

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 2020

Contrat AELB : 16S0030 - novembre 2021

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 2020	19
3.1.2.	Comparaison inter-annuelle 1997-2020	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 2002-2020	55
3.2.5.	Conclusions.....	77
3.3.	Suivi d'indices d'eutrophisation	78
3.3.1.	Résultats de suivi des quotas azotés dans les différents sites	78
3.3.2.	Eléments d'interprétation des profils saisonniers	78
3.3.3.	Résultats	80
3.3.4.	Evaluation des stocks totaux.....	100
4.	CONCLUSION	101
	ANNEXES.....	103



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 2020	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 2020 apparaissent en bleu. Les masses d'eau et les sites pour lesquels les données surfaciques n'ont pas été acquises en 2020 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 2020 (juillet ou septembre).	21
Figure 5 : Nombre de sites touchés par département par des échouages d'ulves au moins une fois en 2020 (mai, juillet, septembre).	24
Tableau 3 : Sites touchés par des échouages d'ulves sur les trois inventaires de 2020 comparés aux années 2002-2019 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 2020 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 2020 a été classé dans ces sites « ulves ».	26
Figure 7 : Nombre de sites touchés entre 2000 et 2020 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 2020). 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.	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 2015-2020 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 2015-2020 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 2019 (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 2015-2020 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 2020. 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 2020 sur les 3 inventaires « généraux » (« rideau » + échouage en « équivalent 100% » de couverture). 64 sites de type « plage » ont été classés pour des échouages d'ulves en 2020 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 2020 ; le site de la Fresnaye, touché par des échouages d'Ulvaria (« ulvoïde ») de 2007 à 2009 puis de 2015 à 2020 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 2020 par des échouages d'ulves par département et par classe de taille (taille maximale atteinte sur les 3 inventaires généraux).	45
Figure 16 droite et gauche : 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 2020 (encadré de vert) est liée principalement aux conditions hivernales très dispersives.	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 : Données de MétéoFrance écarts de pluviosité en 2019-2020 par rapport aux normales des différentes stations (gauche) et pluviosité mesurée sur la station de Saint Briec de 2013 à 2020 (droite)	71
Figure 27 : ensoleillement sur les stations Météo France suivi sur la fin 2019 (octobre-décembre) et le début 2020 (janvier-septembre)	81



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 7 août 2015 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 : DEVL1513988A
- 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 2015 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 : DEVL1513989A

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 les documents suivants :

- 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 2013 février 2013 – Articles R. 212-8, R212-10 et 212-11 du code de l'environnement



- Poursuite du travail d'intercalibration pour l'élément de qualité biologique « macroalgues opportunistes » ONEMA 2014

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 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 ;
 - 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, 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.

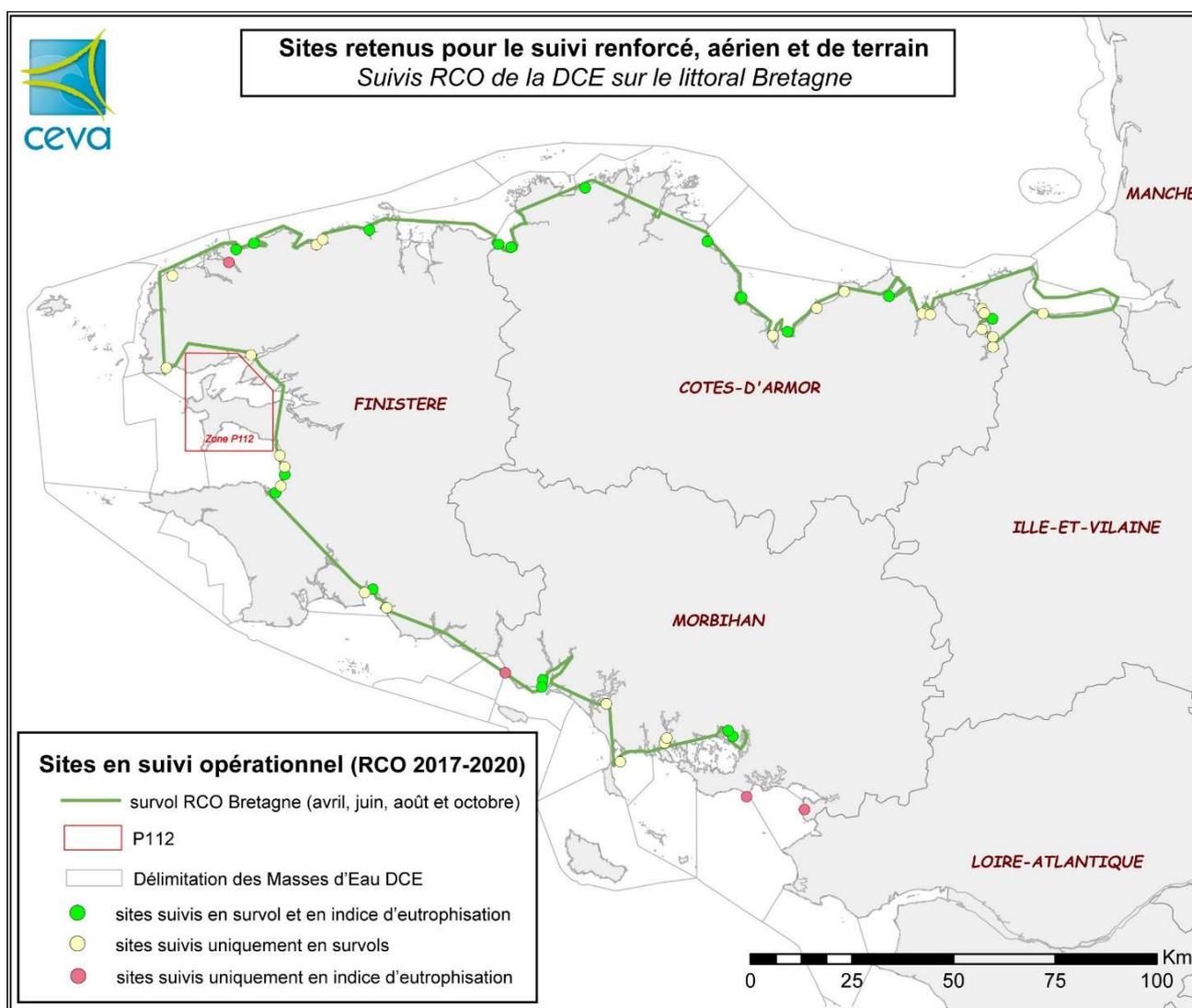


Figure 1 : plan de vol RCO Bretagne et localisation des sites intégrés au suivi

- ✓ 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 (Tableau 1 et liste du Tableau 1 ci-dessous).

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

Rance / Saint Jouan des Guérets
Baie de la Fresnaye (échantillonnage du Pylaiella si pas d'ulves)
Baie de Saint Brieuc
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, 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.

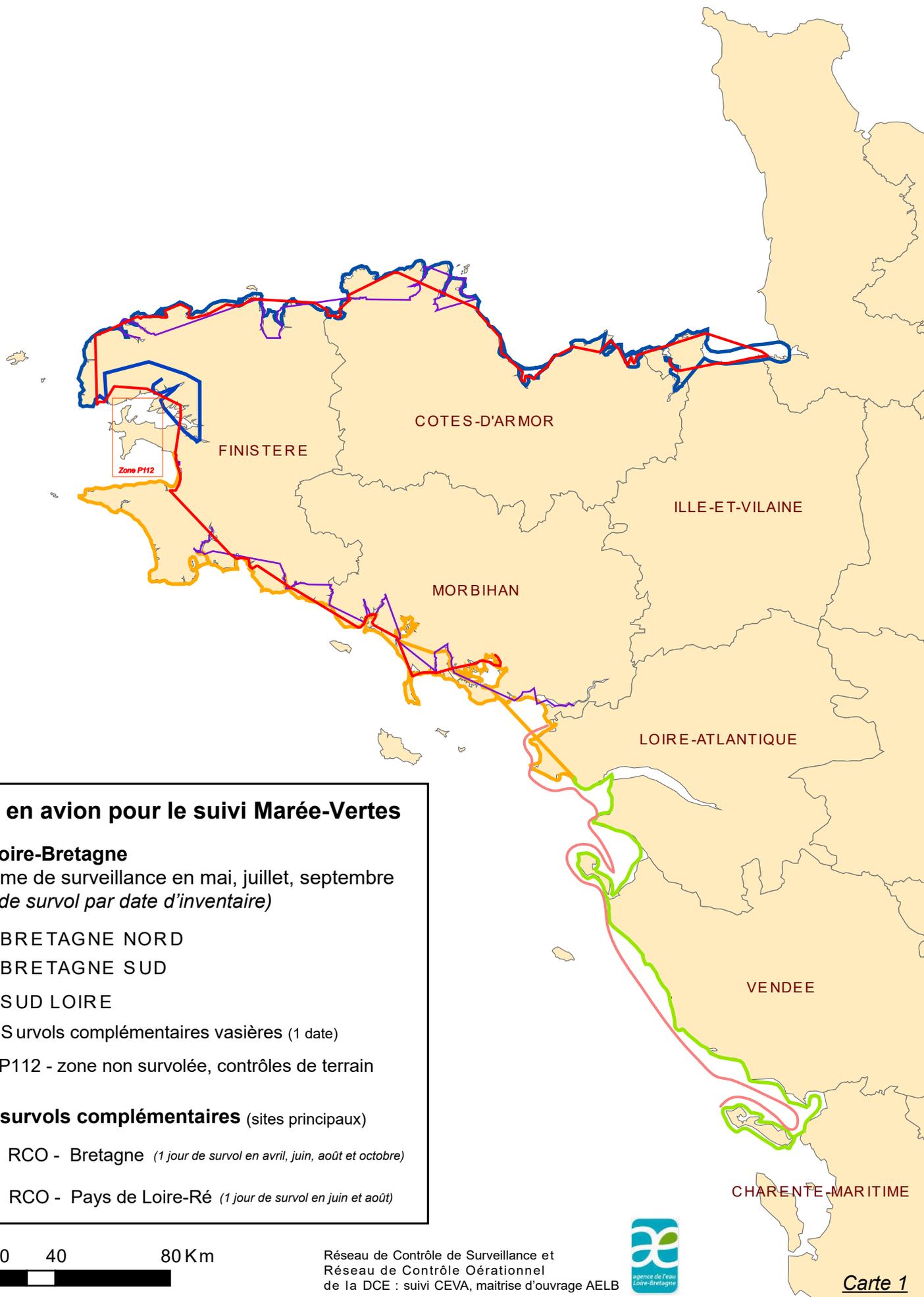
Une fois les photos acquises, les opérateurs de terrain sont rapidement dépêchés sur site afin de valider ou non le constat de site d'« échouage d'ulves ». Ces opérateurs relèvent les proportions des différentes algues en présence, en font des constats photographiques, recueillent, si besoin, des échantillons 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.



Trajet en avion pour le suivi Marée-Vertes

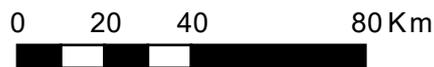
- RCS Loire-Bretagne

programme de surveillance en mai, juillet, septembre
(3 jours de survol par date d'inventaire)

- BRETAGNE NORD
- BRETAGNE SUD
- SUD LOIRE
- Survolés complémentaires vasières (1 date)
- P112 - zone non survolée, contrôles de terrain

- 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 2020, 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.

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 »¹ 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). L'annexe 1 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 :

- 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

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



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 des proliférations sur les sites « abrités » rend donc délicate toute comparaison brute des données de 2008 avec les données des années antérieures.

En 2009 et 2010, 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 mêmes 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 2020

Code ME	ME suivies en 2019
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 2020. 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 »).

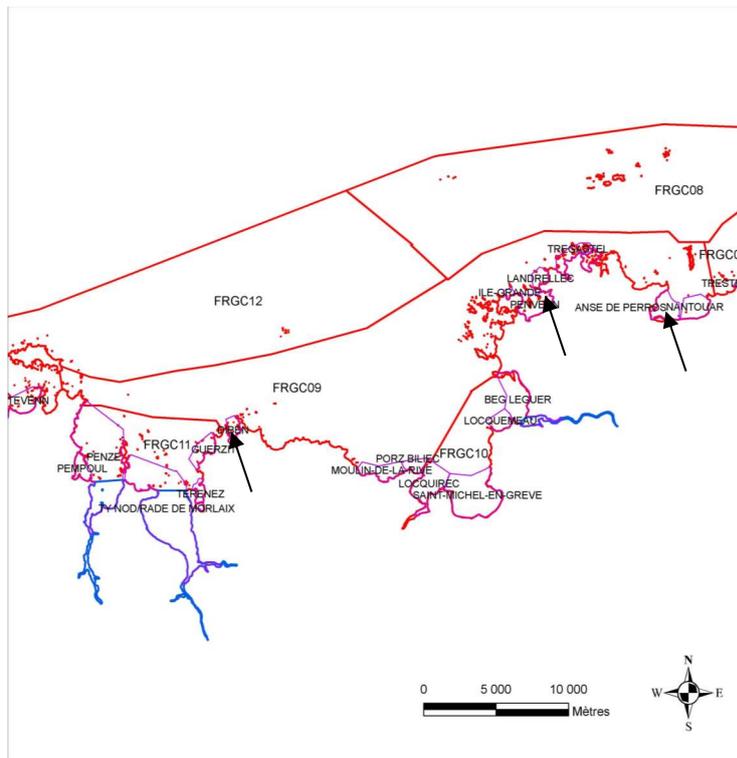


Figure 2 : Découpage des masses d'eau sur la côte nord de la Bretagne (FRGC en rouge et FRGT en bleu) combiné au découpage par sites à « échouage d'ulves » (violet). Les trois sites de vaseière sont indiqués par les flèches

Pour une vision complète de l'inventaire 2020 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 vaseière des masses d'eau côtières sur lesquels aucune digitalisation n'a été effectuée sont également signalés.

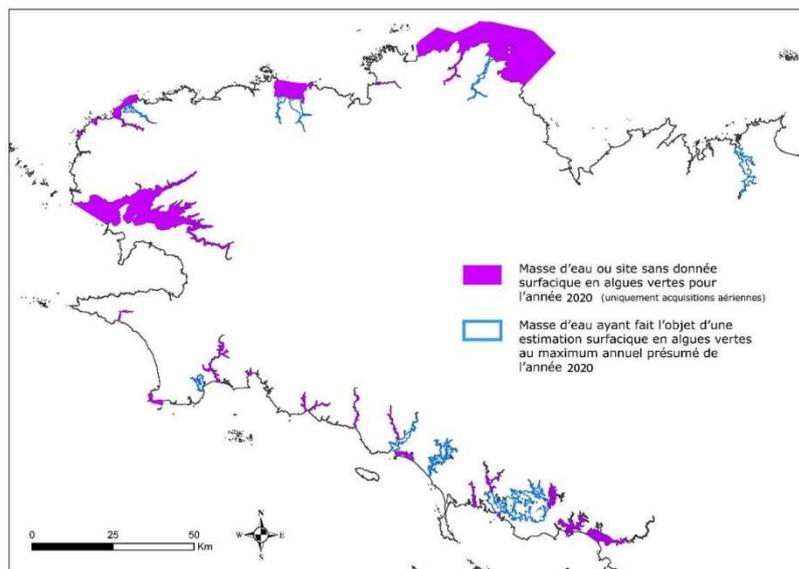


Figure 3 : Illustration des masses d'eau et des sites à « échouages d'ulves » de milieux vaseux. Les masses d'eau pour lesquelles les données ont été complètement acquises en 2020 apparaissent en bleu. Les masses d'eau et les sites pour lesquels les données surfaciques n'ont pas été acquises en 2020 apparaissent en violet (uniquement acquisition des photographies aériennes).

Les résultats sont présentés dans le rapport RCS DCE Loire-Bretagne 2020.



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 à hebdomadaire selon les sites et la période) 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 183 prélèvements effectués (mais plus de sites sur lesquels les prélèvements ont été entrepris mais qui ne présentaient pas assez d'algues pour un échantillonnage significatif) dès l'apparition nette et régulière des algues sur l'estran des sites. Les premiers prélèvements ont été réalisés du 22 au 24 avril (seuls 8 sites présentaient suffisamment d'algues pour effectuer un prélèvement) et les derniers le 3 septembre (plus deux prélèvements additionnels sur deux sites particuliers le 17 et 18 septembre : Saint Michel en Grève et Morieux). Le démarrage tardif explique le faible nombre de mesures en début de saison (avril et début mai) et sur l'ensemble de la saison, et ce malgré des sites sur lesquels deux lots d'algues ont été prélevés quand deux proliférations distinctes avaient lieu (surtout Fresnaye et, dans une moindre mesure, Morieux). 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 (ex In Vivo Labs), laboratoire agréé COFRAC, sous-traitant du CEVA. A noter que pour quelques prélèvements (16) les quantités de matière étaient insuffisantes pour effectuer les dosages « macroanalyses ». Dans ces cas, des dosages par « microanalyse » ont été réalisés. C'est le plus souvent le cas pour des échantillons d'autres algues que les ulves (Ectocarpales en majorité). Enfin, certains échantillons dont les valeurs semblaient aberrantes ont fait l'objet de redosage afin de confirmer ou infirmer les premières valeurs obtenues (29 au total soit 212 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. 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 faisaient 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 2020, 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 :

- 21 mai : côtes de Bretagne Nord ; coeff. 75
- 23 mai : côtes Sud Loire ; coeff. 80
- 25 mai : côtes de Bretagne Sud ; coeff. 77

Juillet :

- 20 juillet : côtes de Bretagne Sud ; coeff. 78
- 21 juillet : côtes de Bretagne Nord ; coeff. 85
- 22 juillet : côtes Sud Loire ; coeff. 89
- 7 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. 82
- 20 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. 101

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

Septembre :

- 16 septembre : côtes de Bretagne Sud ; coeff. 91
- 17 septembre : côtes de Bretagne Nord ; coeff. 104
- 18 septembre : côtes du Sud Loire ; coeff. 112

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 :

- 22 avril ; coeff. 82,
- 23 juin ; coeff. 80,
- 18 août ; coeff. 84,
- 16 octobre ; coeff. 108.

➤ **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 22 avril pour les premiers prélèvements et jusqu'au 3 septembre pour les derniers prélèvements (ajout, pour 2 sites de prélèvements les 17 et 18 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 2020, 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, des 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 2020

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 2020 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 2020 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 2000-2020 concernées par au moins deux survols en période estivale, ne sont considérés ici que les dénombrements de juillet et septembre 2020.

On comptabilise alors sur le littoral breton :

- 62 sites touchés par des échouages d'ulves en juillet 2020 (carte en annexe 1)
- 54 sites touchés en septembre 2020 (carte en annexe 1)
- 73 sites au total touchés en juillet ou en septembre 2019 (carte 2)

Sur ces 73 sites recensés, en période estivale, 43 sont touchés lors des deux inventaires et 30 lors d'un des deux inventaires.

