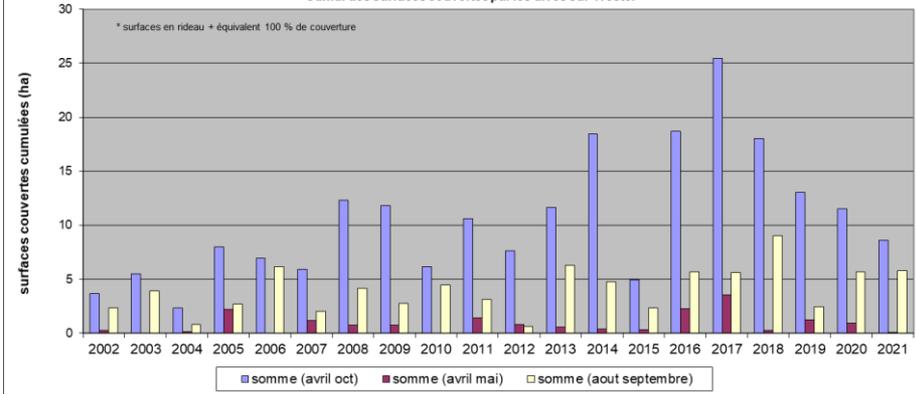


08/10/2021 : 3-45% *Ulva sp.* / 20-95% *Ar* / 3-35% *Ar*



## Evolution interannuelle 2002-2021 par saison

Cumul des surfaces couvertes par les ulves sur Trestel



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2021 sur le site BEG LEGUER

13/04/2021



13/05/2021 : 5% *Ulva sp.*



12/06/2021



14/07/2021 : 10-66% *Ulva sp.*/4-33% *Enteromorpha sp.*



11/08/2021 : 57-36% *Ulva sp.*/3-24% *Enteromorpha sp.*



06/09/2021 : 18-85% *Ulva sp.*

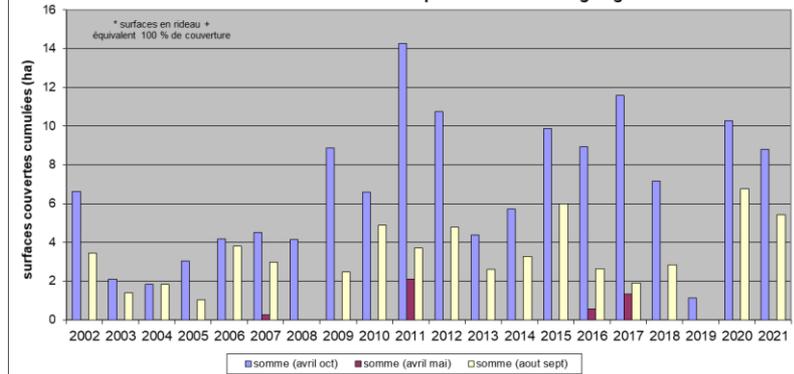


08/10/2021 : 40% *Ulva sp.*/40% *Ar*/20% *Ab*



## Evolutions interannuelles 2002-2021 par saison

Cumul des surfaces couvertes par les ulves sur Beg Léguer



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2021 sur le site SAINT MICHEL EN GREVE

13/04/2021 : 2% *Ulva sp.*



13/05/2021 :-



12/06/2021 : max 30% *Ulva sp. ramifiées-Enteromorpha sp./5% Ectocarpales*



14/07/2021 : 100% *Ulva sp.*



11/08/2021 : 100% *Ulva sp.*



06/09/2021 : 100% *Ulva sp.*

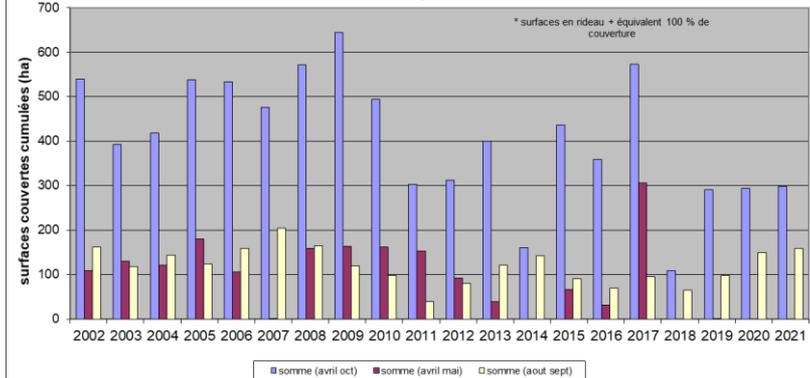


08/10/2021 : 85% *Ulva sp.*



## Evolution interannuelle 2002-2021 par saison

Cumul des surfaces couvertes par les ulves sur la Lieue de Grève



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2021 sur le site LOCQUIREC

13/04/2021



13/05/2021 : 40-50% *Ulva sp.*



12/06/2021 : 100% *Ulva sp.*



14/07/2021 : 100% *Ulva sp.*



11/08/2021 : 100% *Ulva sp.*



06/09/2021 : % *Ulva sp.*

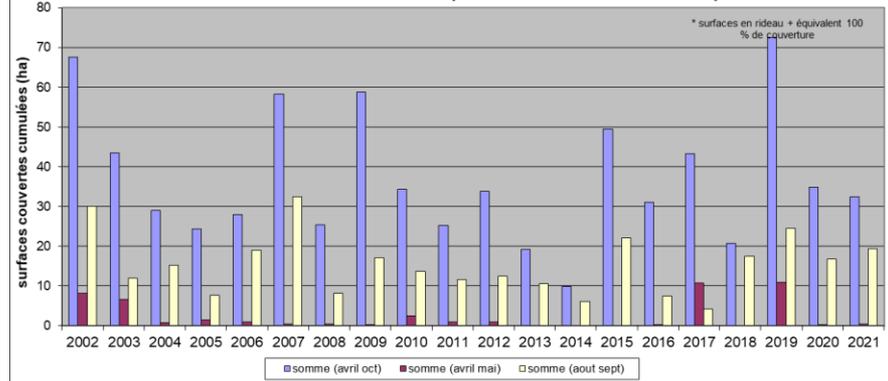


08/10/2021 : 90% *Ulva sp.*



## Evolution interannuelle 2002-2021 par saison

Cumul des surfaces couvertes par les ulves sur la baie de Locquirec



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2021 sur le site HORN GUILLEC

13/04/2021 : 60% Ab/40% *Ulva sp.*



13/05/2021 : 20-50% *Ulva sp.* dans les dépôts du haut de plage



12/06/2021 : 50% *Ulva sp.* en haut de plage



14/07/2021 : 95% *Ulva sp.*



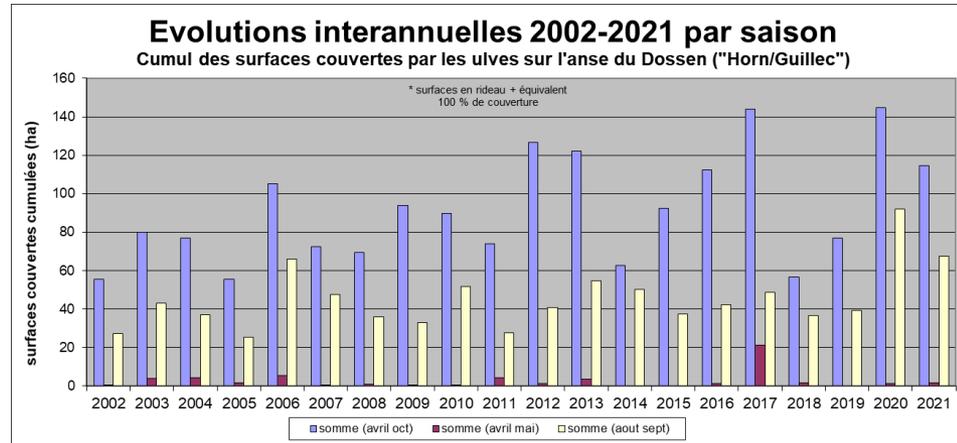
11/08/2021 : 90-95% *Ulva sp.*



06/09/2021 : 100% *Ulva sp.*



08/10/2021 : 80% *Ulva sp.*



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2021 sur le site PORS GUEN

13/04/2021



13/05/2021 : 30-40% *Ulva* sp.



12/06/2021 : 60% *Ulva* sp.



14/07/2021 : 90% *Ulva* sp.



11/08/2021 : 70% *Ulva* sp.



06/09/2021 : 100% *Ulva* sp.

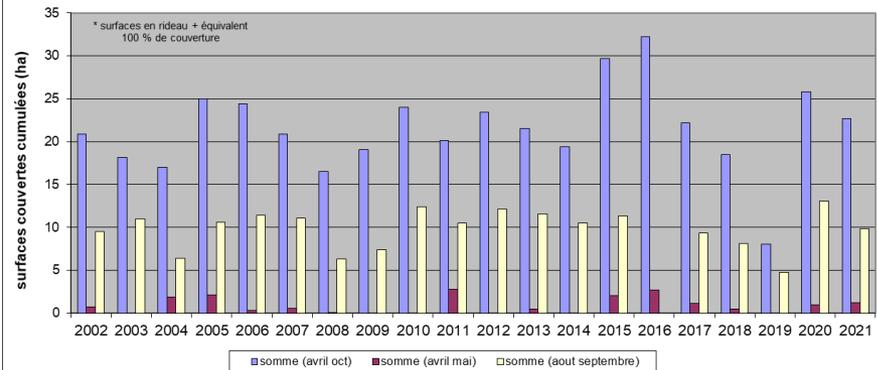


08/10/2021 : 80% *Ulva* sp.



## Evolutions interannuelles 2002-2021 par saison

Cumul des surfaces couvertes par les ulves sur Pors Guen



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2021 sur le site KEREMMA

13/04/2021 : 100% Ab+débris végétaux



13/05/2021 : <5% *Ulva sp.*



12/06/2021 : 25% *Ulva sp.*



14/07/2021 : 50-60% *Ulva sp.*



11/08/2021 : 5% *Ulva sp.*/95% Ab



06/09/2021 : 80% *Ulva sp.*

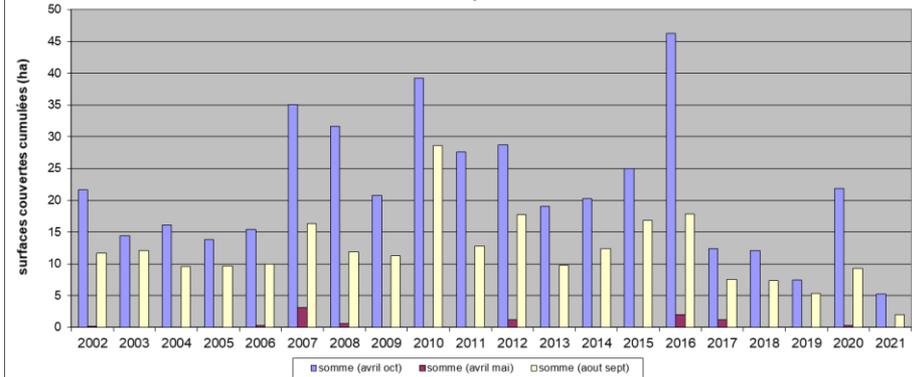


08/10/2021 : 5% *Ulva sp.*/85% Ab/10% Ar



## Evolutions interannuelles 2002-2021 par saison

Cumul des surfaces couvertes par les ulves sur Keremma



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2021 sur le site GUISSENY

13/04/2021 : 50% *Ulva sp.*/50% Ab



13/05/2021 : 10-70% *Ulva sp.*



12/06/2021 : 95% *Ulva sp.*



14/07/2021 : 100% *Ulva sp.*



11/08/2021 : 90% *Ulva sp.*



06/09/2021 : 100% *Ulva sp.*

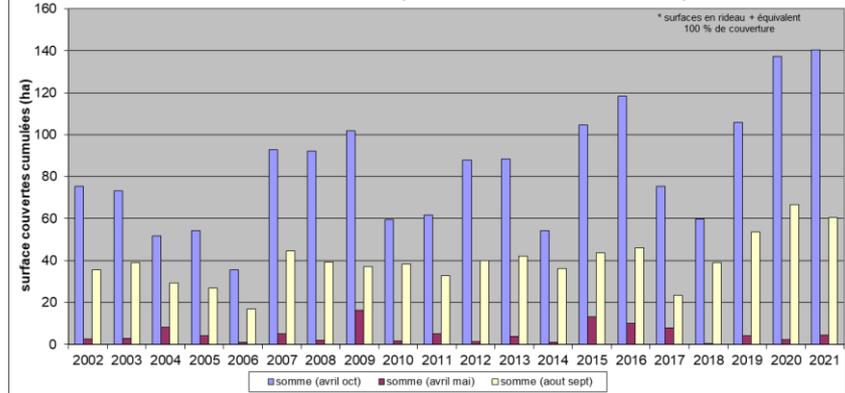


08/10/2021 : 85-90% *Ulva sp.*



## Evolutions interannuelles 2002-2021 par saison

Cumul des surfaces couvertes par les ulves sur la baie de Guissény\*



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2021 sur le site MOGUERAN COREJOU