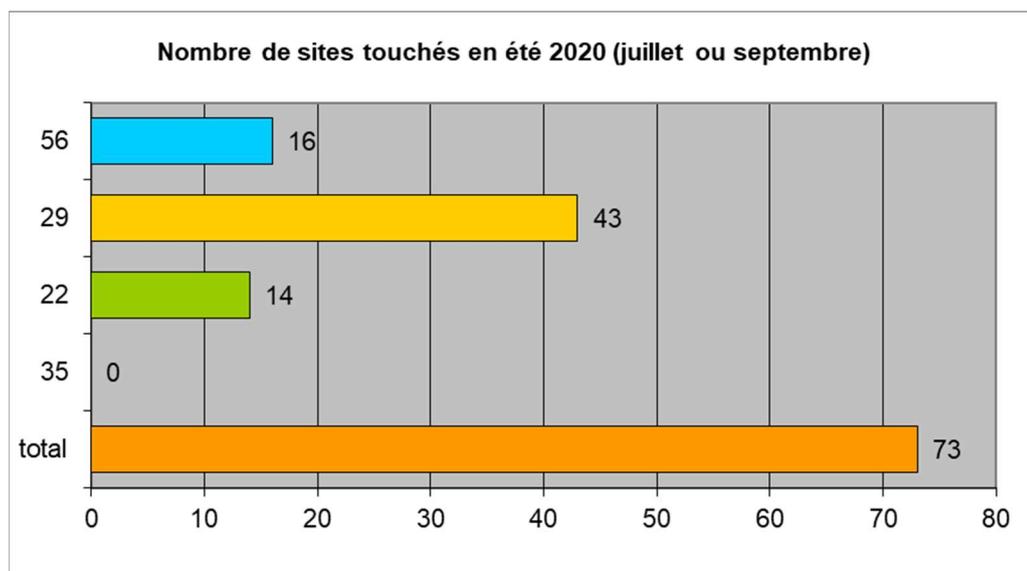


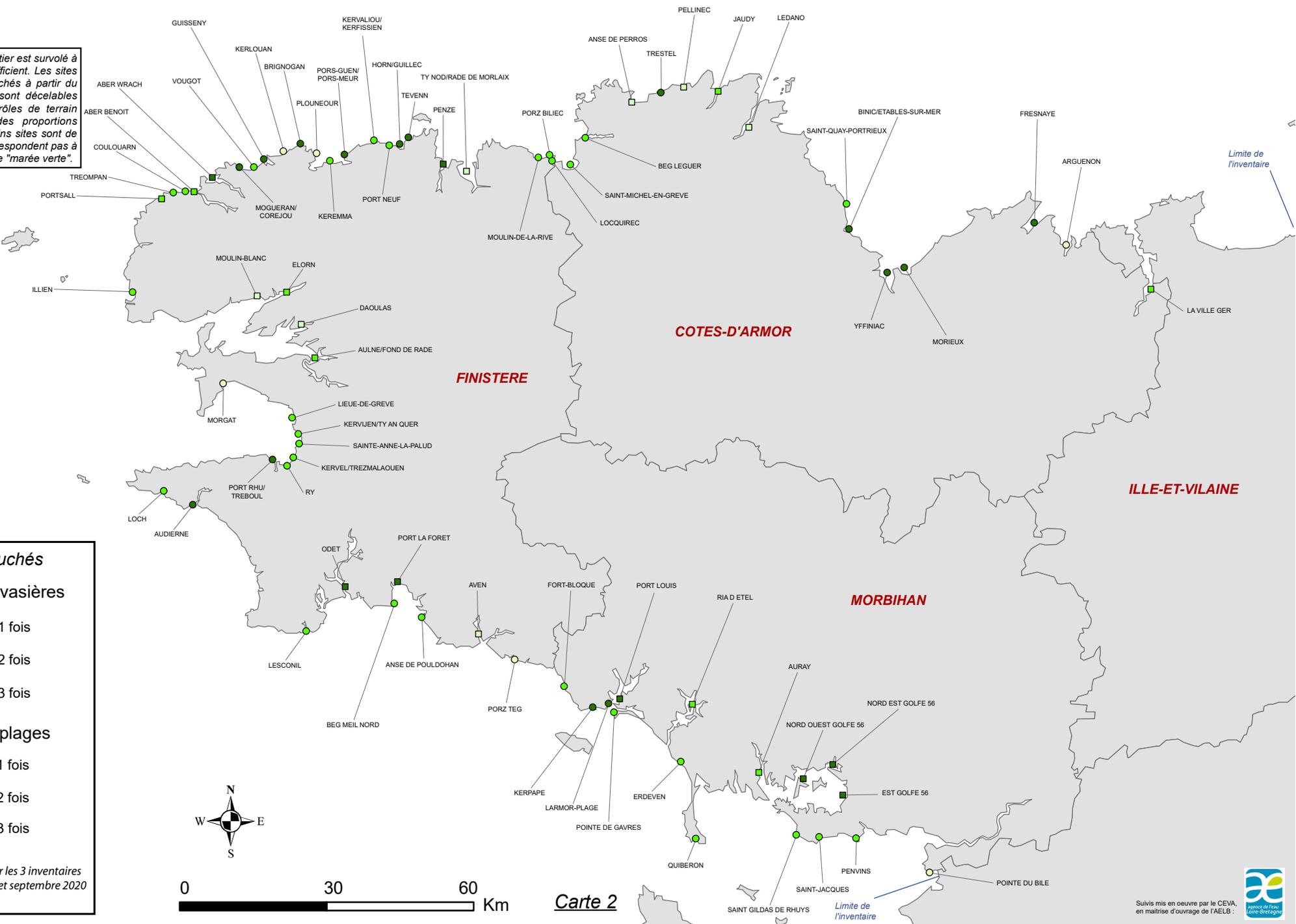
Figure 4 : Nombre de sites touchés par département (Côtes d'Armor (22), Finistère (29), Ille et Vilaine (35) et Morbihan (56)) par des échouages d'ulves au moins une fois pour les inventaires estivaux en 2020 (juillet ou septembre).

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 plus de la moitié (59 %) du total des sites des côtes bretonnes ; suit, avec 2.7 fois moins de sites, le département du Morbihan puis celui des Côtes d'Armor qui totalise 3 fois moins de sites. En 2020, sur cette période de l'année (juillet et septembre), aucun site n'a été classé comme touché par des échouages d'ulve sur le littoral d'Ille et Vilaine (certains des sites du littoral d'Ille et Vilaine, sur la Rance ont été concernés par des développements d'algues vertes filamenteuses mais n'ont pas été classés pour présence anormale d'ulves ; un site -La Ville-Ger-, sur la Rance mais côté Côtes d'Armor a été classé pour des proliférations d'ulves lors de 2 inventaires).

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 2020

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".



73 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 2020

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 2020 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, 57 sites ont été classés comme touchés par des échouages d'ulves. Le mois de mai 2020 est donc, en nombre de sites touchés par des échouages d'ulves, intermédiaire entre le niveau maximal de juillet et minimal de septembre. En 2020, le nombre de sites touchés en **mai est légèrement supérieur au niveau moyen pluriannuel** (54 sites sur la moyenne 2002-2019 de mai et 57 sur la moyenne 2007-2019) mais très en-dessous du niveau de mai 2017 (79 sites), année particulièrement précoce. Sur ce critère « dénombrement » l'année 2020 apparaît donc comme « proche de la moyenne » en termes de précocité (légère précocité, en nombre de site). Cet inventaire de début de saison, a permis de repérer **17 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 (baie de la Forêt, Sud du Golfe du Morbihan, Lodonsec, Saint Philibert, Pleubian, ...) puis des quantités d'ulves trop faibles ensuite pour que les sites soient classés ou irrégulières (cas de Rosaires avec des ulves en tapis en mai suite à des vents d'est soutenus entre le 6 et le 15 mai). A noter que l'analyse des surfaces couvertes donne une image différente de la précocité de l'année 2020 (très tardive car très peu de surfaces couvertes sur les « grandes baies »).

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

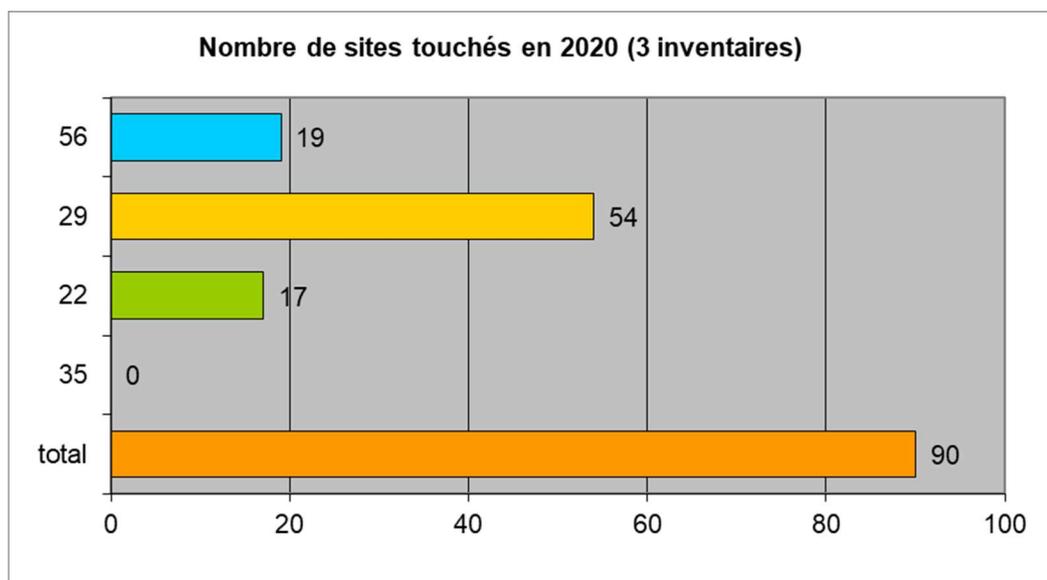


Figure 5 : Nombre de sites touchés par département par des échouages d'ulves au moins une fois en 2020 (mai, juillet, septembre).

Parmi les 17 sites classés uniquement au mois de mai, 11 se trouvent sur les côtes du Finistère ; 3 localisés sur les côtes du Morbihan et 3 sur les Côtes d'Armor.

Sur l'ensemble de l'année, le département du Finistère comprend près des deux tiers des sites répertoriés en Bretagne (60 %). Viennent ensuite les départements du Morbihan (21 %) puis des Côtes d'Armor (8%). Sur le département d'Ille et Vilaine aucun site n'a été classé pour des échouages d'ulves (pour autant, certains secteurs de la Rance présentaient des tapis d'algues vertes filamenteuses et un site sur la Rance, côté costarmoricaïn, était classé pour les ulves).

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 2020 est présenté dans le Tableau 3 avec le rappel des résultats des années antérieures (3 inventaires également pour les années 2007 à 2019, 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 2020 comparés aux années 2002-2019 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 2020 a été classé dans ces sites « ulves ».

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

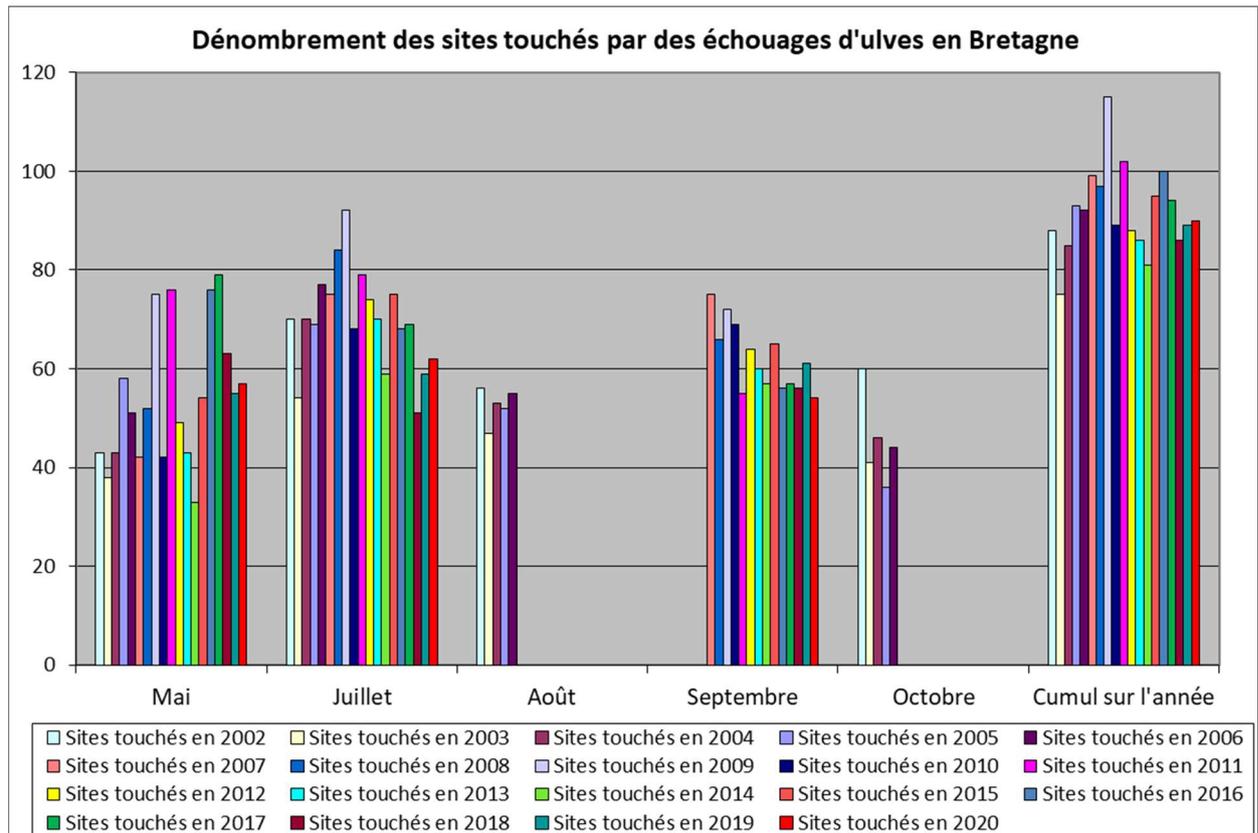


Figure 6 : Nombre de sites touchés par des échouages d'ulves par date d'inventaire sur l'ensemble du littoral breton. Le site de la Fresnaye, touché par des échouages d'*Ulvaria* (« ulvoïde ») de 2007 à 2009 puis de 2015 à 2020 a été classé dans ces sites « ulves ».

Pour l'ensemble des années, on retrouve globalement une augmentation forte entre mai et juillet (+ 29 % sur la série 2002-2020), puis une diminution à partir de cette date jusqu'à octobre. Les mesures depuis 2007 en mi-septembre plutôt que mi-août et mi-octobre semblent indiquer un léger rebond après le mois d'août 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. 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).

Pour l'année 2020, le profil (en nombre de sites) n'est pas conforme à la situation « moyenne ». Le niveau de mai est déjà relativement important, quasiment identique en juillet (5 sites de plus) et diminue en septembre (8 sites de moins qu'en juillet et même 3 de moins qu'en mai) nettement plus qu'en moyenne pluriannuelle. La « relative précocité » de 2020 est en partie liée au littoral du Morbihan (4 sites de plus que sur 2002-2019), le niveau plutôt bas en juillet est principalement lié au littoral finistérien (5 sites de moins qu'en moyenne



2002-2018) et celui de septembre au niveau du Finistère (6 sites de moins que sur 2007-2019) et du Morbihan (3 sites de moins). La prolifération, sur cet indicateur, apparaît **comme « un peu précoce »** (+ 3 sites en mai par rapport à 2002-2019) puis **peu intense en juillet et septembre** (- 8 sites pour les 2 dates). 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**

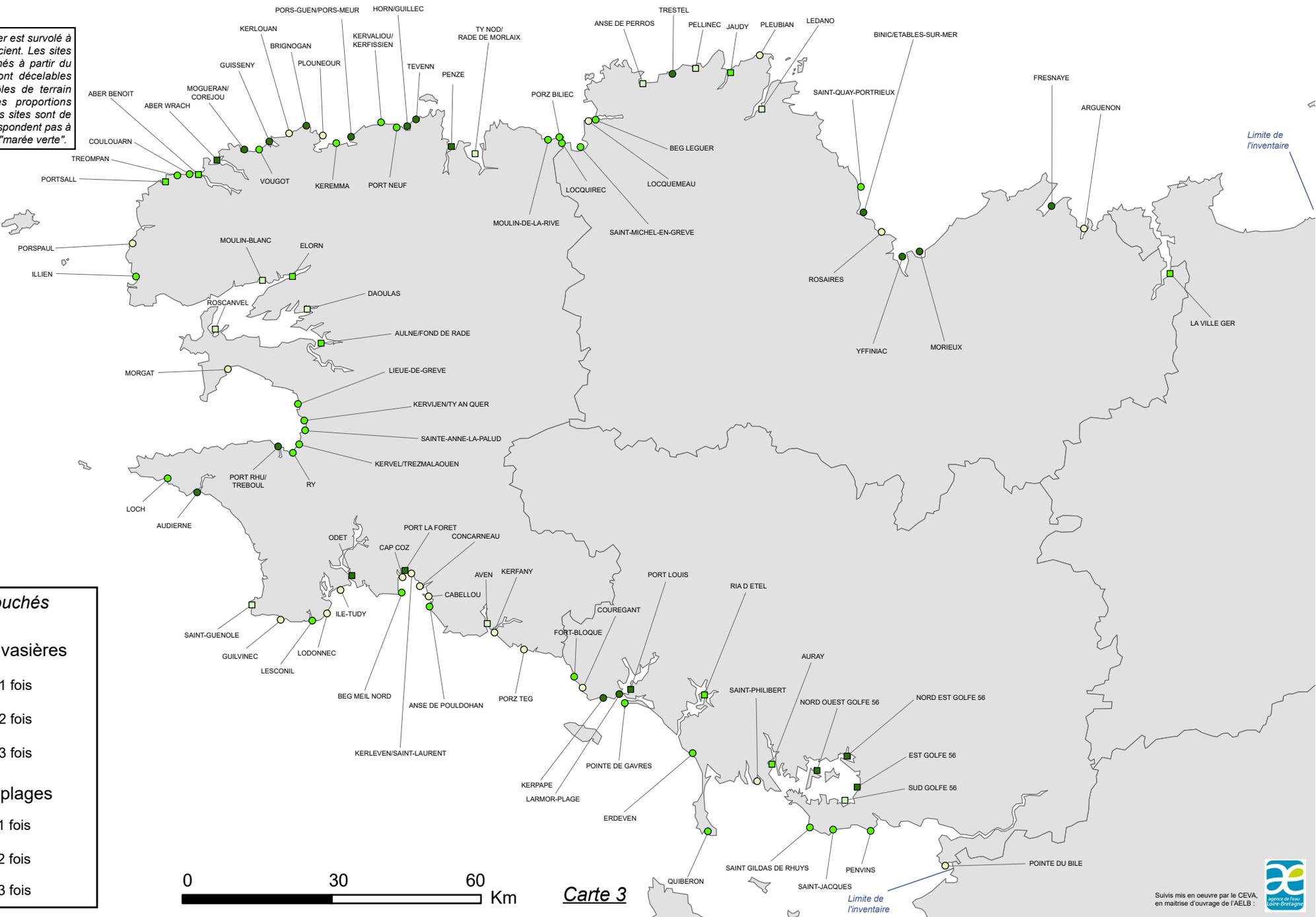
La carte des occurrences d'échouages d'ulves présente les 90 sites repérés dans l'année (carte 3). L'analyse des occurrences par site permet de percevoir :

- 23 sites touchés lors des trois inventaires,
- 37 sites touchés lors de deux des trois inventaires,
- 30 touchés uniquement une fois dans l'année.

En 2020, un quart des sites (25 %) est touché lors des 3 dates d'inventaire (contre 48 % en 2017 et 36 % en moyenne 2012-2019). Ces sites sont généralement les plus problématiques, la prolifération y étant longue (probablement au moins de mai à septembre ; parfois même bien au-delà). Ils sont en 2020 nettement moins nombreux que les années précédentes. Outre ces sites touchés systématiquement, on relève également 41 % 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 2020, les deux tiers des sites (67 %) 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 2020 (inventaires de mai, juillet ou septembre)

L'ensemble du littoral 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".



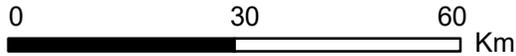
90 sites touchés

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

Limite de l'inventaire



3.1.2. Comparaison inter-annuelle 1997-2020

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 2020 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 14 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). 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 (78 sites sur 2010-2020) 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 14 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 2020, avec 73 sites répertoriés** est en légère diminution par rapport à 2019 mais nettement supérieure à 2018. Le nombre de sites de 2020 (juillet à septembre) est sous le niveau moyen 2007-2019 (- 11 %) mais plus proche du niveau moyen des années 2010-2019 (-7 %).

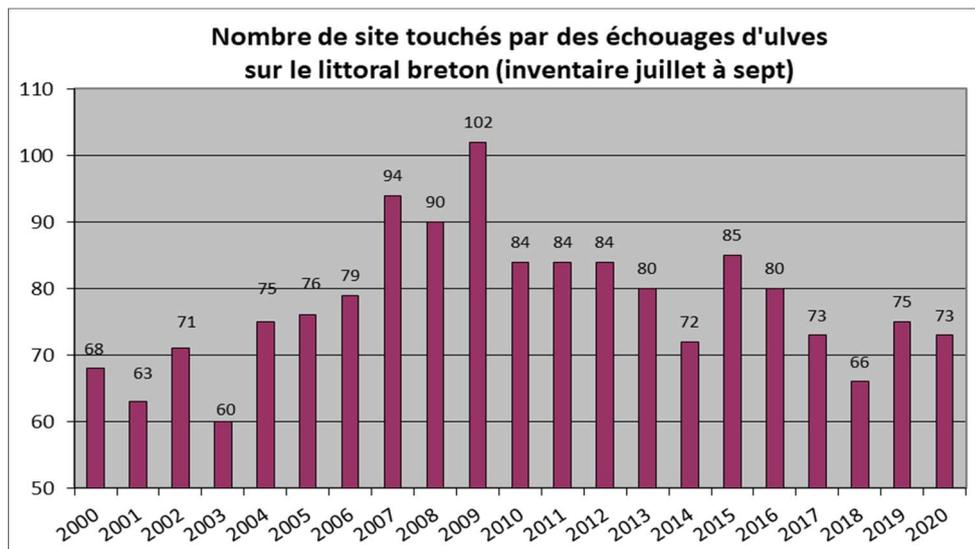


Figure 7 : Nombre de sites touchés entre 2000 et 2020 par des échouages d'ulves en période estivale (début juillet et fin août pour 2000 ; fin juin et début septembre pour 2001 ; juillet et / ou août pour 2002-2006 et mi-juillet et mi-septembre pour les années 2007 à 2020). Le site de la Fresnaye, touché par des échouages d'*Ulvaria* (« ulvoïde ») sur les années 2007-2009 puis 2015-2020 a été classé dans ces sites.

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 régresaient (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.

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 (16 de moins en 2020 qu'en 2009 et 20 de moins entre 2019 et 2009) est significative.