13/04/2021 : 20-90% *Ulva sp.*/10-80% Ab



13/05/2021 : 20-65% *Ulva sp.*



12/06/2021 : 50% *Ulva sp.*



14/07/2021 : 85-90% *Ulva sp.*



11/08/2021 : 95% *Ulva sp.*



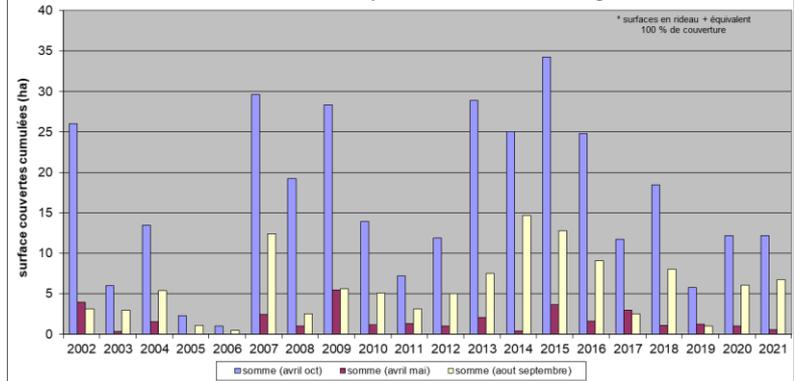
06/09/2021 : 95% *Ulva sp.*



08/10/2021 : 5% *Ulva sp.*



**Evolutions interannuelles 2002-2021 par saison**  
Cumul des surfaces couvertes par les ulves sur la baie de Mogueran \*



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2021 sur le site PORTSALL

13/04/2021



13/05/2021 : 0-60% *Ulva sp.*/10-95% *Enteromorpha sp.*



12/06/2021 : 50% *Ulva sp.*



14/07/2021 : 13-30% *Ulva sp.*/50-60% *Enteromorpha sp.*



11/08/2021 : 90% *Ulva sp.*/10% *Enteromorpha sp.*



06/09/2021 : 5-100% *Ulva sp.*/0-95% *Enteromorpha sp.*



08/10/2021 : 90% *Ulva sp.*/10% *Enteromorpha sp.*



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2021 sur le site TREZ HIR

13/04/2021



13/05/2021 : 35 % *Ulva* sp.



12/06/2021 : 60% *Enteromorpha* sp./3% *Ulva* sp.



14/07/2021 : 40% *Enteromorpha* sp./10% *Ulva* sp.



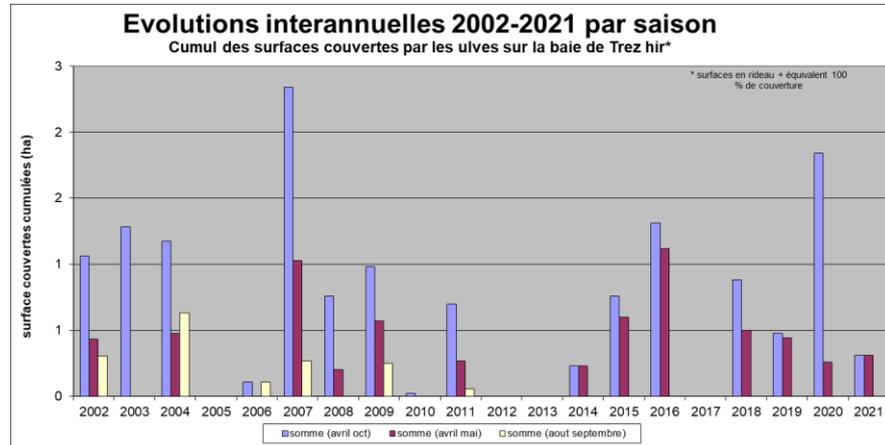
11/08/2021 : 24% *Enteromorpha* sp./6% *Ulva* sp.



06/09/2021 : % *Ulva* sp.



08/10/2021 : 5% *Ulva* sp.

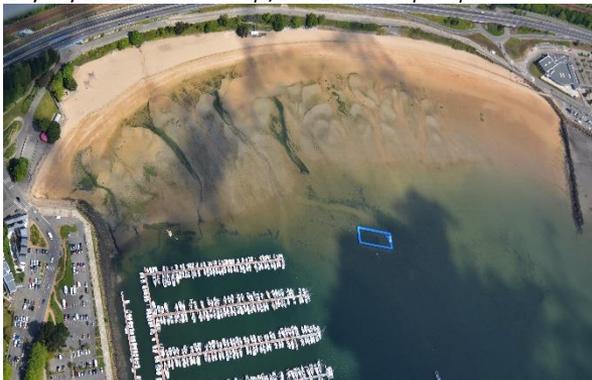


# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2021 sur le site MOULIN BLANC

13/04/2021 : 80% *Ulva sp.*/20% *Enteromorpha sp.*



13/05/2021 : 80% *Ulva sp.*/20% *Enteromorpha sp.*



12/06/2021 : 30% *Ulva sp.*/60% *Enteromorpha sp.*



14/07/2021 : 20% *Ulva sp.*/80% *Enteromorpha sp.*



11/08/2021 : 20% *Ulva sp.*/80% *Enteromorpha sp.*



06/09/2021 : 20% *Ulva sp.*/70% *Enteromorpha sp.*/10% *Ectocarpales*



08/10/2021 : 45% *Ulva sp.*/55% *Enteromorpha sp.*



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2021 sur le site LIEU DE GREVE

13/04/2021



13/05/2021 : *fragments d'ulves et rares Ab échouées*



12/06/2021 : *40% Ab, 30% Ar, 10% ulves/20% entéromorphes*



14/07/2021 : *50% d'ulves, 25% d'Ectocarpales, 25% d'Aglaothamnion*



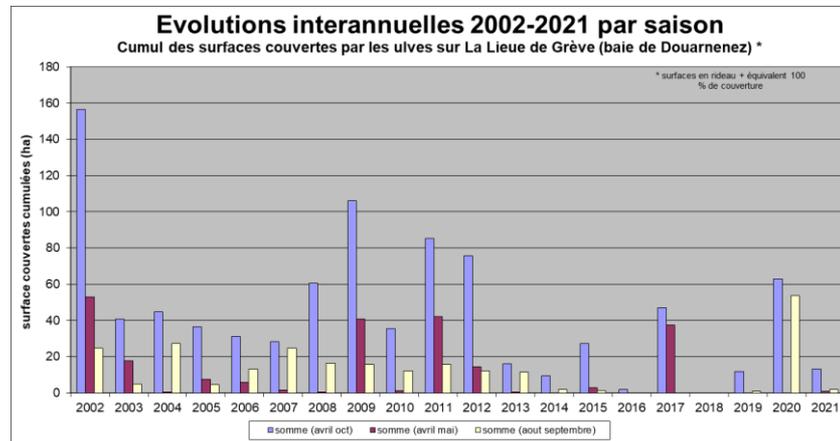
11/08/2021 : -



07/09/2021 : *échouage 90% d'Ab diverses, 5% d'Ar, 5% Ulva sp.*



08/10/2021 : *aucune algue*



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2021 sur le site KERVIJEN - TY AN QUER

13/04/2021



14/05/2021 : 90% *Ulves*/10% AB



12/06/2021



12/07/2021



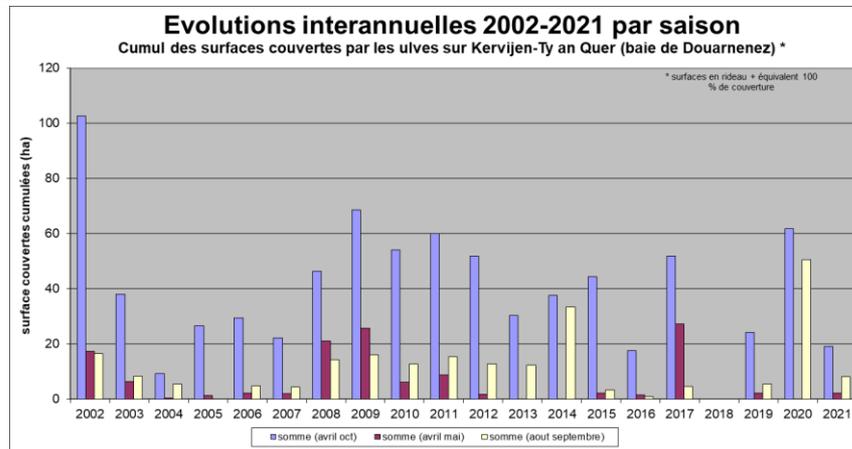
11/08/2021 : 60% *Ulva sp.*, 30% *Ectocarpales sp.*, 10% Ar



07/09/2021 : 75% *Ulva sp.* (petites et claires), 15% d'Ab, 10% d'Ar



08/10/2021 : aucune algue échouée



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2021 sur le site SAINTE ANNE LA PALUD

13/04/2021 : *ulves probables*



13/05/2021 : *pas d'échouage*



12/06/2021 : *80/85% d'ulves dans les échouages*



14/07/2021 : *60% petites ulves épiphytées 20% Ectocarpales, 20% Aglaothamnion sp.*



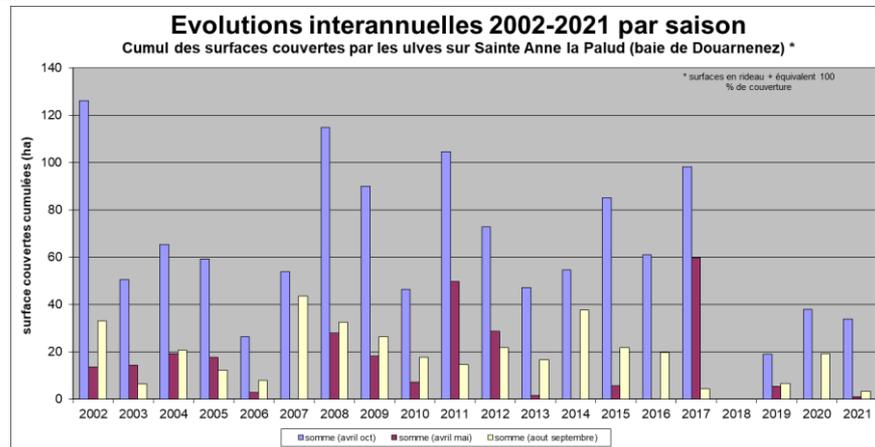
11/08/2021



07/09/2021 : *croûtes d'ulves et d'ectocarpales décomposées échouées*



08/10/2021 : *aucune algue échouée*



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2021 sur le site KERVEL-TREZMALAOUEN

13/04/2021 : rideau infralittoral brun



13/05/2021 : rares entéromorphes et ulves échouées



12/06/2021 : 85% *Ulva* sp.



14/07/2021 : 60% *Ulva* sp., 40% *Ar* filamenteuses



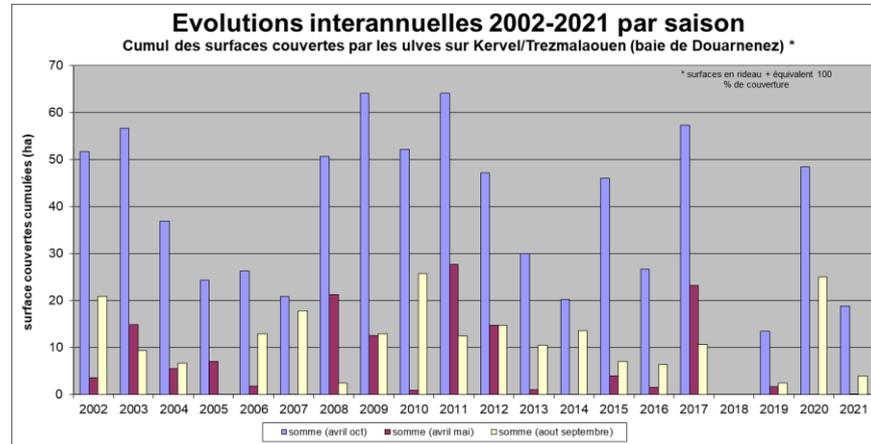
11/08/2021



07/09/2021 : 100% *Ulva* sp.



08/10/2021 : aucune algue échouée



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2021 sur le site RY

13/04/2021 : 70% ulves/30% ectocarpales



13/05/2021 : dépôts d'Ab/Ar+enteros, rideau d'ulves+entéromorphes?



12/06/2021 : 80% ulves



14/07/2021 : 70% ulva sp., 15% ectocarpales sp., 15% Ar filamenteuses



11/08/2021 : rideau d'ectocarpales



07/09/2021 : 95% Ulva sp., 5% Enteromorpha sp.