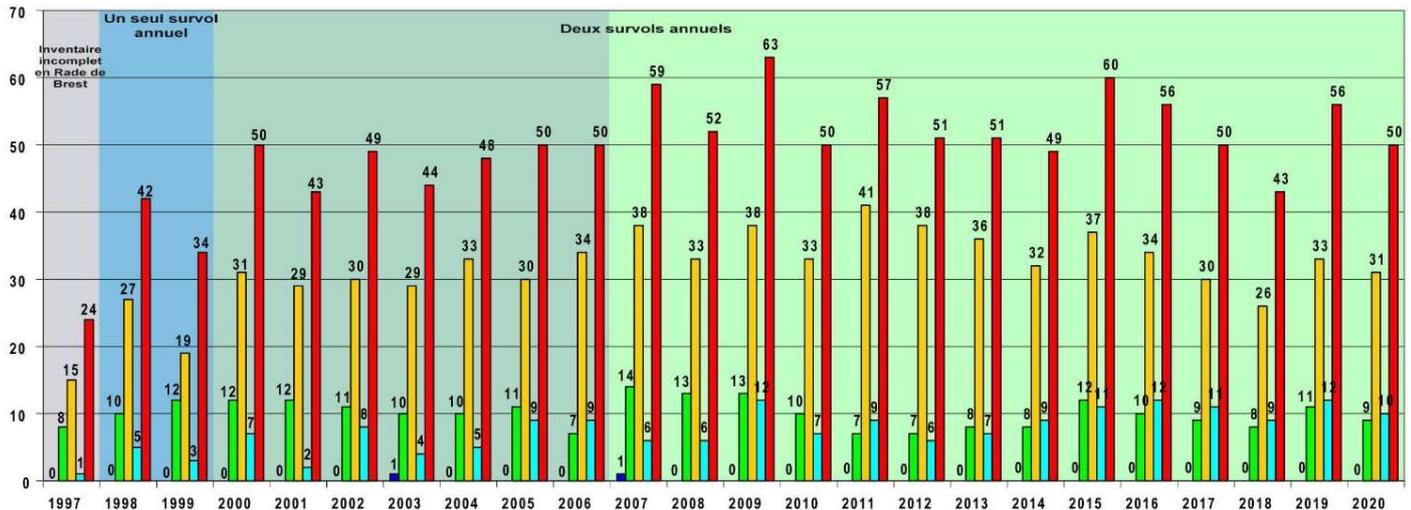


Comme précisé plus haut, le dénombrement des sites, ne concerne pas uniquement des sites qui peuvent être qualifiés de « marées vertes » et comprend des sites dont les dépôts sont peu étendus ; il convient donc de relativiser ce résultat et de se reporter à l'analyse des **surfaces d'échouage pour appréhender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

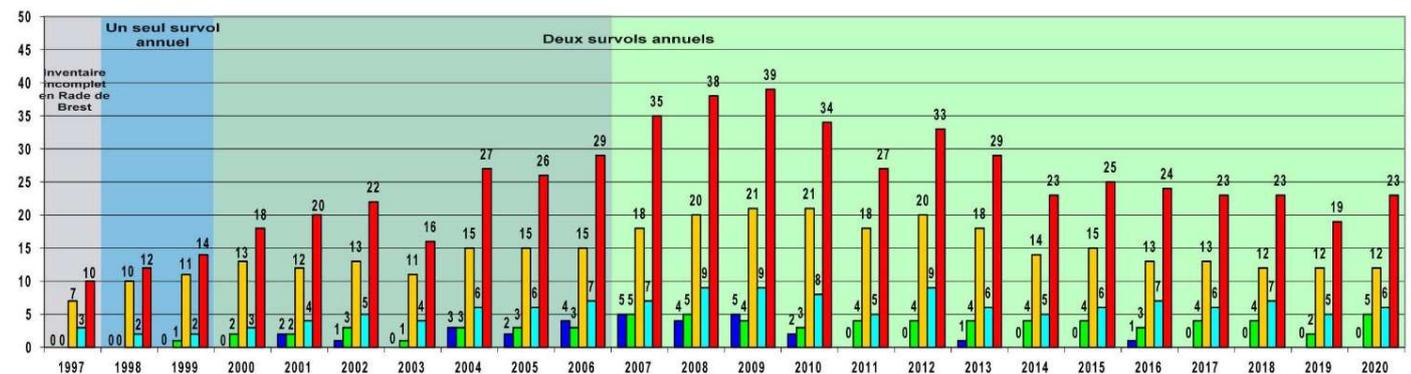


Nombre de sites concernés par des échouages d'ulves entre 1997 et 2020

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 16 et 21 septembre	24 et 25 juillet puis 18 et 19 septembre
2018**	2019**	2020**				
11 et 12 juillet puis 9 et 11 septembre	16 et 18 juillet puis 14 et 16 septembre	20 et 21 juillet puis 16 et 17 septembre				

* : inventaire incomplet en rade de Brest ** : données cumulées à partir des 2 survols aériens

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.

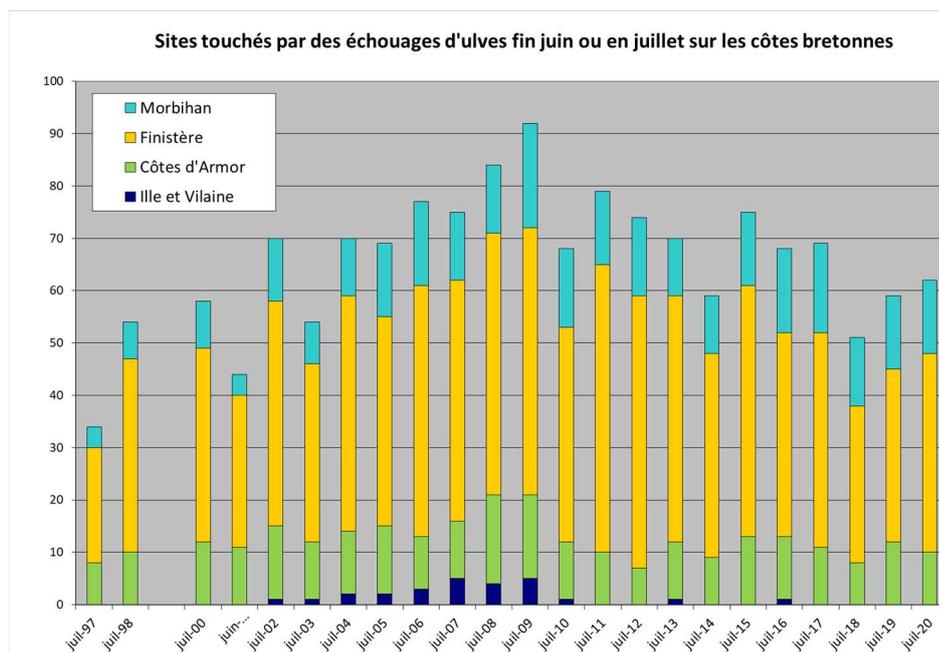


Figure 9 : Sites touchés par des échouages d’ulves en début de saison (fin juin ou juillet) sur les côtes bretonnes. Le site de la Fresnaye, touché par des échouages d’Ulvaria (« ulvoïde ») sur les années 2007-2009 puis 2015-2020 a été classé dans ces sites.

La Figure 9 met en évidence un nombre de sites (62) plutôt bas pour le début d’été 2020 (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 2002-2019 et 66 sur 1997-2019, premières années de la série, pas totalement comparables).

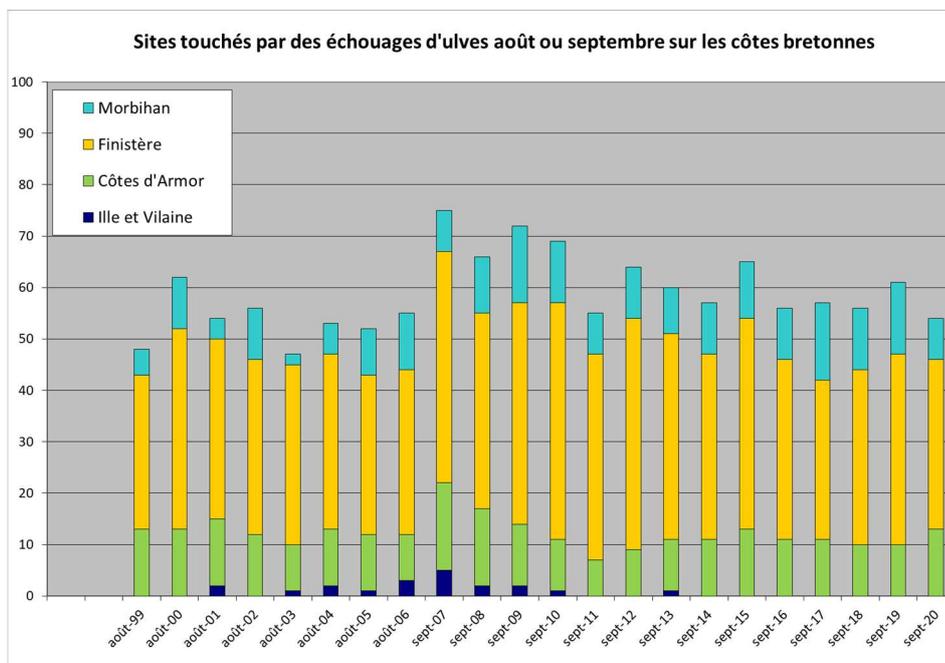


Figure 10 : Sites touchés par des échouages d’ulves en « fin de saison » (août ou septembre) sur les côtes bretonnes. Le site de la Fresnaye, touché par des échouages d’Ulvaria (« ulvoïde ») sur les années 2007-2009 puis 2015-2020 a été classé dans ces sites.



La Figure 10 indique, avec 54 sites, un niveau en septembre 2020 qui est bas, nettement inférieur à la moyenne, (62.5 sur septembre 2007-2019, années comportant un inventaire en septembre et 59 sur la fin de saison des années 1999 à 2019). 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

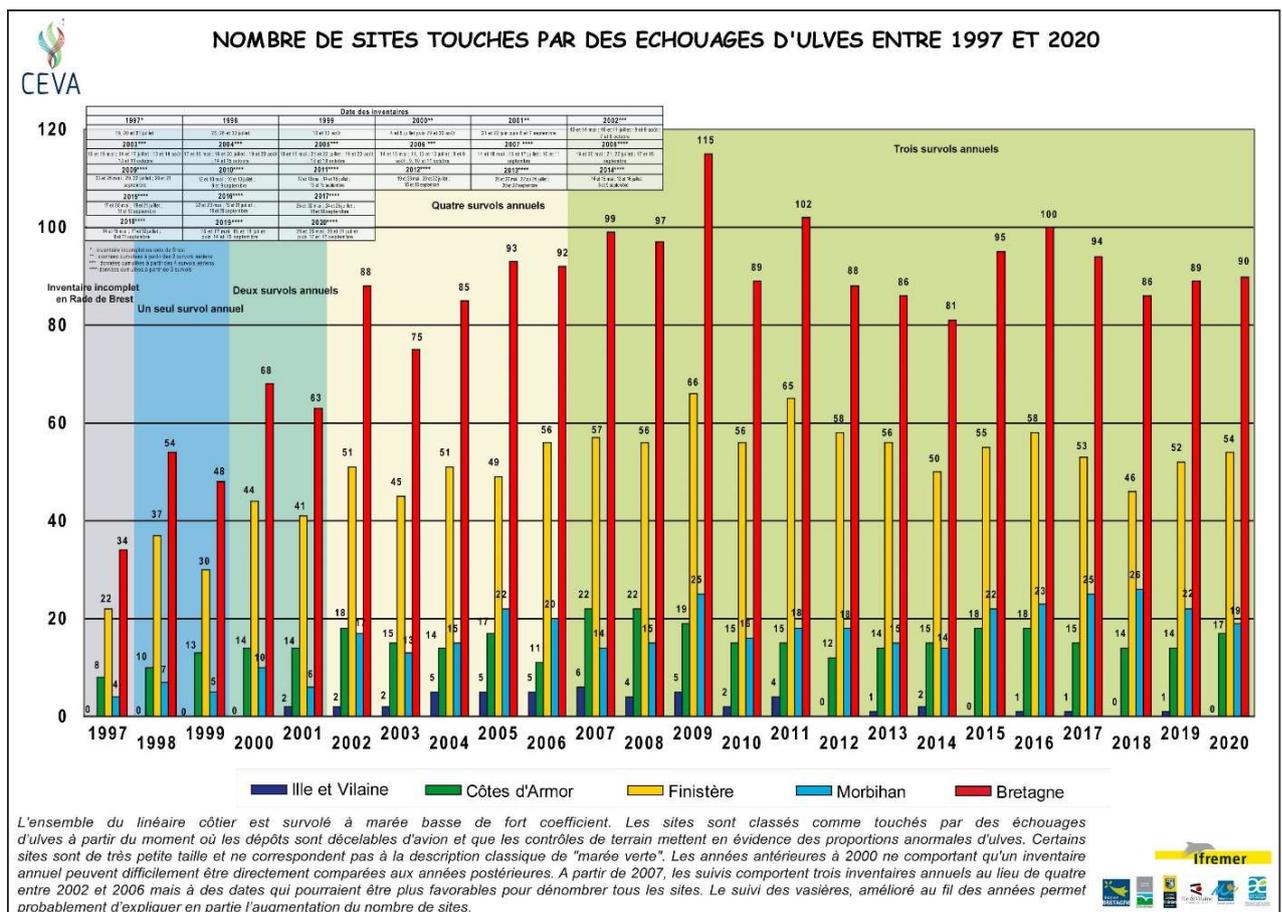


Figure 11 : Nombre de sites touchés par des échouages d'ulves sur l'ensemble de la saison sur les départements bretons entre 1997 et 2019 (nombre d'inventaires différents selon les années). Le site de la Fresnaye, touché par des échouages d'Ulvaria (« ulvoïde ») sur les années 2007-2009 puis 2015-2020 a été classé dans ces sites.

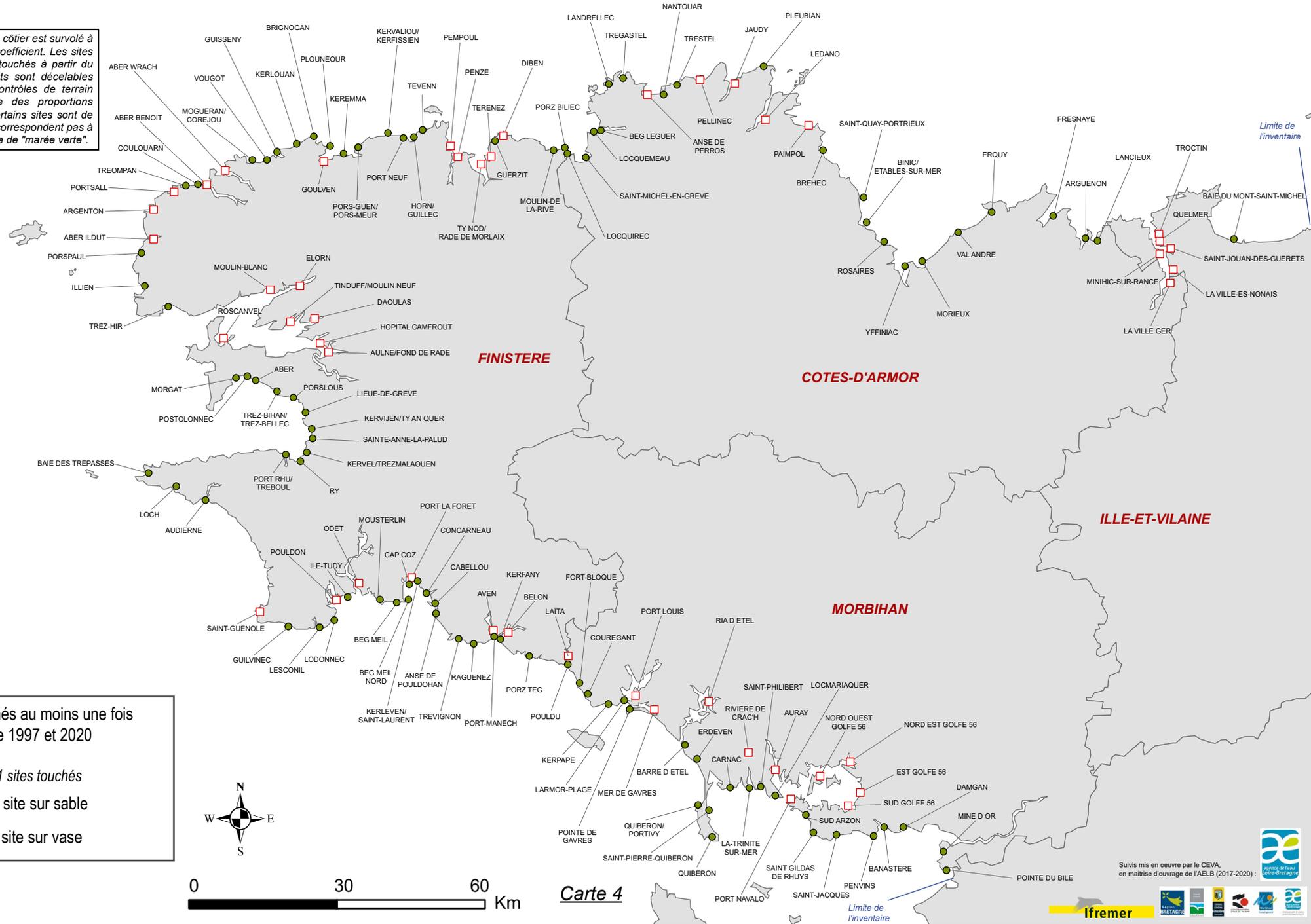


- L'année 2020, si l'on considère les trois dates d'inventaire (Figure 11), compte 90 sites soit 1 de plus que l'année précédente (alors qu'en ne considérant que les inventaires de juillet et septembre le nombre de site diminuait de 2). Le niveau sur **l'année 2020 est légèrement inférieur au niveau moyen** (94 sites sur 2007-2019). Après le **rebond que représentait les années 2015 à 2017, l'année 2020 se situe à un niveau comparable aux années 2012-2013 ou 2018-2019**. Les années 2007 à 2020, 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 20 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 augmente de façon assez continue. 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 2020 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 16 fois sur les 24 années d'inventaires sont représentés (soit deux années sur trois). 66 sites sont dans ce cas sur le littoral breton et parmi ces sites, 15 ont été touchés chaque année (en 2017, 16 sites étaient dans ce cas ; le site du Ry était sorti de cette liste car non classé pour les ulves en 2018), 9 l'ont été 23 années sur 24 (3 sites de la baie de Douarnenez avaient quitté cette catégorie car sans ulves en 2018) et 9 l'ont été 22 années sur 24 (soit 33 sites qui ont été touchés au moins 22 années sur 24). 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).

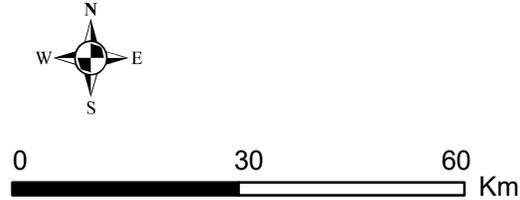
Sites touchés par des échouages d'ulves au moins une fois depuis 1997

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 2020

- site sur sable
- site sur vase

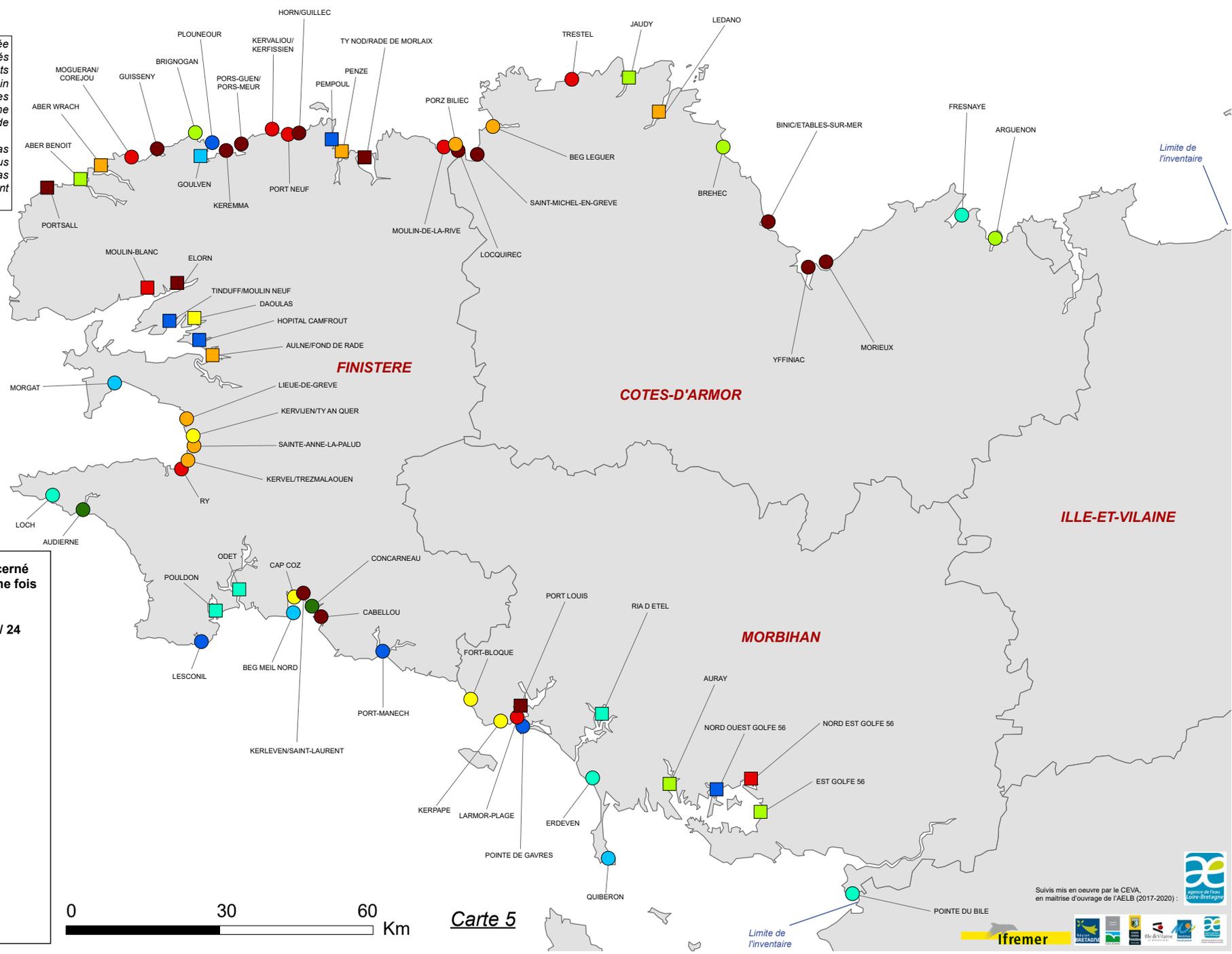


Carte 4

Suivis mis en oeuvre par le CEVA, en maîtrise d'ouvrage de l'AELB (2017-2020).