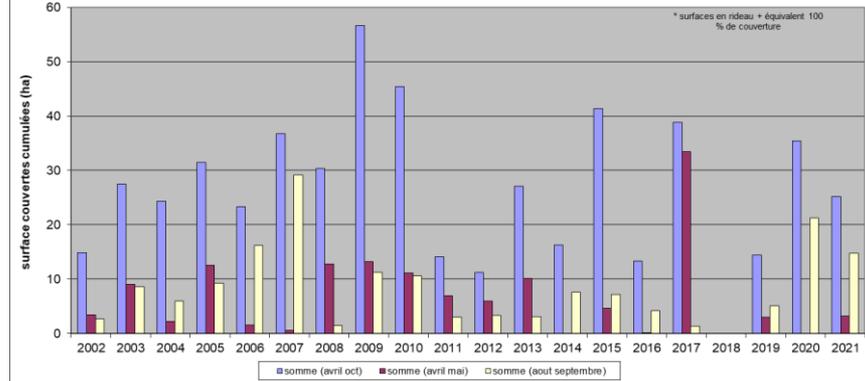


08/10/2021 : 75% Ulva sp., 20% d'Ab, 5% d'Ar



### Evolutions interannuelles 2002-2021 par saison

Cumul des surfaces couvertes par les ulves sur le Ry (baie de Douarnenez) \*



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2021 sur le site CAP COZ

13/04/2021 : 10% *Ulva sp.*



14/05/2021 : 10-15% *Ulva sp.*/65-70% *Ar*



12/06/2021 : 10% *Ulva sp.*/80% *Ar*



12/07/2021 : 14-36% *Ulva sp.*/50-80% *Solieria chordalis*



11/08/2021 : 48% *Ulva sp.*/12% *Enteromorpha sp.*/30% *Ab*/10% *Ar*



07/09/2021 : 35% *Ulva sp.*/30-50% *Solieria chordalis*

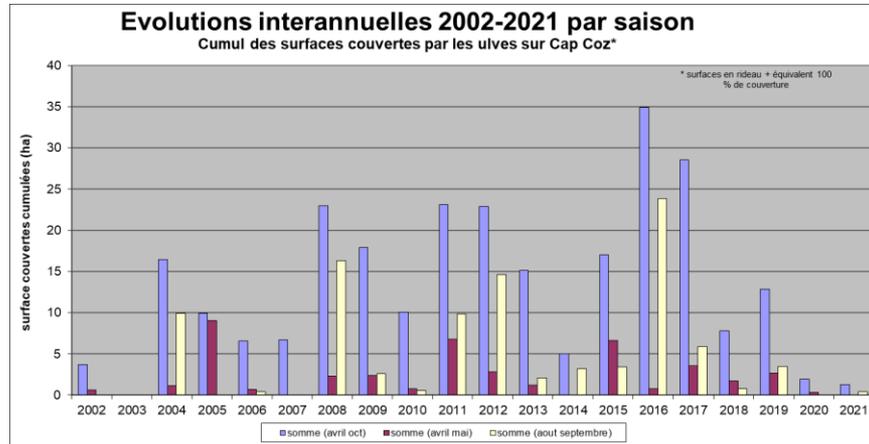


08/10/2021 : 25% *Ulva sp.*/65% *Solieria chordalis*



## Evolutions interannuelles 2002-2021 par saison

Cumul des surfaces couvertes par les ulves sur Cap Coz\*



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2021 sur le site KERLEVEN SAINT LAURENT

13/04/2021 : 60% *Ulva sp.*



14/05/2021 : 60% *Ar (Solieria)*/25% *Ulva sp.*



12/06/2021 : 20% *Ulva sp.*/80% *Ar*



12/07/2021 : 18-35% *Ulva sp.*/0-12% *Enteromorpha sp.*/60-65% *Solieria sp.*



11/08/2021 : 30% *Ulva sp.*/50% *Ab*/20% *Ar*



07/09/2021 : 15% *Ulva sp.*/75% *Solieria chordalis*

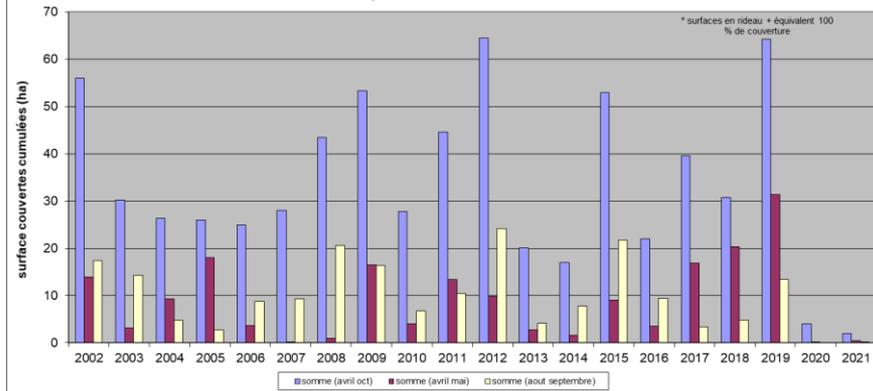


08/10/2021 : 15% *Ulva sp.*/10% *Solieria sp.*/75% *Ab*



## Evolutions interannuelles 2002-2021 par saison

Cumul des surfaces couvertes par les ulves sur Kerleven/Saint Laurent\*



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2021 sur le site CABELLOU

13/04/2021 : 100% *Ab*



14/05/2021 : 60% *Ulva sp.*



12/06/2021 : 5-10% *Ulva sp.*/65-95% *Enteromorpha sp.*



12/07/2021 : 0-13% *Ulva sp.*/37-100% *Enteromorpha sp.*



11/08/2021 : 12% *Ulva sp.*/28% *Enteromorpha sp.*



07/09/2021 : 30% *Ulva sp.*/5% *Enteromorpha sp.*

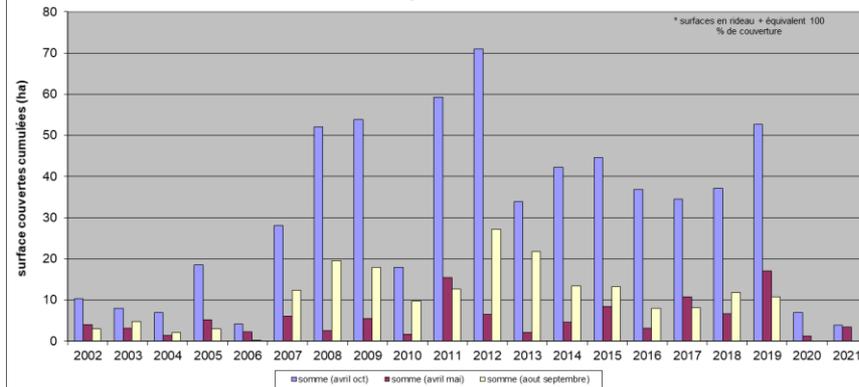


08/10/2021 : 30% *Ulva sp.*/65% *Ab*



## Evolutions interannuelles 2002-2021 par saison

Cumul des surfaces couvertes par les ulves sur le Cabelou\*



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2021 sur le site LARMOR PLAGE