Sites les plus fréquemment touchés par des échouages d'ulves sur la période 1997-2020

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 2020

66 sites concernés au moins 16 fois / 24

- site concerné 16 années sur 24
- site concerné 17 années sur 24
- site concerné 18 années sur 24
- site concerné 19 années sur 24
- site concerné 20 années sur 24
- site concerné 21 années sur 24
- site concerné 22 années sur 24
- site concerné 23 années sur 24
- site concerné 24 années sur 24

○ plage
□ vasière



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 2020. Ceux-ci sont localisés principalement dans le Golfe du Morbihan, les rades de Brest ou Lorient, les baies de Morlaix et Penzé, ainsi que dans les estuaires profonds et les abers.
- Sur les trois inventaires de 2020, **26 sites sur les 90 sites recensés sont des sites de vasière**. La Figure 12 présente la proportion, sur les inventaires d'été (juillet ou septembre) des vasières touchées sur le total des sites. Pour 2020, 23 vasières sont concernées en juillet ou septembre ce qui représente donc **31.5 % du total des sites**. Cette proportion est légèrement inférieure à la moyenne depuis 2007 (34 %) mais **conforme si l'on analyse la proportion depuis 1997** (31.9 %). Par rapport à 2019, l'augmentation de la proportion des vasières est liée à un plus grand nombre de sites de ce type classé pour les ulves (23) et à une diminution du nombre de sites « sableux ». 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** : près des deux tiers (61 %) des sites sont touchés deux ou trois fois sur les trois inventaires de 2020 dont 31 % 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 2020 également, 10 vasières se trouvent dans cette situation, de prolifération « courte ». Et sur ces 10 vasières, 6 ne sont touchées que sur le dernier inventaire, de septembre (plutôt sur la côte nord, sites sur lesquels les « ulves en lame » se sont imposées sur les algues filamenteuses en fin de saison).

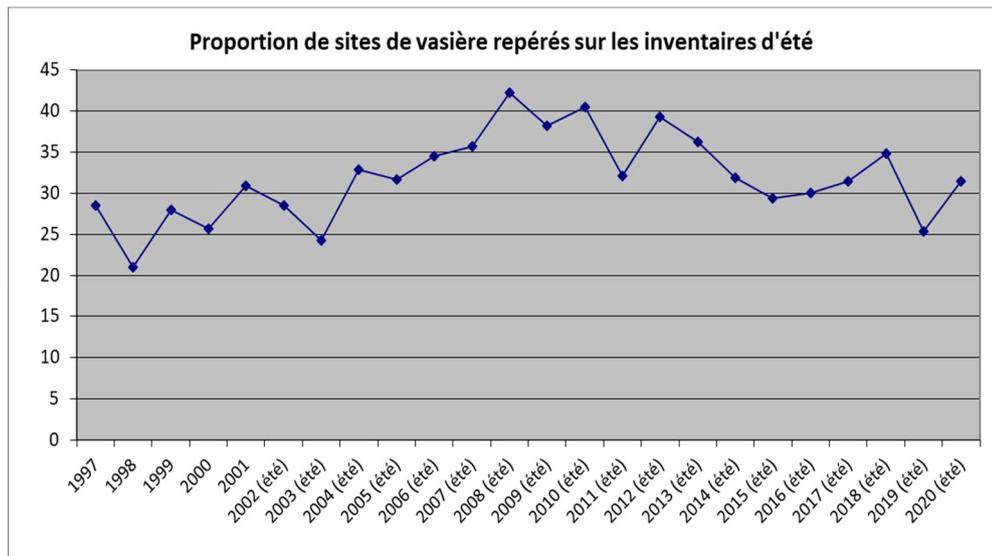
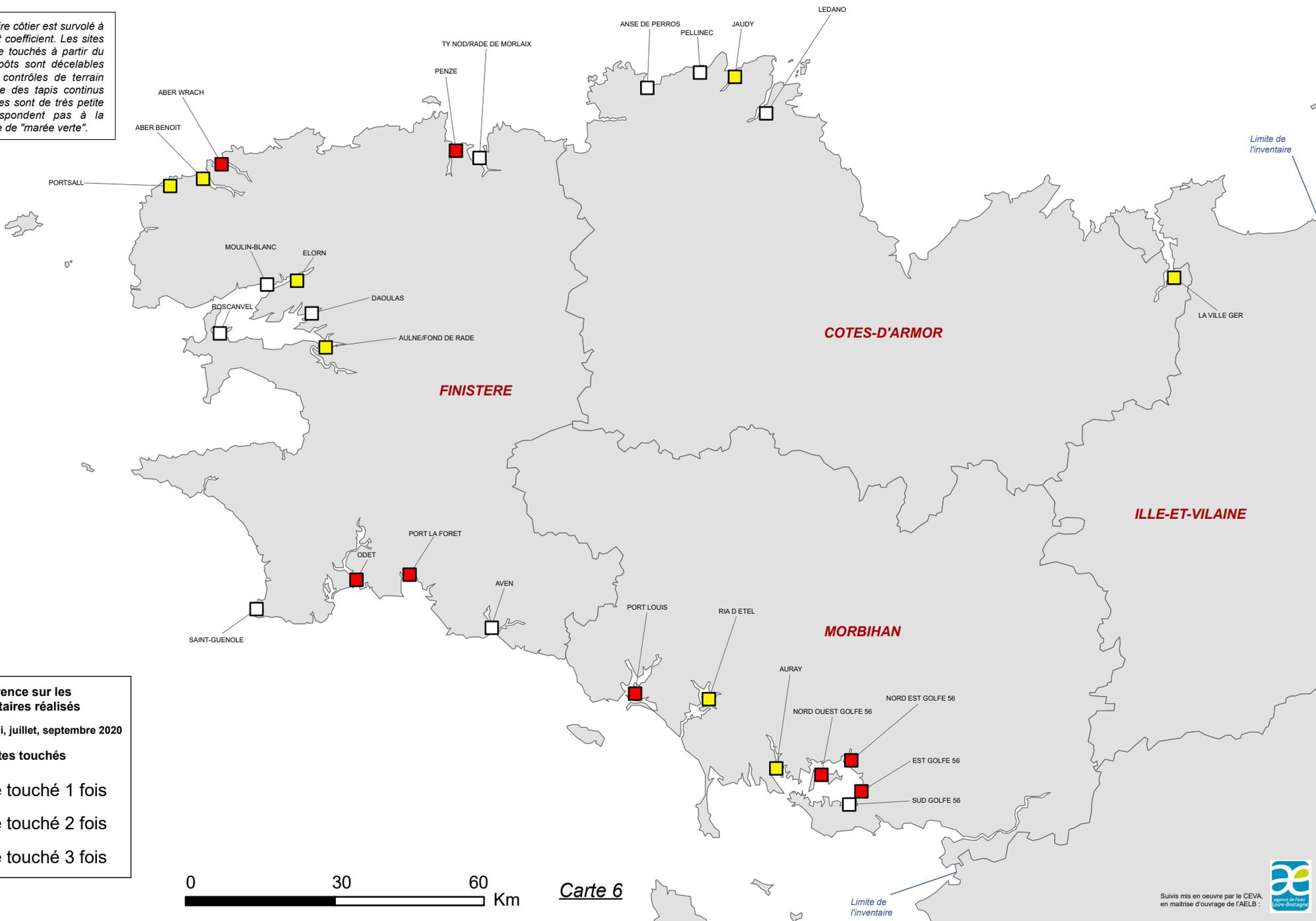


Figure 12 : Proportion de vaseuses dans les sites touchés par des échouages d'ulves sur les années 1997 à 2020. L'amélioration des suivis permet probablement d'expliquer, en partie au moins, l'augmentation de la proportion des vaseuses dans le total des sites inventoriés du début des suivis à 2008.

Vasières touchées par des échouages d'ulves au cours de la saison 2020

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".





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 formes filamenteuses sont de « façon générique » rattachées au genre *Enteromorpha* (formes filamenteuse nommées classiquement entéromorphes, mais désormais rattachées au genre *Ulva*) et parfois des *Cladophora* spp.

On a également aujourd'hui des proliférations d'ectocarpales (algues brunes) et d'algues rouges des ordres des Gigartinales, Ceramiales, Gracilariales et Bonnemaisoniales. On retrouve très souvent une présence plus ou moins marquée de *Zostera* spp. dans les échouages en particulier de haut de vasière. 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 systématicien 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 2020, avec 27 sites qui ont été repérés pour ces « autres algues »**.

Les **algues vertes filamenteuses** ont concerné de nombreux sites en 2020 (13 sites pour au moins une date). Sur certains sites ces proliférations sont assez habituelles (Landrellec, Locquémeau) mais pour d'autres les proliférations observées sont plus originales : c'est notamment le cas d'une partie des sites du fond de baie de Douarnenez (en particulier le Ry sur les trois dates) mais encore plus des sites de la baie de la Forêt. Comme régulièrement observé depuis 2007, la baie de la Fresnaye a présenté en 2020 une prolifération d'*Ulvaria* (avec des algues brunes filamenteuses à partir de juillet).

En plus de ces échouages d'algues vertes « non ulves », des proliférations d'autres algues ont concerné de nombreux secteurs et **cette « thématique » reste donc majeure en 2020**. 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 la Fresnaye et baie de



Lancieux et dans une moindre mesure baie de l'Arguenon). Ces algues ont à nouveau été retrouvées en 2020, plus particulièrement en début de saison, sur la **baie de Douarnenez**, en mélange avec des proliférations d'ulves et d'algues vertes filamenteuses (surtout sur le sud de la baie, plage du Ry). Des Ectocarpales ont également été relevées sur l'Aber Benoît (Brouenou) sur Paimpol (Est de la baie), sur la baie du Mont Saint Michel (septembre, Hirel) ainsi qu'en baie de Quiberon (juillet).

En 2020, les **échouages de *Solieria chordalis*** sont surtout présents, comme souvent, sur le **sud de la presqu'île de Rhuys** (septembre et dans une moindre mesure juillet) et, plus au nord, la présence de Soliéria sur **la baie de la Forêt était relevée en mai** (puis des échouages assez massif en octobre, mais en dehors des suivis RCS et jusqu'en décembre générant des ramassages importants). De manière plus anecdotique, des échouages d'algues rouges ramifiées (très probablement *Polysiphonia*) était relevés en juillet sur la côte nord-Finistère (Argenton, sud de la presqu'île Saint Laurent) et sur l'anse de Dinan (algues rouges qu'il n'a pas été possible d'identifier comme *Falkenbergia* ce qui est régulièrement le cas sur ce site).



3.1.5. Conclusion

Les inventaires en dénombrement de sites sur le littoral breton en 2020 ont permis de repérer :

- Un nombre de sites touchés par des échouages d'ulves sur les 3 inventaires **au même niveau que 2019 (+ 1 site)** : avec 90 sites repérés, l'année 2020 reste cependant légèrement **en dessous du niveau moyen 2007-2019** (93.6 sites).
- Un nombre de sites **en mai** (57 sites) qui est **inférieur légèrement supérieur au niveau moyen** (54 sites sur 2002-2019) et très inférieur au niveau de l'année 2017 (79 sites touchés) année la plus précoce sur cet indicateur. Sur le critère « dénombrement », l'année **2020 apparaît donc comme « légèrement précoce »**.
- **Un niveau de juillet** (62 sites) qui augmente peu par rapport à mai (+5 sites) et se situe à **un niveau très inférieur au niveau moyen** (70.2 sur 2002-2019 soit 8 sites de moins). Donc la prolifération peut être qualifiée de peu intense, sur ce critère.
- **Un niveau en septembre** (54 sites) qui diminue par rapport à juillet et reste inférieur à la moyenne (62.5 sites sur 2007-2019). La prolifération est donc peu soutenue en fin de saison, sur ce critère de dénombrement.
- L'analyse sur la seule **période « estivale » juillet à septembre** (73 sites) confirme la position de l'année 2020 **nettement en dessous du niveau moyen 2007-2019** (82.2 sites soit 9 sites de moins) et même sous le niveau plus modeste des années 2010-2019 (78.3 sites).
- Au travers de ce dénombrement on perçoit donc une année de **prolifération « légèrement précoce » puis relativement peu intense en été puis à l'automne**.
- Une **proportion des sites de vasière** dans le total des sites (31.5 %) qui est légèrement inférieur à la situation moyenne (34.4 % sur les années 2007-2019). 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 32 sur 2007-2019).
- De nombreux sites touchés par des proliférations **d'algues autres que les ulves** : quelques sites touchés par des **algues vertes filamenteuses** : sur le littoral nord et de façon moins classique, sur la baie de Douarnenez et celle de la Forêt. Les baies de l'Est des Côtes d'Armor (Lancieux, Fresnaye principalement) mais aussi la baie de Douarnenez ont été encore en 2020 touchées par des proliférations d'**Ectocarpales** (en succession et/ou association avec des Ulves, algues vertes filamenteuses ou Ulvaria). Enfin des échouages de **Solieria chordalis** ont été repérés en juillet et septembre sur la **presqu'île de Rhuys** et de façon plus marginale en mai sur la **baie de la Forêt** (puis plus massivement, en octobre à décembre ayant entraîné des ramassages d'arrière-saison).
- 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 2020 ; 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 2020, 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 2020 comme pour les années 2009 à 2019, 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 2020 »)



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

Pour ce qui est des sites « sableux » touchés par des échouages d'ulves en 2020, 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 0,08 à 138 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 2020 (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 quasi égalité avec juillet, sur le cumul du linéaire breton pour la moyenne 2002-2019), et pour certains sites dont le maximum est en août (Finistère nord notamment) voire en octobre certaines années. Cependant, en 2020, année très tardive (surtout pour les sites ayant un poids surfacique régional fort), le niveau de juin est encore limité sur la plupart des sites et le maximum est atteint en juillet. Dans ce contexte, le maximum annuel est, pour la plupart des sites, parmi les 3 inventaires « généraux » (mai, juillet et septembre). Dans ce contexte, seuls quelques sites, principalement en baie de Douarnenez, connaissent leur maximum sur 7 inventaires en août, nettement plus élevé que la valeur du maximum sur 3 inventaires. Les sites « Horn/Guillec », « Moguéran » et « Beg Léguer » présentent également des valeurs plus élevées en août que sur les 3 inventaires du RCS. Quand « Cabellou », « Kerleven/Saint Laurent » et « Larmor Plage » sont à leur maximum annuel en juin et « Cap Coz » en octobre. On perçoit bien, à travers ces représentations, les **grandes disparités rencontrées** (5 sites sont au-dessus de 50 ha sur les maximums sur 3 inventaires alors que 15 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 2020 sur les 3 inventaires « généraux » (« rideau » + échouage en « équivalent 100% » de couverture). 64 sites de type « plage » ont été classés pour des échouages d'ulves en 2020 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	15
de 1 à 10 hectares	35
de 10 à 50 hectares	9
de 50 à 200 hectares	5
plus de 200 hectares	0

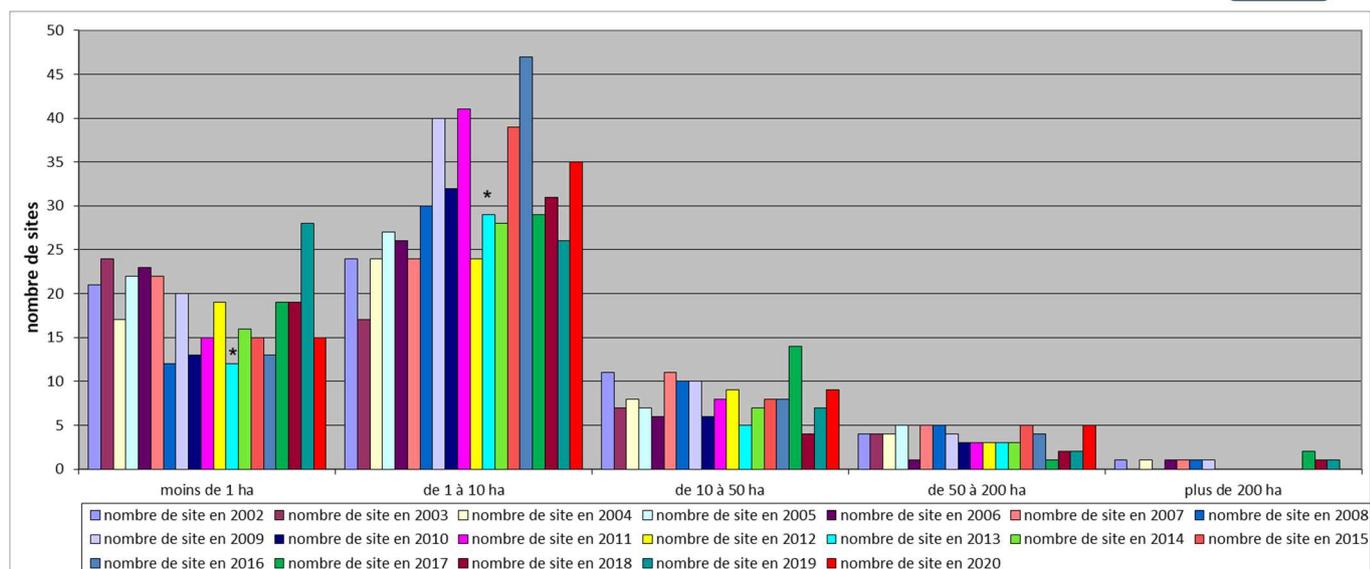


Figure 13 : Répartition par classe de taille (maximum annuel sur les trois inventaires « généraux ») des sites présentant des échouages d’ulves sur secteur de plage entre 2002 et 2020 ; le site de la Fresnaye, touché par des échouages d’Ulvaria (« ulvoïde ») de 2007 à 2009 puis de 2015 à 2020 a été classé 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 2020 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	0	2	10	3	15
de 1 à 10 ha	0	5	21	9	35
de 10 à 50 ha	0	0	9	0	9
de 50 à 200 ha	0	5	0	0	5
plus de 200 ha	0	0	0	0	0



L'analyse de la Figure 13 et du Tableau 4 et Tableau 5 permet de conclure pour la saison 2020 :

- **Le plus grand nombre de sites se trouvent dans la tranche de 1 à 10 ha** (55 % de cas, contre 49 % en moyenne 2002-2019),
- La **catégorie des sites de moins d' 1 ha** arrive en deuxième position avec 23 % du nombre de sites. **On trouve donc la grande majorité de sites (78 %) qui ont présenté au maximum annuel 10 ha.**
- La catégorie des sites « moyens », **entre 10 et 50 ha regroupe 9 sites en 2020** (8 en moyenne 2002-2019). Ces sites sont tous, en 2020, sur le **littoral du Finistère** (baie de Douarnenez pour 5 sites et Finistère nord pour les autres).
- **5 sites** (tous sur le **littoral des Côtes d'Armor** : « Fresnaye », « Yffiniac », « Morieux », « Saint Michel en Grève » et « Binic/Etables sur Mer ») se trouvent entre **50 et 200 ha** alors qu'ils étaient 3.4 en moyenne sur 2002-2019. A noter que ce niveau « un peu plus élevé » qu'en moyenne est à relativiser par le fait qu'aucun site n'est dans la classe de « plus de 200 ha ».
- La catégorie « plus de 200 ha » ne **compte aucun site en 2020** (la « Fresnaye », avec 138 ha est le site présentant la valeur maximale annuelle sur les 3 comme sur les 7 inventaires).
- 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** (31 sites de moins de 10 ha ; 9 entre 10 et 50 ha), aucun site n'atteint, sur ce département, en 2020 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 2020 avec environ 40 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 (« Fresnaye », « Yffiniac », « Morieux », « 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 2020, le département **du Morbihan** (seuls les sites sableux sont considérés ici) ne présente **aucun site au-dessus de 10 ha** (mais « Erdeven » avec 9.8 ha s'en approche) en maximum annuel mais **9 sites sont au-dessus d'1 ha** (ils n'étaient que 3 en 2019 dans cette catégorie) et 3 en dessous d'1 ha. Outre « Erdeven » (9.8 ha), on note, par ordre décroissant de maximum annuel, les sites de « Kerpape » et « Larmor Plage » (autour de 3 ha) les sites de « Pointe de Gâvres » et « Saint Gildas de Rhuys », « Quiberon » et « Penvins » autour de 2 ha.
- Le département **d'Ille et Vilaine** ne comprend encore en 2020 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 costarmoricaïns de plus forts cumuls** (« Yffiniac », « Morieux » au-dessus de 200 ha, « Saint Michel en Grève » et « Fresnaye » au-dessus de 150 et « Binic/Etables sur Mer » juste en dessous de 100 ha). Après ces cinq sites, on trouve **9 sites finistériens** (« Horn/Guillec » et « Guissény » autour de 70-80 ha ; « Lieue de Grève », « Locquirec », « Kervel/Trezmalaouen », « Sainte Anne la Palud », Kervijen/Ty an Quer » « Ry » et « Keremma » entre 25 et 15 ha puis **un site morbihannais** (« Erdeven » avec près de 15 ha). En dehors



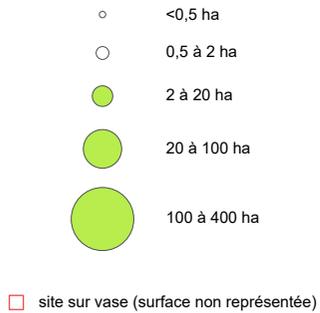
du site de « Erdeven » qui se distingue bien sur les cartes, les sites morbihannais sableux (vasières non analysées ici) sont moins visibles du fait de leurs surfaces plus modestes (4 fois moins de surface pour « Kerpape », « Lamor-Plage » et « Pointe de Gâvres », et entre 3 et 4 ha). A noter que ces 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. On peut noter, contrairement à la situation des années 2010-2014, que l'Est des Côtes d'Armor est en 2020 (comme de 2015 à 2019) concerné par des surfaces relativement importantes d'algues vertes « ulvoïdes » (« baie de la Fresnaye » avec une prolifération d'Ulvaria en début de saison et de Pylaiella sur une partie de la saison). Sur la baie de la Fresnaye, comme sur celle de Douarnenez les proliférations d'Ulves (ou Ulvaria) reportées sont en mélange avec d'autres algues filamenteuses brunes ou vertes. Ces autres algues peuvent avoir un impact sur la prolifération des Ulves elles-mêmes (compétition sur la lumière, notamment). 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 2020 »). On y distingue la très nette prédominance de la ME FRGC05, du fond de baie de Saint Brieuc puis la FRGC12 et FRGC10 (Léon Trégor et Baie de Lannion, à des niveaux équivalents mais près de 3 fois plus bas que la FRGC05) puis la FRGC03 (Rance Fresnaye) et FRGC20 (Baie de Douarnenez). Les autres ME présentent, pour la plupart des surfaces non négligeables sur sites sableux mais à des niveaux nettement inférieurs (les FRGC44 et 45 qui arrivent après la FRGC20 sont à des niveaux de surface 5 à 6 fois inférieurs à cette dernière). A noter que certaines de ces ME sont concernées aussi par des proliférations d'ulves sur vasières qui ne sont pas comptabilisées ici.

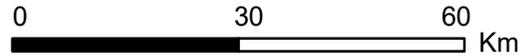
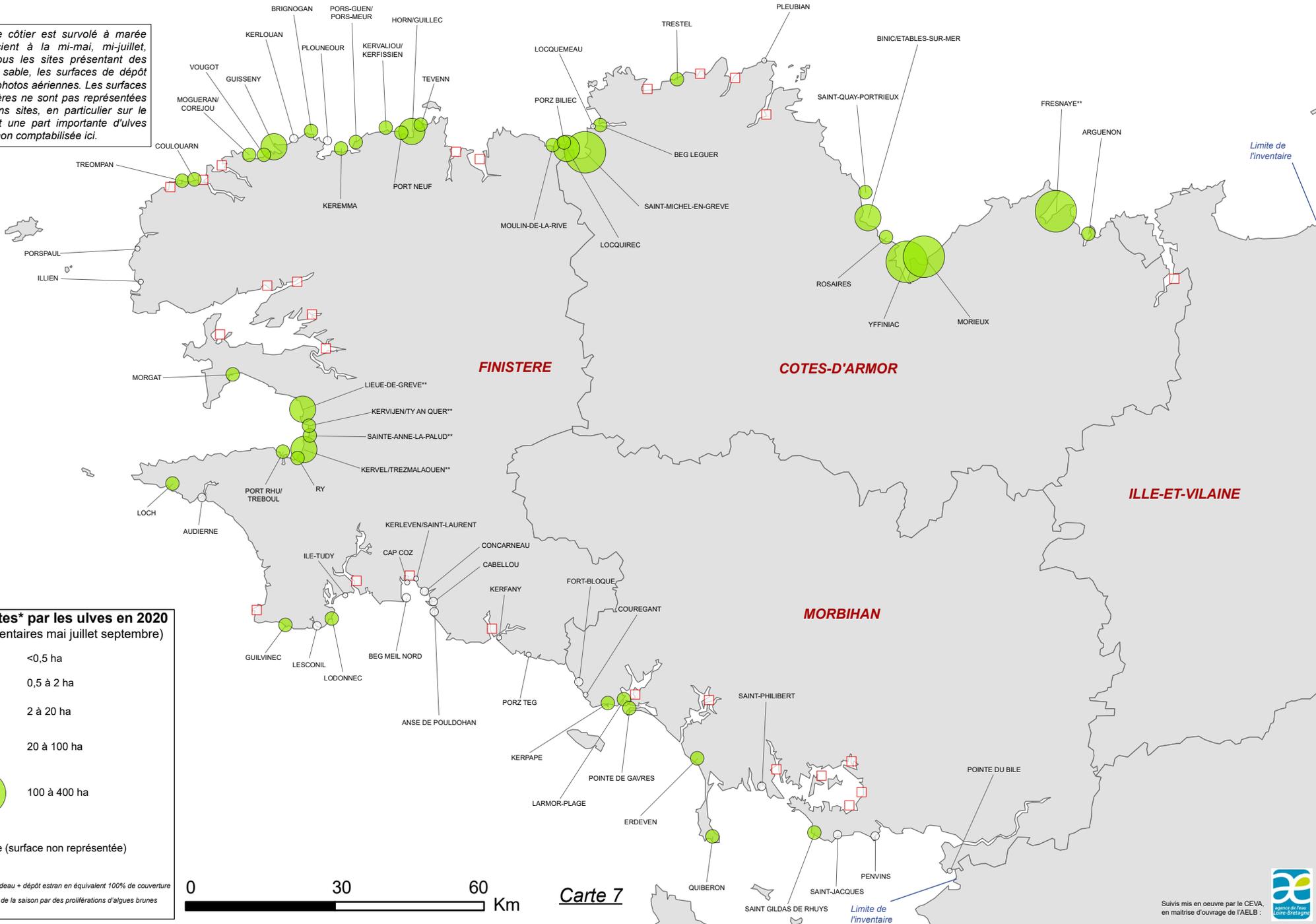
Surfaces couvertes par les ulves cumulées lors des 3 inventaires de surveillance de la saison 2020

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 2020 (cumul sur les 3 inventaires mai juillet septembre)



* 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

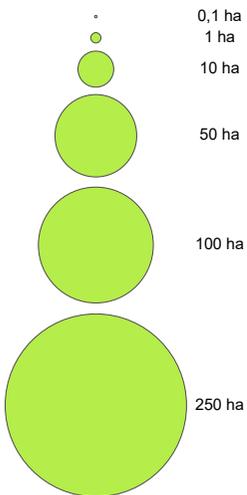


Carte 7

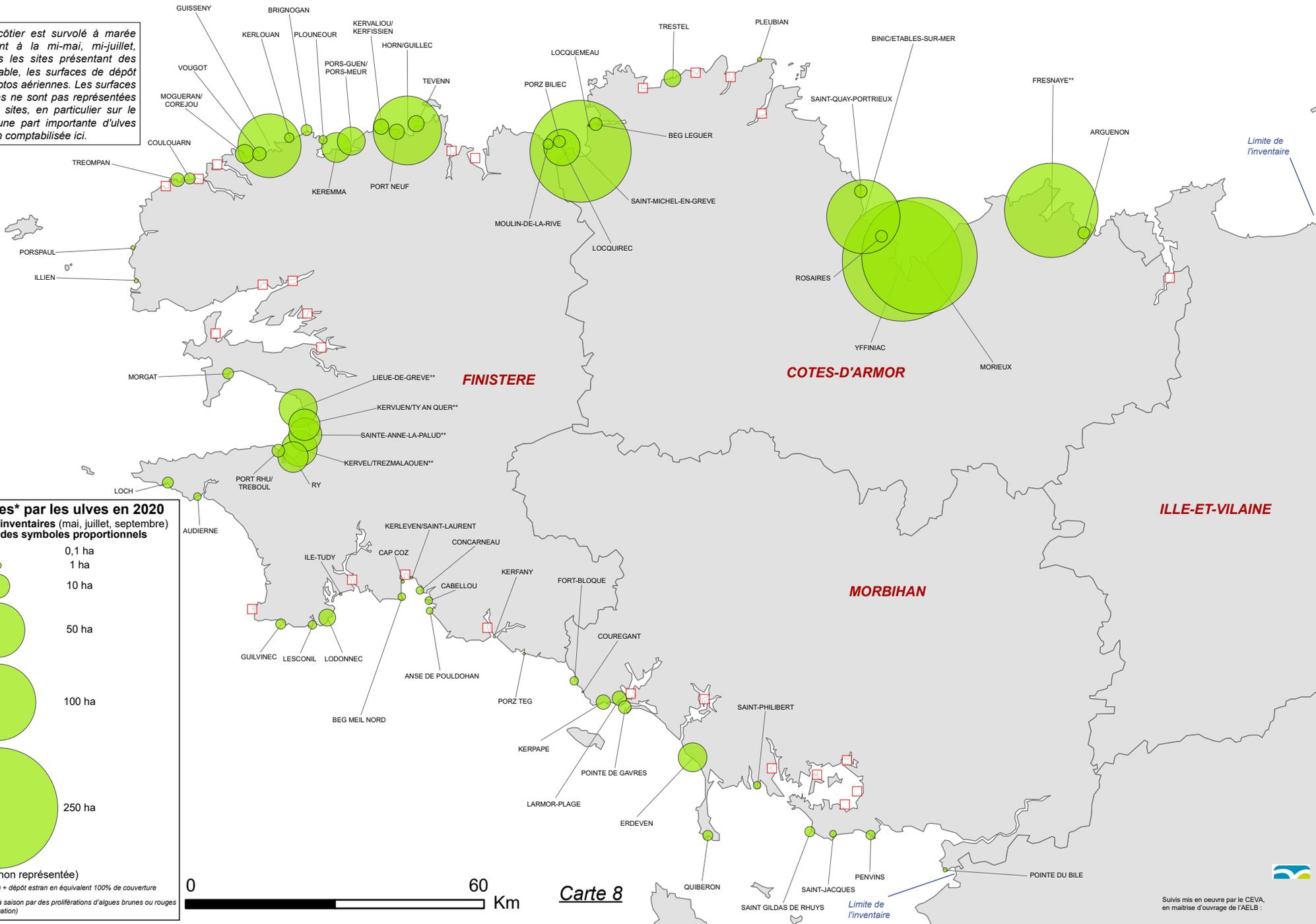
Surfaces couvertes par les ulves cumulées lors des 3 inventaires de surveillance de la saison 2020

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 comptabilisées ici.

Surfaces couvertes* par les ulves en 2020
Plages : cumul sur les 3 inventaires (mai, juillet, septembre)
représentation avec des symboles proportionnels



□ site sur vase (surface non représentée)
* Surface totale couverte = surface rideau + 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)



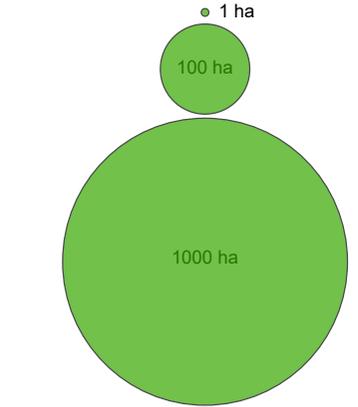
Carte 8

Surfaces couvertes par les ulves sur les plages Cumul par Masse d'Eau en 2020 (contrôle de surveillance DCE)

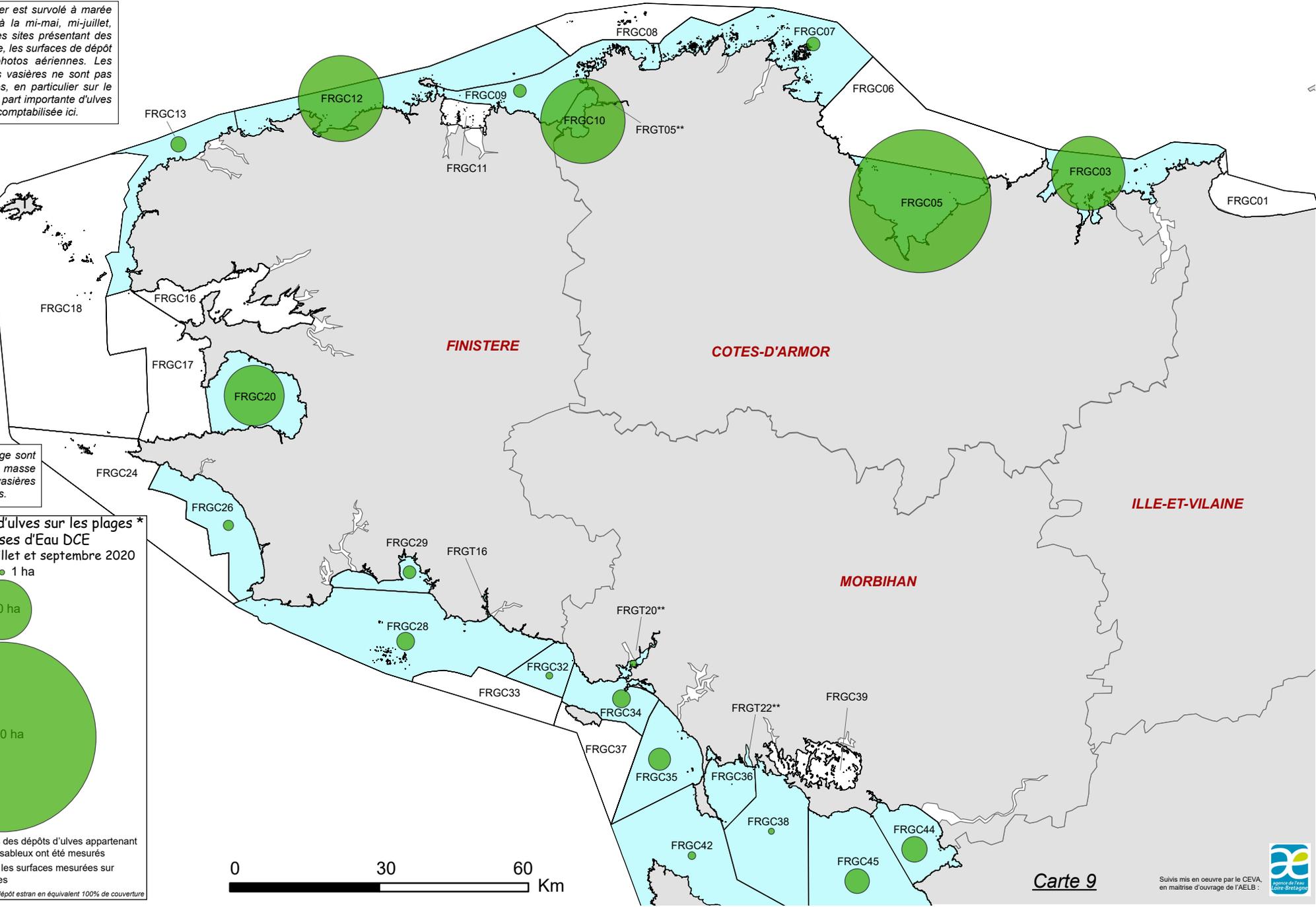
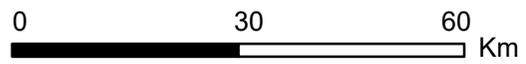
L'ensemble du linéaire côtier est survolé à marée basse de fort coefficient à la mi-mai, mi-juillet, mi-septembre. Pour tous les sites présentant des échouages d'ulves sur sable, les surfaces de dépôt sont mesurées sur les photos aériennes. Les surfaces de dépôts sur les vasières ne sont pas représentées. 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 2020



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



Carte 9



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 2020 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 2020 par rapport aux années antérieures. On relève :

- En avril, la situation est exceptionnelle avec **une quasi absence d'ulves sur les sites sableux** et notamment **aucune des « grandes baies » ne présentait d'ulves**. Cinq sites ont toutefois fait l'objet d'estimation de couvertures par les ulves mais pour des surfaces toutes inférieures à 0.5 ha (et la plus petite est de 0.01 ha soit 100 m²).
- En mai, la situation reste particulière avec les **« grandes baies » qui sont encore peu chargées** quand les **« petits sites » notamment du Sud Bretagne présentent des surfaces plus importantes**. La surface la plus élevée en mai est celle du site d'« Erdeven » (près de 10 ha) devant le site de la « Fresnaye ». Puis on distingue les sites de « Lodonnet », « Kerpape », « Rosaire » et « Pointe de Gâvres » avant le site d'« Yffiniac ». Le fait que ces « petits sites » souvent liés à des arrachages d'algues de platiers présentent en mai des surfaces élevées quand les « grandes baies » plus liées à des fonctionnements de « reconduction pluriannuelles » est probablement le signe d'un hiver plutôt dispersif suivi d'un début de printemps lumineux (favorable à la croissance des algues et notamment sur les platiers).
- En juin, les « grandes baies » des Côtes d'Armor présentent des surfaces en forte augmentation (4 baies au-dessus de 40 ha et la somme « Morieux + Yffiniac » à 200 ha). Mais la baie de « Saint Michel en Grève » n'est toujours pas concernée à cette date ce qui est assez exceptionnel (mais déjà rencontré en 2014 et 2018). On distingue ensuite le site de « Guissény », les sites du fond de la baie de Douarnenez, de la baie de la Forêt, de « Larmor Plage ».
- En juillet, 5 sites costarmoricaux prédominent (« fresnaye », « Morieux », « Yffiniac », « Saint Michel en Grève » et « Binic/Etables sur Mer », tous les 5 au-dessus de 50 ha et les 3 premiers au-dessus de 100). Se distinguent ensuite nettement les sites de l'« Horn/Guillec » et de « Guissény » puis les sites de la baie de Douarnenez et les autres sites du nord Finistère. Le littoral Sud est nettement moins concerné qu'en début de saison (« Erdeven » se distingue nettement, avec 4 ha ; les autres sites étant à moins d'1ha).
- En août, les surfaces des plus grandes baies diminuent (fortement pour la « Fresnaye »), mais « Yffiniac » et « Binic/Etables sur Mer » se maintiennent. Comme c'est souvent le cas, les sites du nord Finistère augmentent beaucoup en août (« Horn/Guillec » et « Guissény », stable en 2020 mais à un niveau particulièrement élevé). Les sites de la baie de Douarnenez sont à cette date eux aussi chargés (niveau supérieur à juillet ; alors que le max interannuel est en juin et deux fois plus élevé qu'août) ce qui n'est habituellement pas le cas en août.
- En Septembre les surfaces diminuent sur la plupart des sites (très fortement sur la « Fresnaye ») mais augmentent fortement sur « Saint Michel en Grève » (doublement par rapport à août) et se maintiennent à un niveau élevé sur la baie de Saint Briec (230 ha sur la somme des 2 sites).
- En Octobre les surfaces diminuent sur tous les sites (sauf Cap Coz qui est à son maximum annuel malgré des surfaces modestes) mais restent relativement importantes sur « Saint Michel en Grève », « Morieux », « Binic/Etables sur Mer » et « Yffiniac » (la somme de ces 4 sites représente 83 % de la surface régionale sur les baies sableuses). Cette diminution importante est à relier aux conditions très dispersives dès le 25 septembre puis en début octobre (tempête Alex).