13/04/2021



14/05/2021 : 30-60% *Ulva sp.*



12/06/2021 : 75-85% *Ulva sp.* / 5-20% *Enteromorpha sp.*



12/07/2021 : 42-70% *Ulva sp.* / 0-18% *Enteromorpha sp.*



11/08/2021 : 65-70% *Ulva sp.*



07/09/2021 : 76-80% *Ulva sp.*

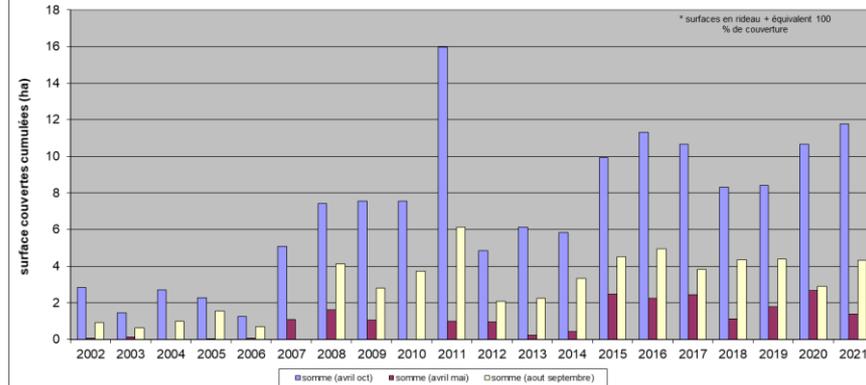


08/10/2021 : 35-50% *Ulva sp.*



## Evolutions interannuelles 2002-2021 par saison

Cumul des surfaces couvertes par les ulves sur Larmor Plage\*



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2021 sur le site PORT LOUIS

13/04/2021 : 0-100% *Ulva sp.*/0-50% *Enteromorpha sp.*



14/05/2021 : 50-100% *Ulva sp.*/0-50% *Enteromorpha sp.*



12/06/2021 : 60-100% *Ulva sp.*/5-40% *Enteromorpha sp.*



12/07/2021 : 35-50% *Ulva sp.*/50-65% *Enteromorpha sp.*



11/08/2021 : 60% *Ulva sp.*/40% *Enteromorpha sp.*



07/09/2021 : 50-100% *Ulva sp.*/5-50% *Enteromorpha sp.*



08/10/2021 : 90% *Ulva sp.*/10% *Enteromorpha sp.*



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2021 sur le site RIA D'ETEL

13/04/2021 : 100% *Ulvaria*



14/05/2021 : 100% *Ulvaria*



12/06/2021 : 0-100% *Ulvaria*/0-80% *Ulva sp.*/0-100% *Enteromorpha sp.*



12/07/2021 : 0-10% *Ulva sp.*/95-100% *Enteromorpha sp.*



11/08/2021 : 40-20% *Ulva sp.*/60-80% *Enteromorpha sp.*



07/09/2021 : 0-80% *Ulva sp.*/20-100% *Enteromorpha sp.*



08/10/2021 : 10% *Ulva sp.*/90% *Enteromorpha sp.*



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2021 sur le site QUIBERON SABLES BLANCS

13/04/2021



14/05/2021 :-



12/06/2021



12/07/2021 :-



11/08/2021 : 70% Ar/15% Ab/6% *Ulva sp.*/9% *Enteromorpha sp.*



07/09/2021 : 100% Ab



08/10/2021



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2021 sur le site AURAY

13/04/2021 : 100% *Ulvaria/Ulva* sp.



14/05/2021 : 50-100% *Ulva* sp./0-50% *Enteromorpha* sp.



12/06/2021 : 5% *Ulva* sp./95% *Enteromorpha* sp.



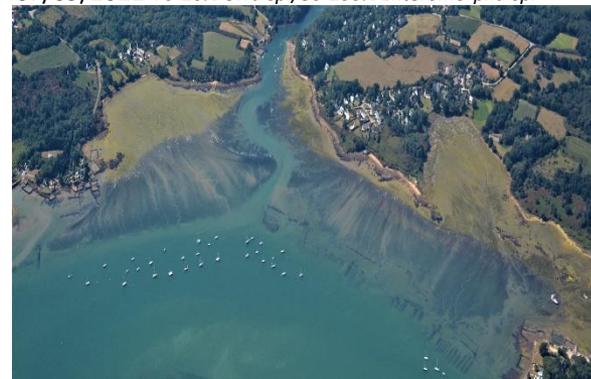
12/07/2021



11/08/2021 : 100% *Enteromorpha* sp.



07/09/2021 : 0-20% *Ulva* sp./80-100% *Enteromorpha* sp.



08/10/2021



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2021 sur le site ARCAL

13/04/2021 : 30% *Ulva sp.*/60% *Enteromorpha sp.*/10% *Gracilaria sp.* 14/05/2021 : 100% *Ulva sp.*