➤ 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 2020 ; 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 7 dernières années de prolifération aux profils atypiques n'ont pas été intégrées dans cette représentation).

Cela permet de distinguer :

▪ Les sites précoces :

Les sites **costarmoricains sont habituellement plutôt précoces ainsi que la baie de Douarnenez**. La situation de 2020 est particulière, étant, au niveau régionale, l'année la plus tardive de la série 2002-2020 (surfaces en mai encore très faibles : 15 fois inférieures au niveau moyen de mai et même 6 fois inférieur au niveau moyen d'avril). Il est dans ce cadre difficile de parler en 2020 de sites réellement « précoces ». Malgré cela, on peut estimer, de façon relative, un comportement de site « précoce » de la baie de la « Fresnaye » et dans une moindre mesure de la Baie de Saint Brieuc (installation rapide des surfaces au printemps). Les baies de « Saint Michel en Grève » et de Douarnenez ne peuvent être considérées comme précoces en 2020, la première n'ayant toujours pas d'ulves en juin et la seconde restant à un niveau encore limité à cette date (habituellement maximum annuel).

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) il est à mettre en lien avec les conditions hivernales très dispersives. Et le fait que 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 ») est en ligne avec les conditions de lumière très abondante en fin d'hiver / début de printemps (mi-mars-fin mai 2020) qui entraîne une croissance rapide des algues sur platier puis leur arrachage (plus forte sensibilité à l'arrachage quand les algues sont grandes).

▪ 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 2020, ces sites ont été relativement précoces, surtout par rapport à l'ensemble des sites. C'est notamment le cas de « Guissény » et « Pors Guen » et d'autres « petits sites » en dehors du suivi RCO (ex. « Lodonsec », « Erdenven », « Kerpape », « Pointe de Gavres », « Loc'h »...). Ces démarrages plus précoces sont à relier avec les excédents forts d'ensoleillement sur la mi-mars – fin mai (qui engendre probablement aussi des réchauffements locaux de la colonne d'eau notamment sur les estrans rocheux).

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 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 2020 entre avril et octobre

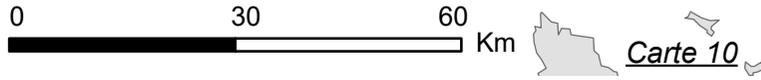
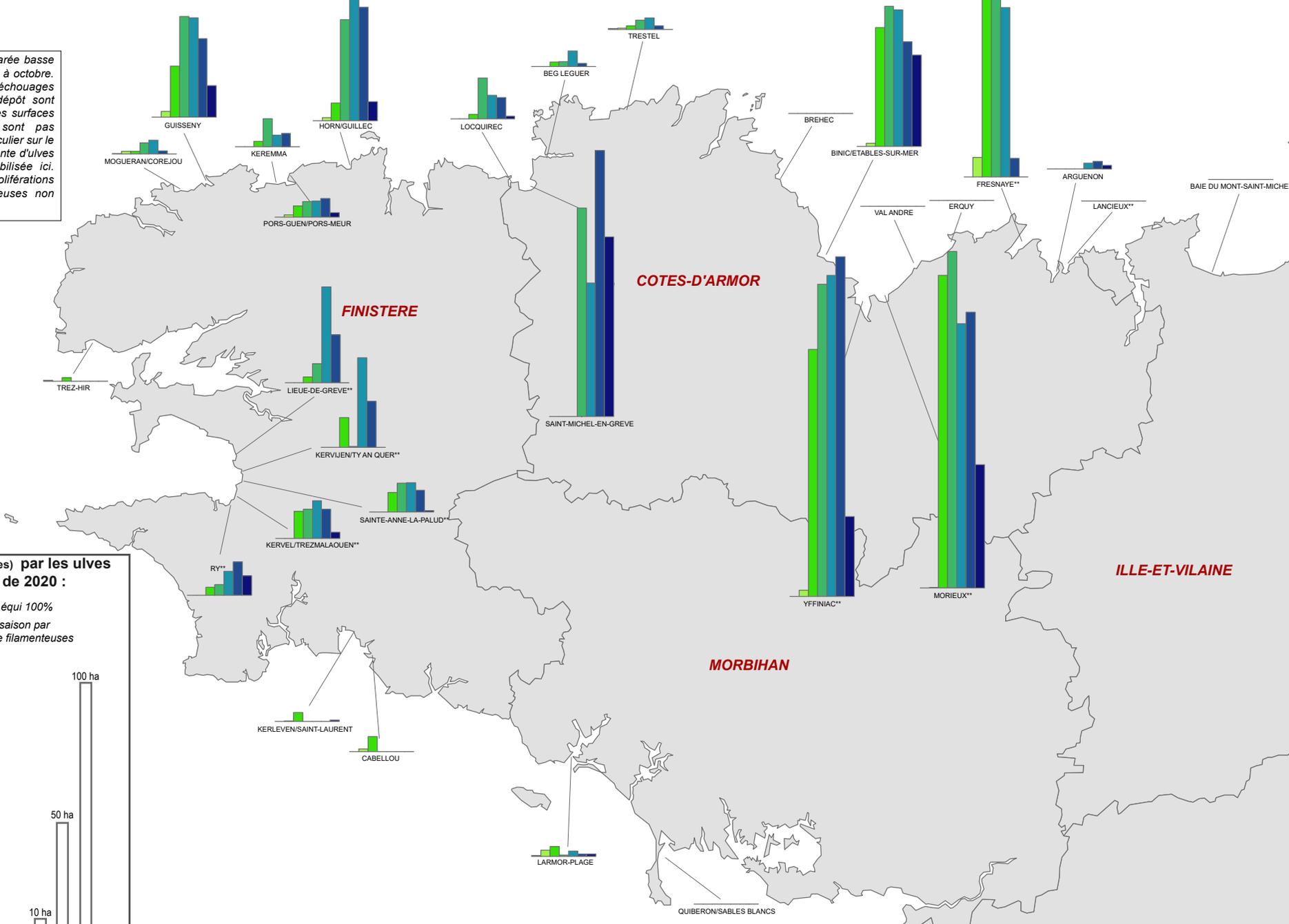
Les sites principaux sont surveillés à marée basse de fort coefficient mensuellement d'avril à octobre. Pour tous les sites présentant des échouages d'ulves sur sable, les surfaces de dépôt sont mesurées sur les photos aériennes. Les surfaces de dépôts sur les vasières ne sont pas représentées ici. Certains 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 2020 :

* Surface totale = surface riveau + 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.





3.2.3. Evolutions de la marée verte sur la période 2002-2020

De 2002 à 2006 dans le cadre de Prolittoral puis de 2007 à 2020, 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 2020, 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'algue 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 toute 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 **saïson 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).



Evolutions surfaciques relevées en 2020 :

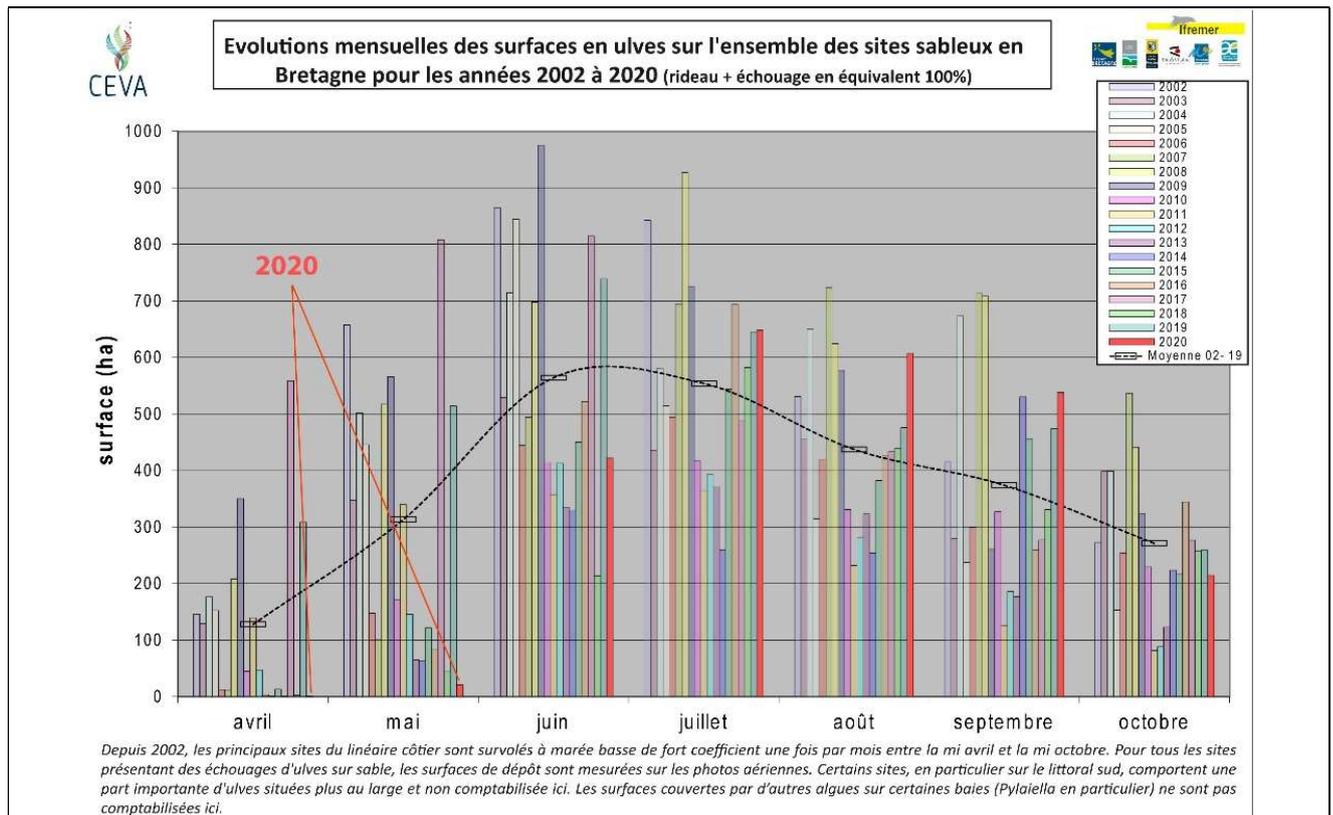


Figure 14 : évolutions mensuelles des surfaces en ulves sur l'ensemble des sites sableux en Bretagne faisant l'objet de suivis mensuels sur la période 2002-2020.

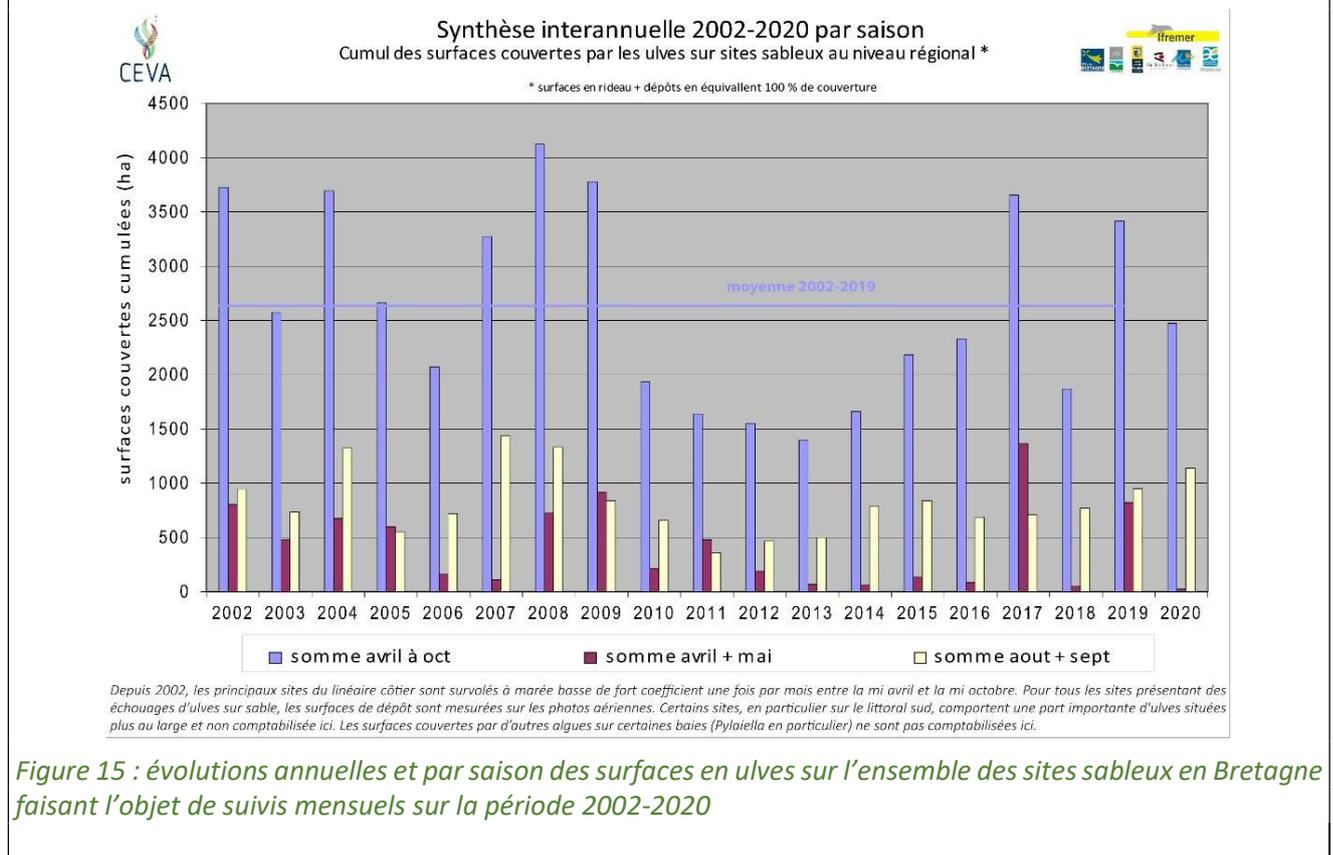


Figure 15 : évolutions annuelles et par saison des surfaces en ulves sur l'ensemble des sites sableux en Bretagne faisant l'objet de suivis mensuels sur la période 2002-2020



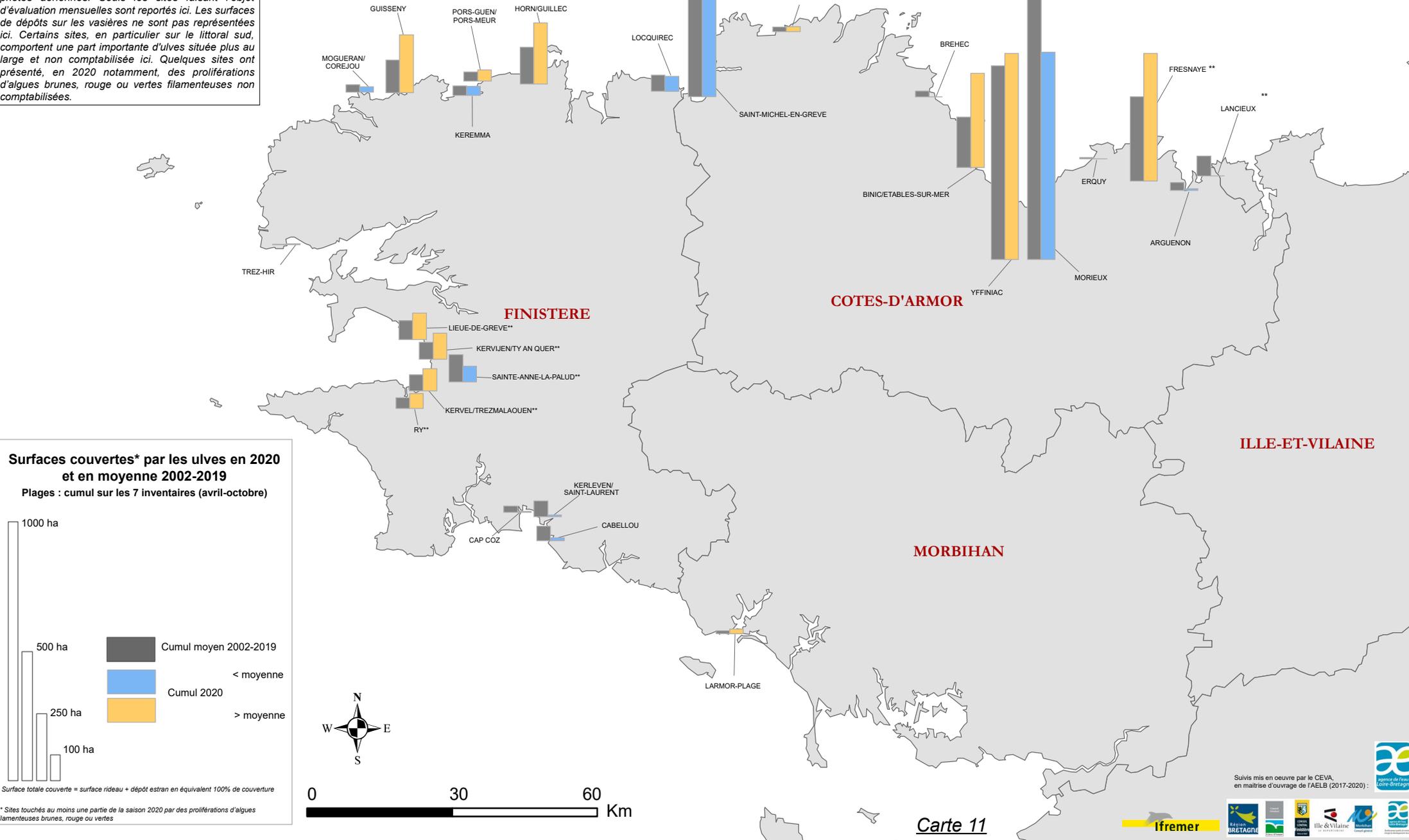
Les suivis surfaciques réalisés sur **les principaux sites sableux bretons** (suivis mensuellement d'avril à octobre) permettent d'établir que :

- **L'année 2020 est la plus tardive de la série 2002-2020, au niveau régional.** Les surfaces en avril + mai (indicateur de la précocité) est au 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 (65 fois inférieur à 2017, année la plus précoce. 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) échappent à ce démarrage tardif.
- Partant d'un niveau très bas, **les surfaces augmentent** (logiquement) **très fortement entre mai et juin** (elles sont 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) expliquent une partie de ce fort accroissement. La surface maximale est atteinte en juillet et est de 20 % supérieure au niveau 2002-2019. Les pluies intenses (surtout sur la baie de Saint-Brieuc et l'Est des Côtes d'Armor) ont engendré des reprises d'écoulement 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 diminue tout en restant supérieure au niveau pluriannuel en août et septembre. Il en résulte une surface en « août+septembre » qui est 40 % supérieure au niveau 2002-2019. En octobre les surfaces diminuent fortement et deviennent inférieures au niveau pluriannuel (- 21 %). Cette diminution importante est à relier aux conditions très dispersives dès le 25 septembre puis en début octobre (tempête Alex).
- Il résulte 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).

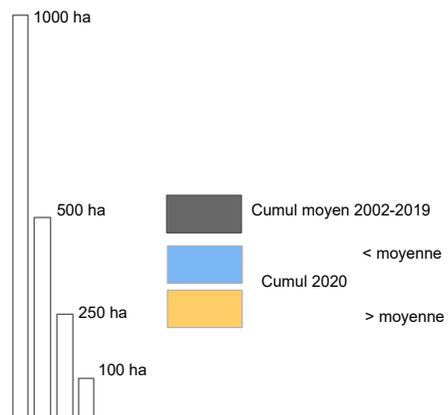
La carte 11 permet de situer l'importance de la prolifération sur l'ensemble de la saison sur chacun des sites faisant l'objet d'une surveillance mensuelle par rapport à la situation moyenne 2002-2019 et la **carte 10** permet de visualiser le détail des surfaces mensuelles sur ces mêmes sites pour l'année 2020.

Surfaces couvertes par les ulves sur les principaux sites sableux cumul des 7 inventaires de la saison 2020 et moyenne 2002-2019

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 2020 notamment, des proliférations d'algues brunes, rouge ou vertes filamenteuses non comptabilisées.



Surfaces couvertes* par les ulves en 2020 et en moyenne 2002-2019
Plages : cumul 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 2020 :

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 29 fois plus de surfaces couvertes que l'année 2018**, année la moins précoce avant **2020** qui présente même **65 fois moins de surface en avril+mai que 2017**.

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 corrélérer le démarrage de la marée verte d'une année avec le niveau atteint en fin d'année précédente (n-1).

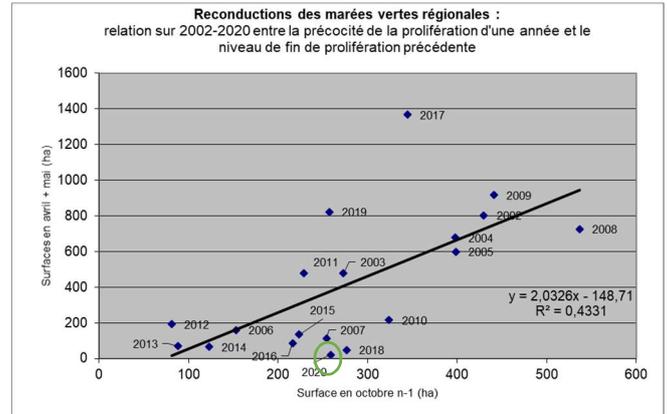
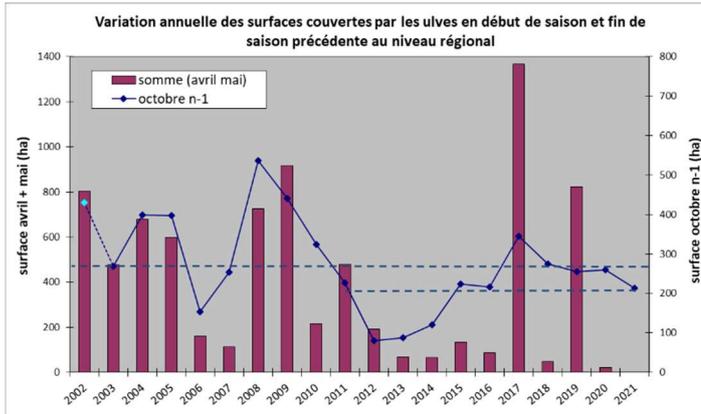


Figure 16 droite et gauche : Surfaces couvertes par les ulves en début de saison (avril+mai) et lien avec le niveau de couverture de la fin de l'année n-1. Les niveaux plus faibles qu'attendus en 2006, 2007, 2010, 2013, 2014, 2015, 2016, 2018 et 2020 s'expliquent par : des températures de l'eau plus 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 2020 (encerclé de vert) est liée principalement aux conditions hivernales très dispersives.

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 légèrement moins exceptionnelle à l'échelle de la Région (mais autant sur la Baie de Saint Brieuc 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 20017-2020) et l'ensemble des années sans les 2 années très précoces en baie de Saint Brieuc, celle de droite.

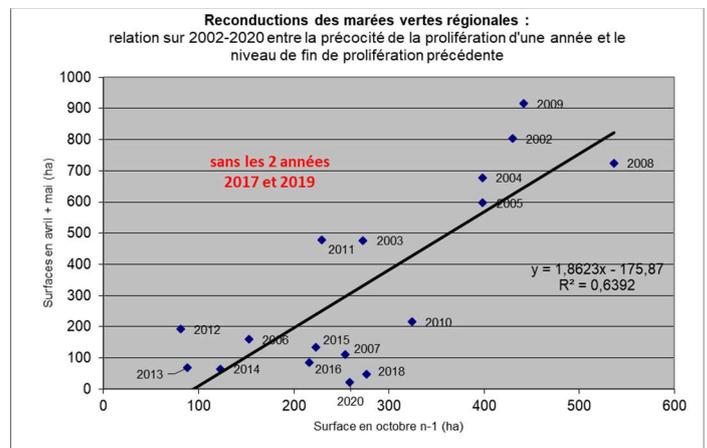
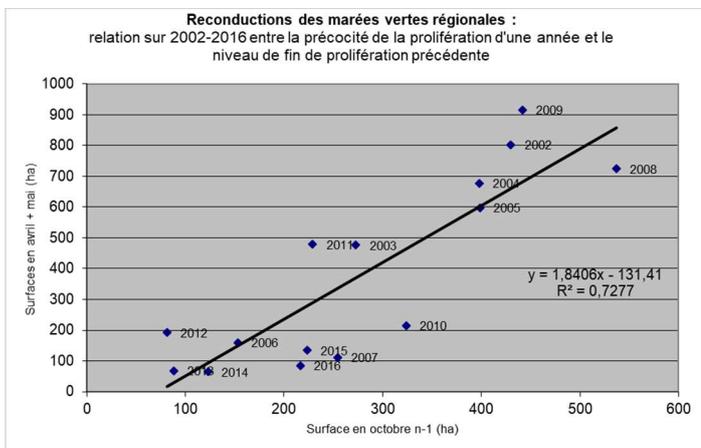


Figure 17 : relation entre les surfaces avril+mai d'une année n avec le niveau d'octobre n-1 sur la période 2002-2016 (figure de gauche) et sur 2002-2020, en retirant les 2 années particulièrement précoces sur la baie de Saint Brieuc 2017 et 2019 (figure de droite)



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, 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.

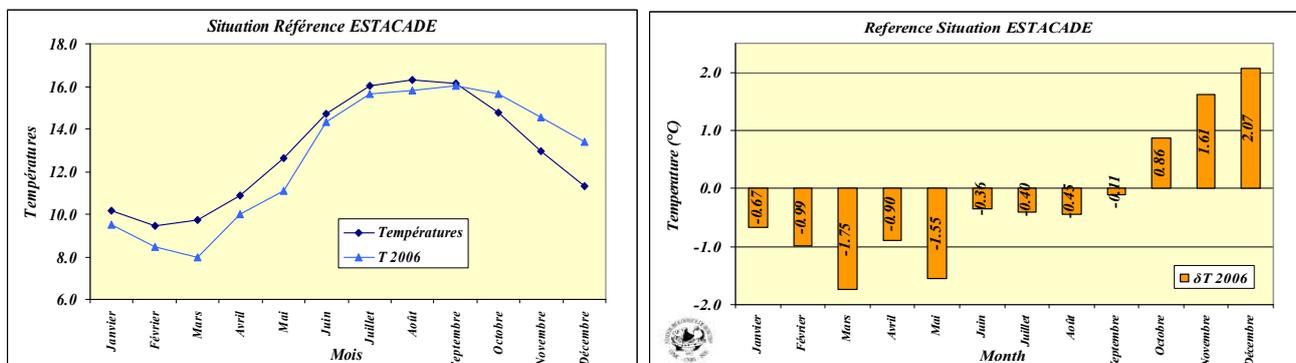


Figure 18 : données de température de l'eau en baie de Morlaix en 2006 par rapport à la moyenne 1985-2006 (données SOMLIT fournies par la Station Biologique de Roscoff)

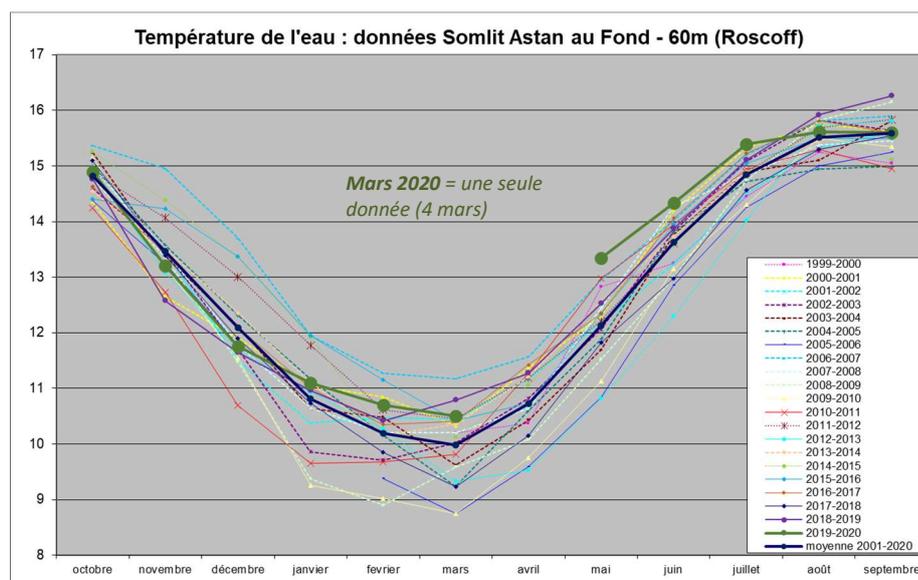


Figure 19 : données de température de l'eau en baie de Morlaix entre 2000 et décembre 2020 sur le point Astan au fond -60m (données SOMLIT fournies par la Station Biologique de Roscoff). On distingue l'année 2010 dont le profil est quasiment identique à l'année 2006 et l'année 2013 dont les températures de l'eau sont à partir d'avril et jusqu'en juillet encore inférieures à 2006 et 2010. L'hiver 2020 présente, à partir de janvier des températures supérieures aux normales (une donnée le 4 mars, aucune en avril et une donnée le 29 mai du fait du confinement COVID19). 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 2019-2020 (Figure 19) présentait jusqu'en décembre des **températures de l'eau conformes aux normales** ; températures qui dès **janvier sont légèrement supérieures aux normales pour devenir assez nettement supérieures en mars** puis probablement sur le printemps (malheureusement, du fait du confinement lié au COVID19 nous ne disposons pas 'information « fiable » sur la période la plus critique : une donnée le 4 mars, aucune en avril et une donnée le 29 mai mais il est assez clair qu'entre le 4 mars et le 29 mai la température est restée plus élevée qu'en moyenne surtout connaissant les conditions atmosphériques



de cette période). Ces températures, plus élevées qu'en moyenne dès janvier, étaient plutôt favorables à un redémarrage précoce (ou du moins ce paramètre semble « neutre » quand les valeurs ne sont pas sensiblement sous les normales).

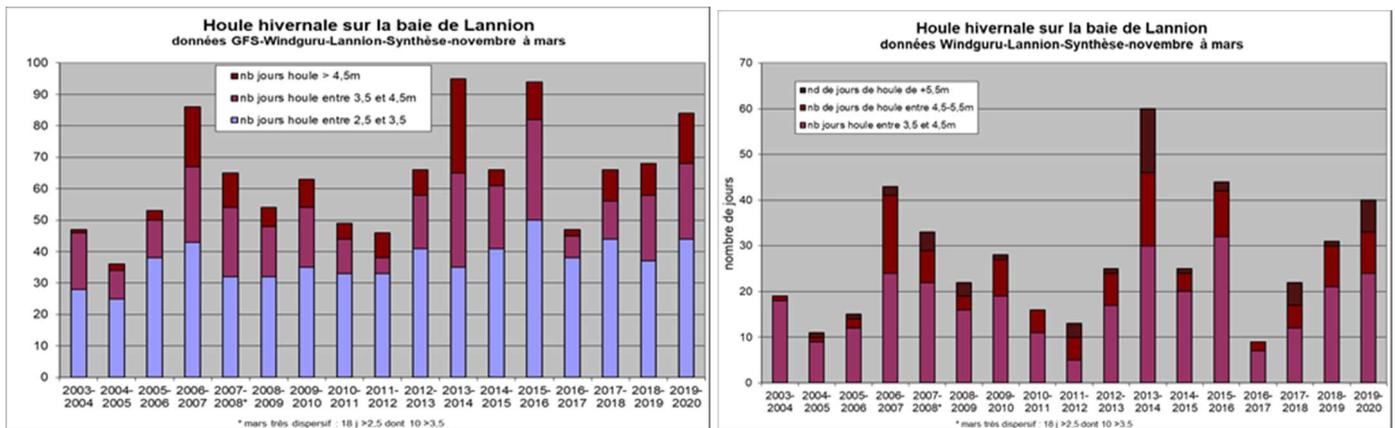


Figure 20 (a) et (b) : statistiques de houle du modèle GFS stockées sur le site Internet Windguru pour le site de Lannion (archivage de la dernière prévision tri-horaire) et compilation par catégorie de hauteur de vague pour la période de novembre à mars. (a), à gauche pour les houles de plus de 2.5 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 2019-2020 est nettement dispersif (Figure 20) : sur novembre à mars, le nombre de jours de houle de plus de 2.5 m est 35 % plus élevé que la moyenne 2003-2019. Sur les épisodes les plus intenses 2019-2020 se détache encore plus : + 40 % de jours de houle de plus de 3.5 m et + 80 % pour les jours de houle de plus de 4.5 m. L'hiver 2019-2020 est donc **parmi les plus dispersifs**. Au **deuxième ou troisième rang**, nettement derrière 2013-2014 et avant ou après 2015-2016 et 2006-2007, suivant les critères considérés (perception probablement sous-estimée pour 2019-2020 par changement de méthode d'archivage et d'analyse).

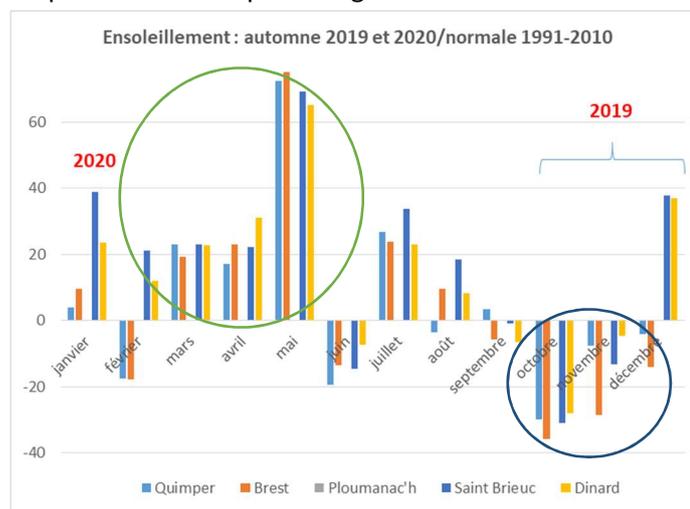


Figure 21 : écart (pourcentage) entre les heures d'ensoleillement sur les stations MétéoFrance littorales suivies et les normales pour ces stations.

L'ensoleillement (Figure 21) a été déficitaire sur octobre, novembre, décembre sur la Bretagne (sauf Dinard et Saint-Brieuc excédentaire en décembre) et globalement **déficitaire sur novembre-février pour l'ouest Bretagne** (80 et 86 % de la normale) mais **légèrement excédentaire sur l'est** (de 12 % sur St Brieuc et 4 % sur Dinard). En mars, et surtout du fait de la deuxième quinzaine, l'ensoleillement est, sur toutes les stations,



excédentaire. Ce qui est encore le cas sur la première quinzaine d'avril. Plus tard en saison, le mois de mai se détache par son ensoleillement très excédentaire (de 65 à 80 % de plus que la normale de mai et de 50 % à 70 % de plus, pour mai 2020, que la normale de juin, mois du maximum d'ensoleillement interannuel !!!).

En conclusion, pour ce qui est de la reconduction de la marée verte sur **l'hiver 2019-2020**, les éléments principaux sont :

- Les **quantités présentes en fin 2019** étaient identiques à celles de 2018 et **proches de la moyenne 2002-2017** (-5%) mais sensiblement supérieures au niveau moyen des dernières années 2010-2018 (+ 30%). Les **surfaces étaient surtout importantes en baie de Saint Briec** (85 % de la surface totale régionale),
- Les **températures de l'eau** étaient conformes aux normales jusqu'en décembre mais dès **janvier étaient légèrement supérieures aux normales pour devenir assez nettement supérieures en mars** puis probablement sur le printemps (données absente sur mi-mars à fin mai). La température serait donc « neutre » quant à la précocité de l'année 2020 (pas un facteur expliquant un caractère tardif à l'année).
- **L'hiver 2019-2020 est nettement dispersif : sur novembre à mars**, le nombre de jours de houle de plus de 2.5 m est **35 % plus élevé que la moyenne 2003-2019**. Sur les épisodes les plus intenses 2019-2020 se détache encore plus : **+ 40 % de jours de houle de plus de 3.5 m et + 80 % pour les jours de houle de plus de 4.5 m**. L'hiver 2019-2020 est donc **parmi les plus dispersifs**. Au **troisième rang**, nettement derrière 2013-2014 et avant ou après 2015-2016 et 2006-2007, suivant les critères considérés (perception probablement sous-estimée pour 2019-2020 par changement de méthode d'archivage et d'analyse).
- **L'ensoleillement a été déficitaire** sur octobre, novembre, décembre sur la Bretagne (sauf Dinard et Saint-Briec excédentaire en décembre) et globalement **déficitaire sur novembre-février** pour l'ouest Bretagne (80 et 86 % de la normale) mais **légèrement excédentaire sur l'est** (de 12 % sur St Briec et 4 % sur Dinard). En mars, et surtout du fait de la deuxième quinzaine, l'ensoleillement est, sur toutes les stations, excédentaire. Ce qui est encore le cas sur la première quinzaine d'avril. Plus tard en saison, le mois de mai se détache nettement par son **ensoleillement très excédentaire**.

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

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). En 2011, les débits du Frémur ont été recalculés (d'après les débits nouvellement acquis à la station limnigraphique de la DREAL, opérationnelle depuis mars 2010 ce qui permettait d'avoir une chronique de près de 2 ans pour établir la corrélation aux valeurs du Frémur de Pleslin Trigavou). En mars 2015, les débits de l'Ic ont été recalculés en exploitant les mesures de la nouvelle station limnigraphique de l'Ic (validée par la DREAL) et les corrélations entre ces débits et les débits du Leff à Quemper Guézennec (pour les mois antérieures à novembre 2013). Pour la baie de Douarnenez, depuis novembre 2013, sont disponibles de nouvelles valeurs de débit issues des stations de jaugeage installées sur le Kerharo et le Ris. En 2016, ces valeurs locales mesurées ont été intégrées pour décrire les flux arrivant en baie et les années 2014-2016 pour lesquelles nous disposons d'acquisitions locales ont permis de revenir sur les évaluations des années antérieures (extrapolation à partir du Steir à Guengat). Cependant, du fait de dé-tarage qui semblent important, les débits de la station du Kerharo n'ont



pas été utilisés ces dernières années (attente de consolidation, à venir, des courbes de tarage ; retour des évaluations d'après les corrélations au Steir qui semblent plus « sûres »)

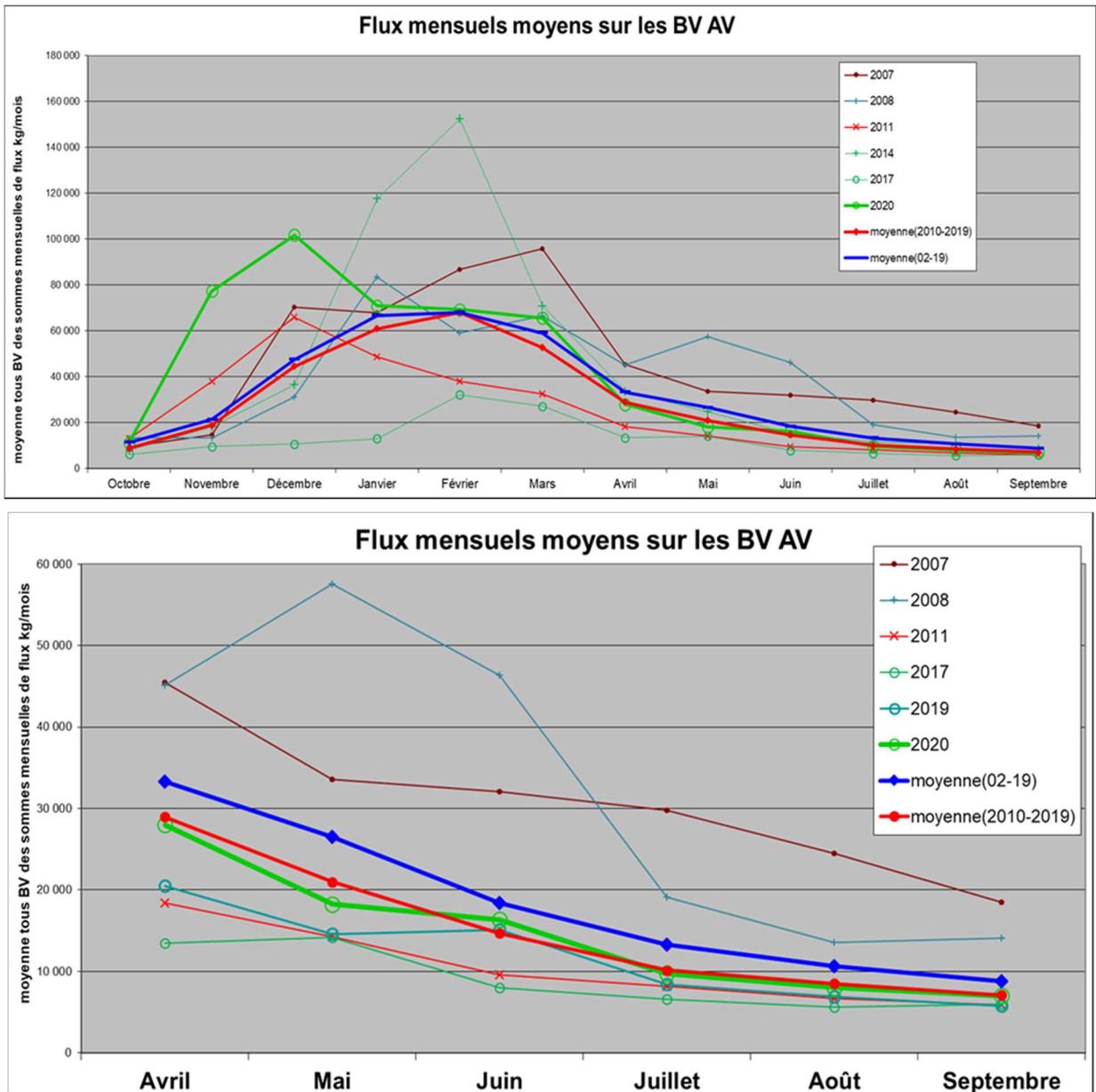


Figure 22 (a) et (b) : flux moyens mensuels à l'exutoire des bassins versants concernés par les proliférations (moyenne des flux mensuels des 7 cours d'eau alimentant les sites du programme « Prolittoral 2002-2006 » + flux des trois cours d'eau du fond de baie de Saint Brieuc : Gouessant Urne Gouet + flux de l'Horn + Guillec). Seules certaines années ont été sélectionnées sur ces graphiques, ainsi que les moyennes pluriannuelles 2002-2019 et 2010-2019 (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.