12/06/2021 : 10% *Ulva sp.*/50% *Enteromorpha sp.*/40% *Gracilaria sp.*



12/07/2021 : 35% *Ulva sp.*/45% *Enteromorpha sp.*/20% *Gracilaria sp.*



11/08/2021 : 15% *Ulva sp.*/85% *Enteromorpha sp.*



07/09/2021 : 100% *Ulva sp.*



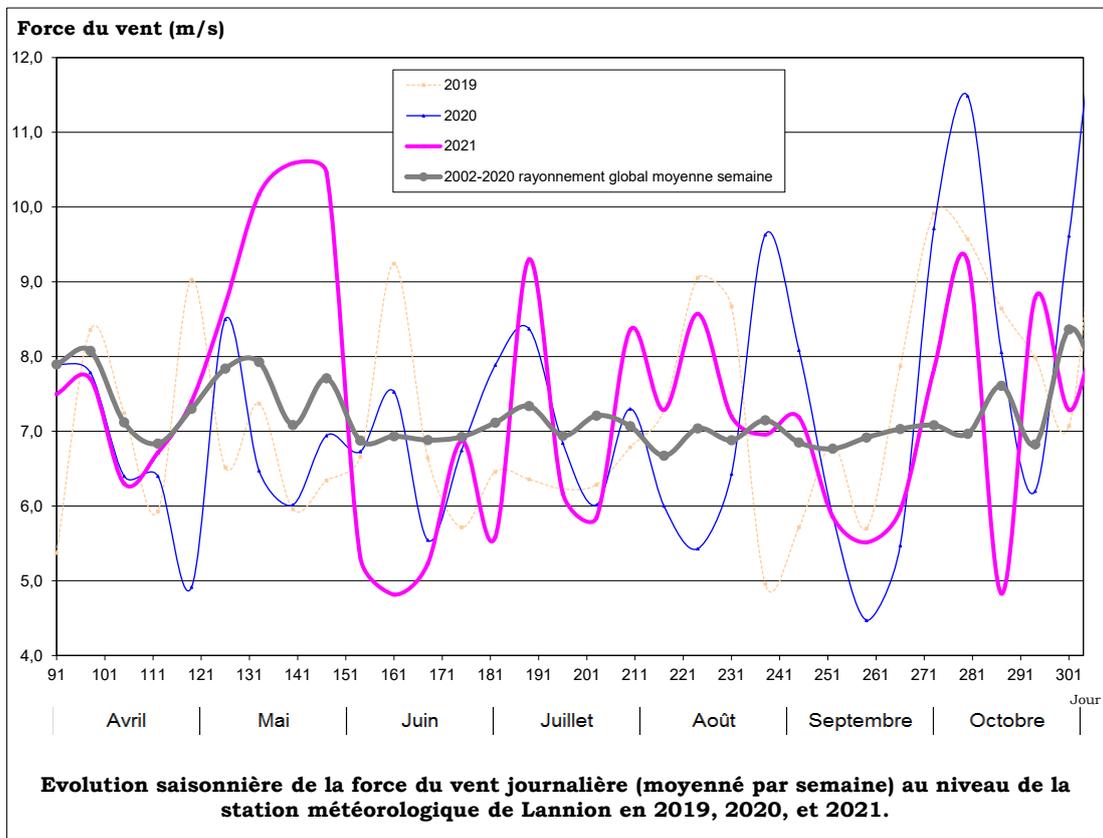
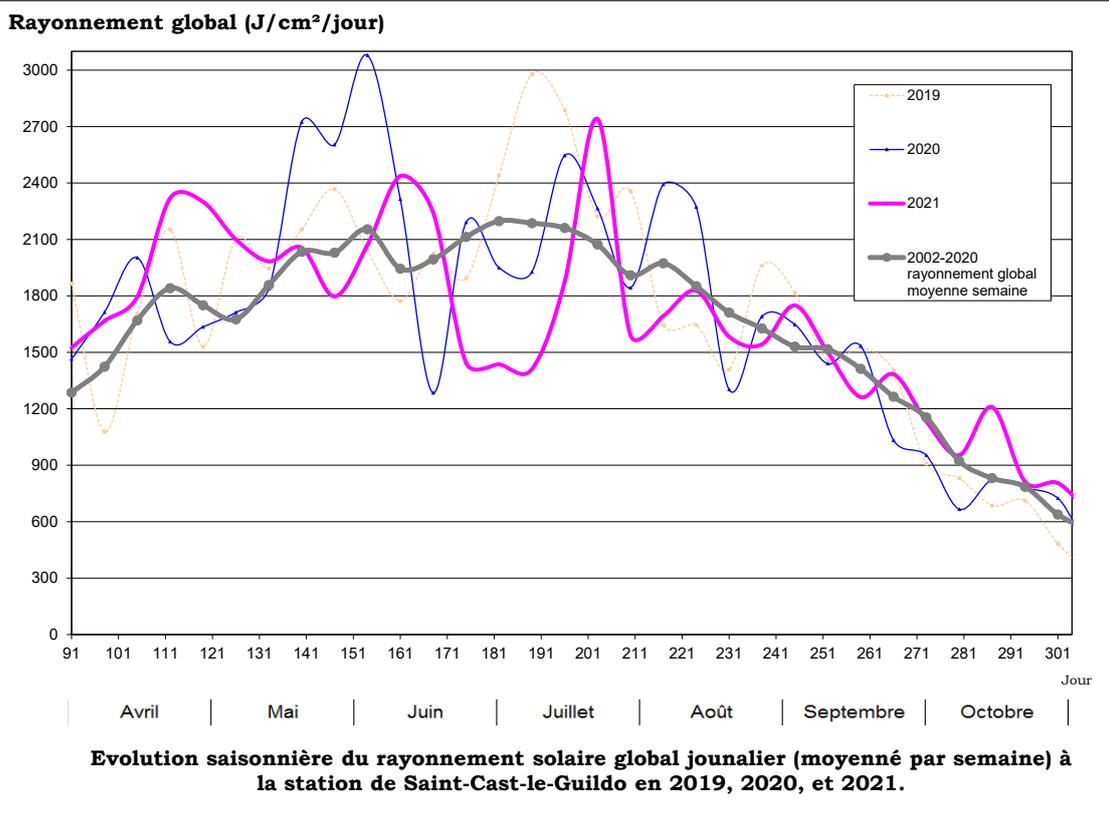
08/10/2021 : 85% *Ulva sp.*/15% *Enteromorpha sp.*



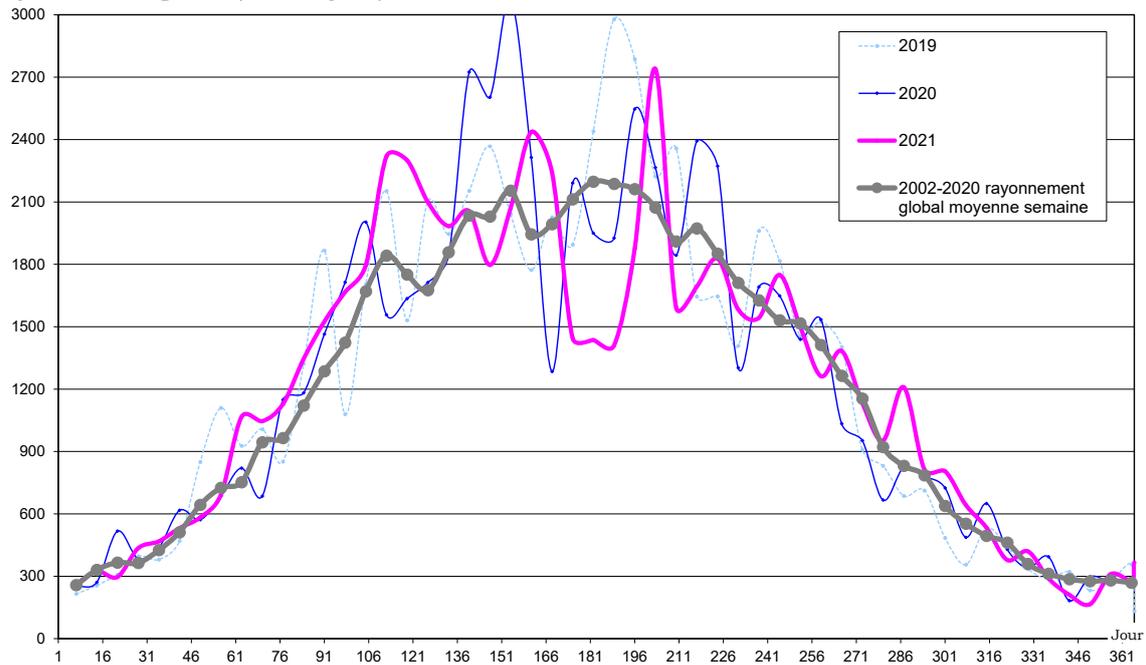


**ANNEXE 7**

**DONNEES METEO**

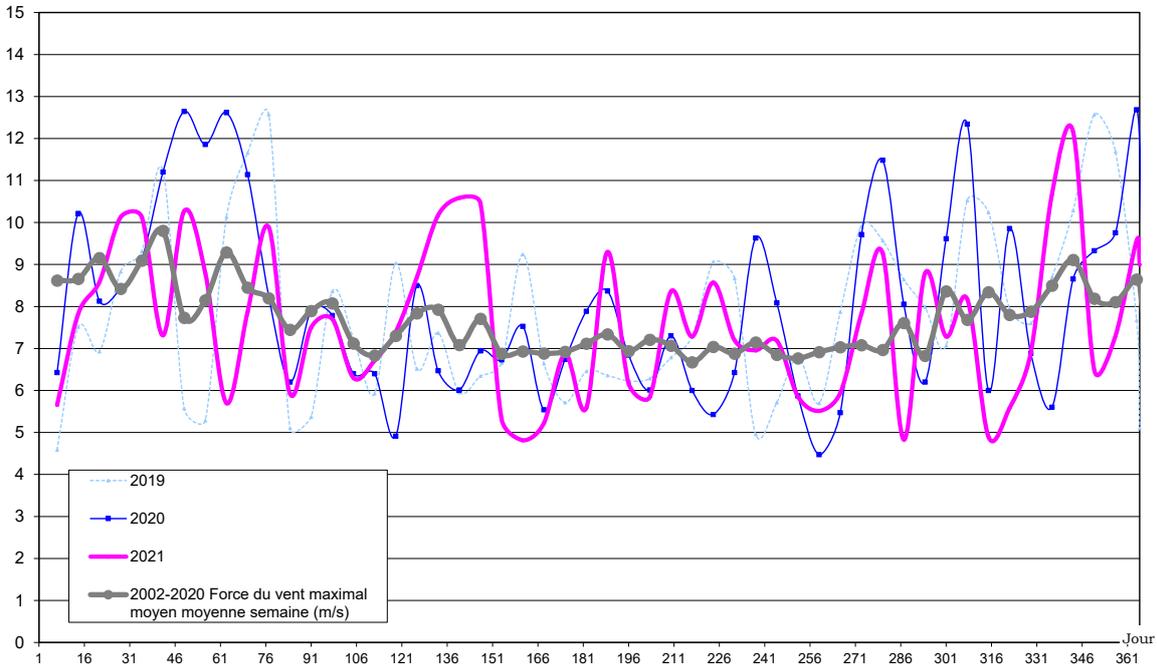


### Rayonnement global (J/cm<sup>2</sup>/jour)



Evolution annuelle du rayonnement solaire global journalier (moyenné par semaine) à la station de Saint-Cast-le-Guido pour les années 2019, 2020, et 2021.

### Force du vent (m/s)



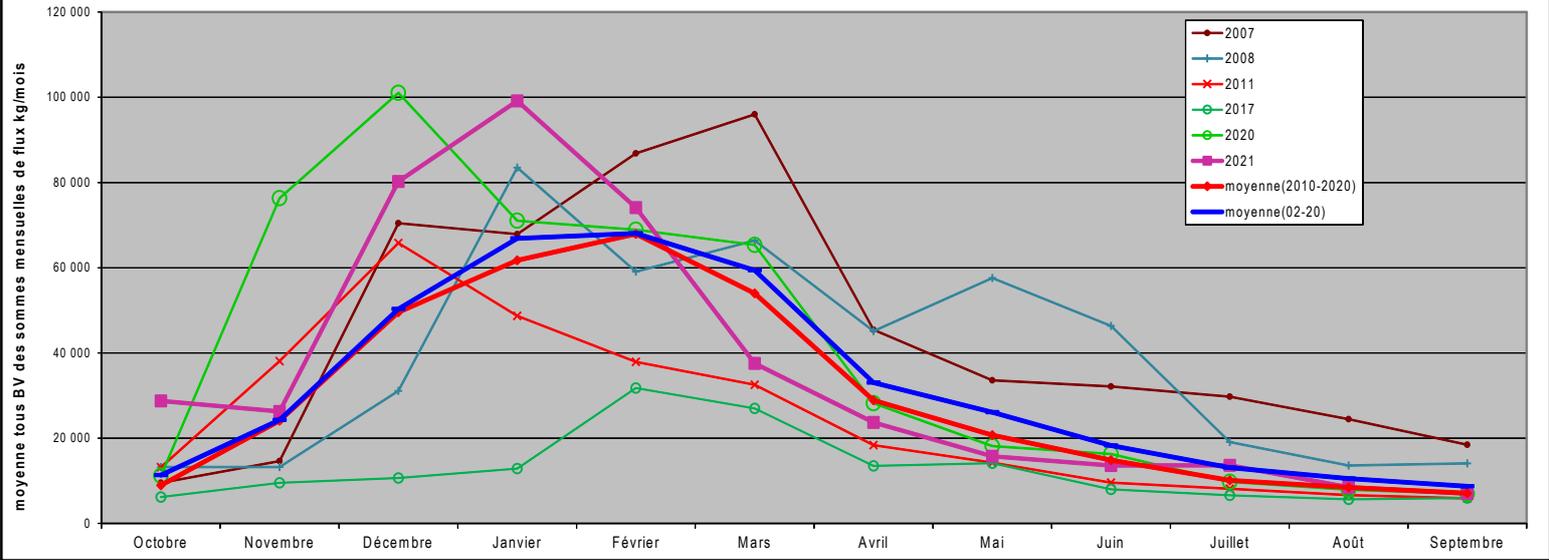
Evolution annuelle de la force du vent journalière (moyenné par semaine) au niveau de la station météorologique de Lannion pour les années 2019, 2020, et 2021.



**ANNEXE 8**

**FLUX D'AZOTE**

### Flux NID mensuels moyens sur les BV AV



### Flux NID mensuels moyens sur les BV AV