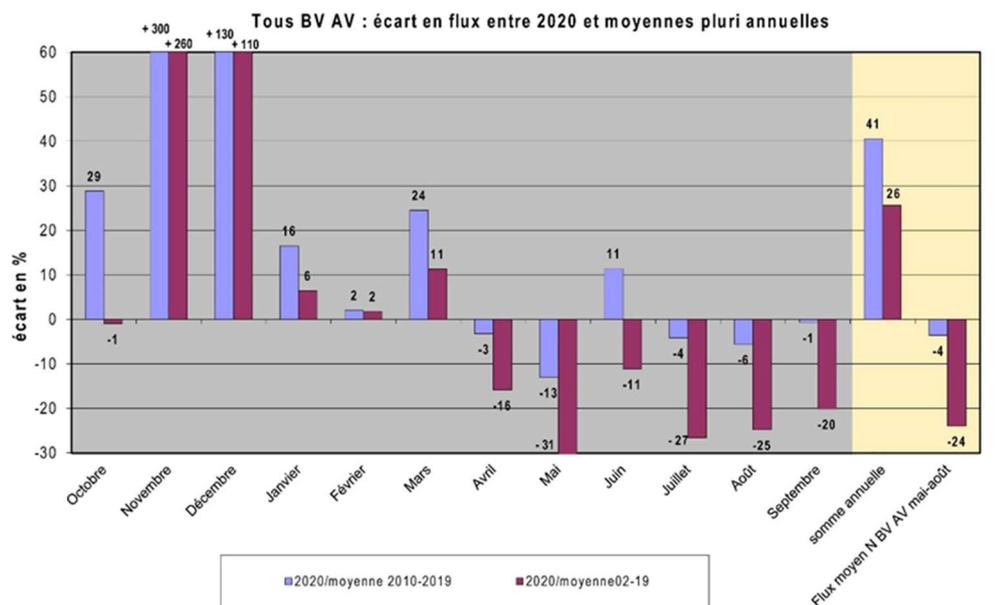


Figure 23 : Ecarts des flux mensuels, annuels et saisonniers aux exutoires des BV AV par rapport aux années antérieures (moyenne des sommes mensuelles pour tous les BV). Sur l'ensemble de la période annuelle le flux est de 41 % supérieur à la moyenne 2010-2019 (excédents très élevés en novembre et décembre) ; le flux est proche de la moyenne 2010-2019 (- 4 % ; mai étant le plus déficitaire avec -13 % et juin le plus fortement excédentaire avec + 11 %). Ces valeurs régionales sont cependant fortement variables selon les territoires (cf. rapport CIMAV P1).

Les données de pluviométrie fournies par Météo France (cf. rapport CIMAV P1) mettent en évidence de très forts **excédents pluviométriques sur l'automne 2019** (60 à 125 % de pluie en plus que la normale sur les mois d'octobre et novembre 2019 sur chaque station météo suivie) ce qui a entraîné des flux très excédentaires sur les mois de novembre et décembre (+ 300 et + 130 % de flux). La très faible pluviosité à partir du 15 mars entraîne ensuite une forte diminution des débits des cours d'eau donc des flux mensuels qui deviennent déficitaires sur avril et mai (- 13 % au niveau régional sur mai). Sur avril et encore davantage, **sur mai, le déficit pluviométrique est partout très important** (-45 % sur Quimper et entre - 62 et - 72 % sur les autres stations). Cette situation de sécheresse se prolonge jusqu'au 10 juin et entraîne de fortes diminutions de débits et des flux qui sont, en début juin, très déficitaires. La situation change radicalement en **juin avec des orages qui, du 9 au 18 juin, apportent près du double de la pluie mensuelle normale** (sur les stations de Saint-Brieuc et Dinard, avec 132 et 116 mm la pluviométrie de juin est environ 160 % supérieur à la normale). Il s'ensuit des flux de juin qui sont assez disparates du fait des différences de pluies par territoire et des réactions de chaque bassin versant à ces pluies : **les flux sur juin ont été très élevés sur l'est des Côtes d'Armor** (+ 172 % sur la baie de la Fresnaye, + 15 % sur la baie de Saint Brieuc dont 30 % sur le Guessant), **relativement élevés sur le centre et l'ouest des Côtes d'Armor** (+ 26 % Binic et 36 % Yar) **mais « moyens » voire modérés sur le nord Finistère** (-2 % sur le Douron, -11 % sur le Quillimadec, autour de -20 % sur la baie de Douarnenez et le Lesnevard ; mais + 11 % pour l'Horn et le Guillec qui font figure d'exception).

La Figure 24 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 5 dernières années 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).

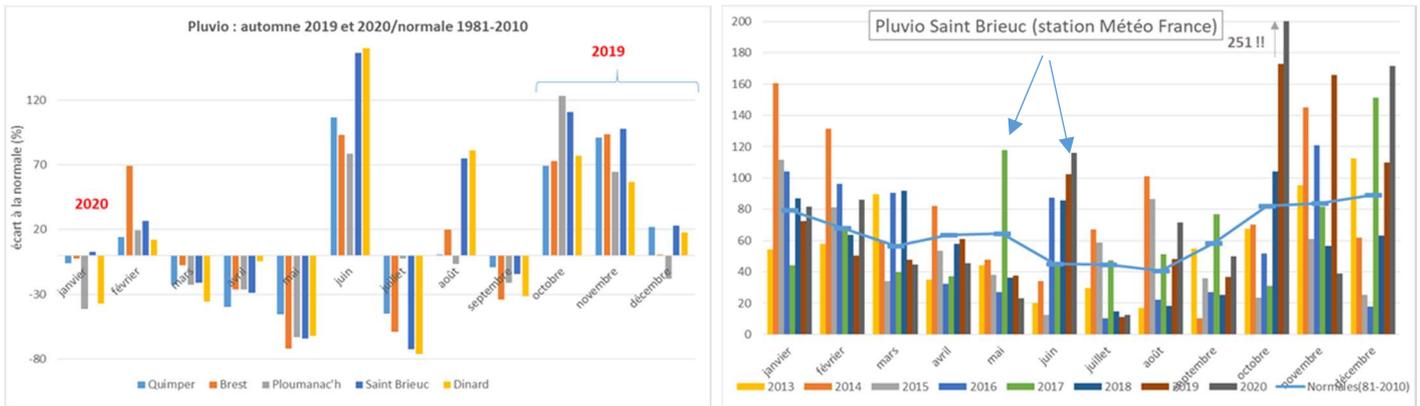


Figure 24 : Données de MétéoFrance écarts de pluviosité en 2019-2020 par rapport aux normales des différentes stations (gauche) et pluviosité mesurée sur la station de Saint Brieuc de 2013 à 2020 (droite)

Les données d'ensoleillement, Figure 21, fournies par Météo France permettent de décrire une situation de **fin d'hiver/début de printemps particulièrement favorable à la croissance des ulves** à cette période de l'année durant laquelle le paramètre lumière est souvent limitant pour la croissance des algues. En Février, sur l'est des Côtes d'Armor, l'ensoleillement est excédentaire (21 % d'heures en plus sur Saint Brieuc et 12 % sur Dinard par rapport aux normales de Février) ce qui n'est pas le cas de l'ouest Bretagne (déficit de 18 % sur les 2 stations Quimper et Brest). A partir du **mois de mars** et surtout du fait de la deuxième quinzaine, sur toutes les stations, **l'ensoleillement est excédentaire** (+ 17 à + 23 % mais près de 100 % de plus sur la deuxième quinzaine). Ce qui est encore le cas sur la première quinzaine d'avril (+ 17 à + 31 % sur l'ensemble du mois par rapport aux normales). Plus tard en saison, le mois de **mai se détache par son ensoleillement très excédentaire** (de 65 à 80 % de plus que la normale de mai et de 50 à 70 % de plus que la normale de juin, mois du maximum d'ensoleillement interannuel !!!). 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).

Les flux annuels et saisonniers sont étroitement liés aux débits eux-mêmes directement influencés par la pluviosité annuelle et le contexte géologique local. A noter que les caractéristiques régionales en flux sont assez fortement influencées par les plus grands bassins versants dont le poids en flux est important (baie de saint Brieuc notamment mais aussi « Horn/Guillec » surtout pour le flux estival, du fait des étiages soutenus sur ce secteur). **Les flux d'azote inorganique dissous ayant fortement diminués ces dernières années sur ces baies** (baisse sensible des concentrations de nitrates et traitement de l'azote sur la step de Saint-Brieuc depuis 2006), cela implique une baisse importante du **flux des dernières années qui se perçoit au niveau régional**. Cependant, la pluviosité et la **réaction des bassins versant en fonction de leur géologie étant fortement hétérogène**, les niveaux de flux sur la période sensible aux marées vertes sont assez différents par secteur côtier, ce qui est à prendre en compte pour analyser la prolifération locale.

Le flux de l'année hydrologique 2020 est nettement excédentaire par rapport à la situation moyenne (+ 41 % par rapport à 2010-2019 et +25 % par rapport à 2002-2019). Cet excédent annuel est principalement lié aux très forts excédents des mois de novembre et décembre (+ 300 et + 130 % de flux). **Sur la « période la plus sensible » aux proliférations, les niveaux sont proches des moyennes interannuelles** : le flux mai-août (pris comme « indicateur » du niveau sur la période la plus sensible) est de 4 % inférieur au niveau moyen 2010-2019 (24 % inférieur par rapport à 2002-2019). Malgré ce niveau sur la période mai-août, il convient de bien noter **des disparités fortes** avec une situation de déficit marqué en mai (- 13 % sur le « niveau régional » et mois dont le poids est fort étant donné son niveau moyen plus élevé : le mois de mai pèse ainsi pour **39 % dans le flux mai-août sur 2010-2019 pour 25 % du temps**) alors qu'en juin le flux moyen est excédentaire de **11 %** (et sur juin-août le flux est également légèrement excédentaire : + 2.3 %). **En juillet et août le niveau de**



flux régional est proche de la moyenne 2010-2019, légèrement inférieur (- 4 % et - 6 %). Cependant, ce niveau moyen régional est en réalité assez disparate sur cette période avec des flux sur juin qui ont été très élevés sur l'est des Côtes d'Armor (+ 172 % sur la baie de la Fresnaye, + 15 % sur la baie de Saint Briec dont 30 % sur le Gouessant), relativement élevés sur le centre et l'ouest des Côtes d'Armor (+ 26 % Binic et 36 % Yar) mais « moyens » voire modérés sur le nord Finistère (-2 % sur le Douron, -11 % sur le Quillimadec, autour de -20 % sur la baie de Douarnenez et le Lesnevard ; mais + 11 % pour l'Horn et le Guillec qui font figure d'exception). Les mois suivants, les apports sont restés soutenus sur la baie de Saint Briec (+7 et + 29 % respectivement en juillet et août) comme sur la baie de Saint Michel en Grève (respectivement + 11 et +8 % sur le Yar) alors que sur la plupart des autres cours d'eau les niveaux de flux sont redevenus « moyens » voire bas (- 7 et - 28 % sur la Fresnaye par exemple). Sur la baie de Saint-Briec, l'analyse sur la période potentiellement la plus limitante (juin-août) indique alors un flux en 2020 qui est 15 % supérieur au flux des années 2010-2019. Sur la Baie de la Fresnaye, sur la même période on estime même à + 94 % l'excédent de flux. Sur le Yar cet excédent serait de 21 % quand le Quillimadec par ex. serait en déficit de flux sur juin-août de 13 % et le Lesnevard de 19 %.

Ce niveau « moyen régional » mai-août résulte donc de situations locales très différentes (Figure 25) : ces différences de comportement en flux sont en premier lieu à mettre en relation avec les différences de pluviosité sur les différents secteurs avec notamment des pluies d'orages, en juin, qui ont été intenses sur la baie de Saint Briec (également, mais dans une moindre mesure, sur le reste de la Bretagne). Sur la station Météo France de Saint Briec on enregistrait 116 mm de pluie sur le mois de juin (dont 106 mm du 10 au 18 juin soit 2.4 fois la pluie mensuelle normale) soit plus du double (2.6 X +) de la pluviosité « normale » mensuelle. Sur Dinard, la situation est encore plus excédentaire avec 132 mm sur juin (soit 160 % de + que la normale) alors que les stations plus à l'ouest présentent des excédents de 80 à 105 %. La nature géologique des bassins versants intervient également dans la réaction en flux à ces pluviosités (réaction plus rapide sur les BV schisteux et plus tamponnée sur les BV granitiques). Et enfin, l'évolution des teneurs moyennes en nutriments (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 Briec 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 (NH₄) 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).

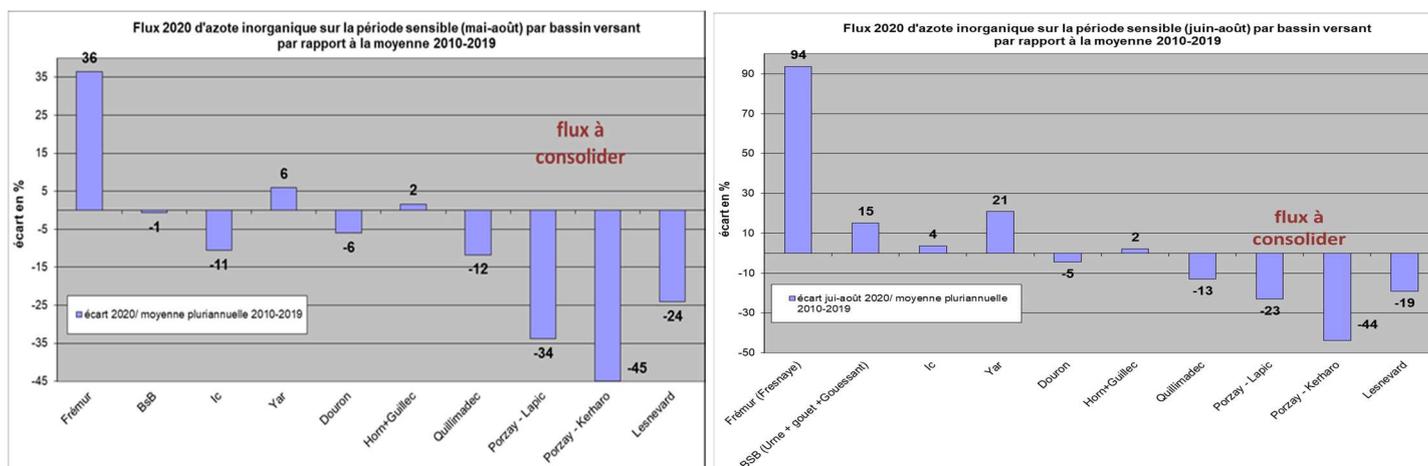


Figure 25 : écarts, par BV, entre flux d'azote inorganique dissous sur mai-août 2020 (gauche) ou juin-août (droite) et le flux pluriannuel 2010-2019. La pluviosité différente et les contextes géologiques locaux expliquent, pour l'essentiel, les différences de comportements. Flux du Porzay à consolider (utilisation de données de débit extrapolés par rapport aux mesures de débit du Steir suite au détarage probable de la station locale du Kerharo)

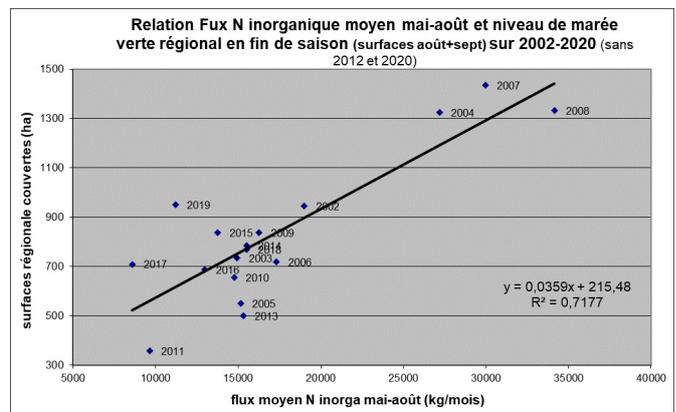
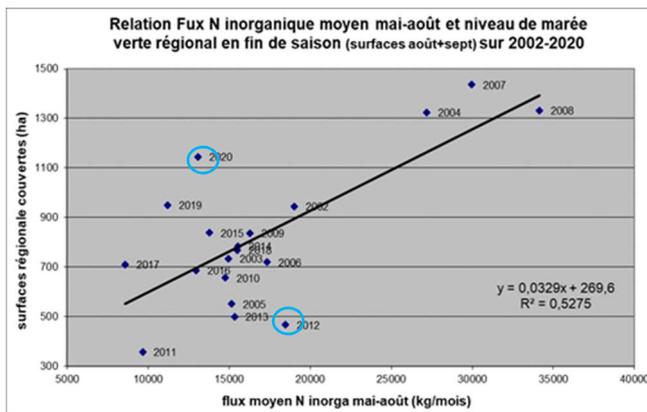
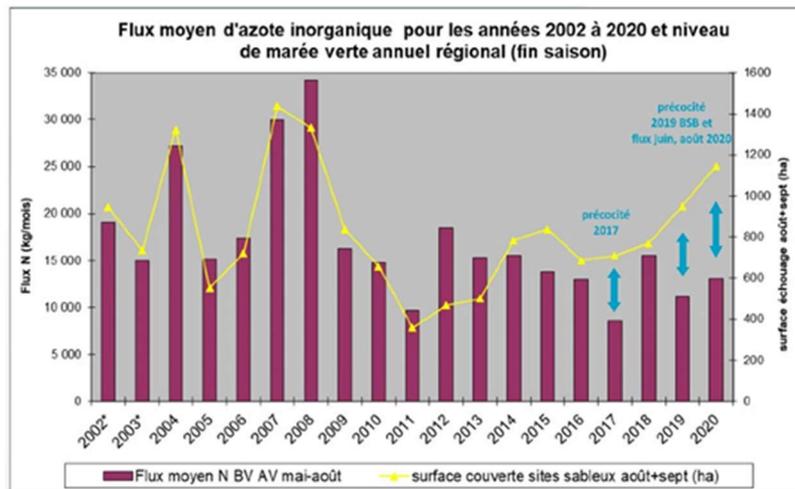


Figure 26 (a), (b) et (c) : Flux d'azote sur la période sensible (moyenne des flux de mai à août sur les BV AV) et niveau de marée verte atteint en fin de saison (surface en août + septembre sur les plages bretonnes). Les surfaces couvertes par des algues brunes (ou rouges) filamenteuses notamment en 2011, 2012, 2013, 2015 et 2017 en baie de Saint Brieuc, de 2016 à 2019 sur la baie de Douarnenez et depuis 2006 sur l'est du département des Côtes d'Armor ne sont pas comptabilisées ici. Le niveau de surfaces plus bas qu'attendu en 2012 peut probablement s'expliquer par le démarrage très retardé en baie de Saint Brieuc quand le niveau plus élevé qu'attendu en 2017 est probablement lié à la très grande précocité régionale (et pour 2019 et 2020 à des flux sur la baie de Saint Brieuc importants sur juin-août même si l'indicateur flux mai-août n'est pas très élevé)

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 2020 pour chaque site aux années antérieures. La carte 11 permet de comparer l'année 2020 à la moyenne pluriannuelle 2002-2019. Ces cartes permettent de bien illustrer que la situation « régionale » est en réalité liée à des situations locales très différentes :

- une majorité de secteurs a connu une prolifération 2020 tardive et inférieure à la moyenne pluriannuelle. C'est le cas de la baie de la Forêt (extrêmement tardive et peu intense : - 88 % de surface en moins que la moyenne 2002-2019), de la baie de « Saint Michel en Grève » (extrêmement tardive, sans ulves jusqu'en fin juin et - 30 % sur le cumul annuel), sur la baie de Saint-Brieuc (tardive et -23 % sur le cumul annuel malgré des surfaces légèrement plus importantes qu'en moyenne sur l'anse « d'Yffiniac ») et sur la baie de « Moguéran/Coréjou » (tardive et -30 % sur le cumul annuel).
- certains secteurs, en revanche, ont connu des proliférations supérieures à la moyenne pluriannuelle : cas de la « baie de Guissény » (niveau élevé dès juin et 80 % de plus que la moyenne 2002-2019 sur le cumul annuel) de la baie du Dossen (plutôt tardive mais dont le cumul est 66 % au-dessus de la moyenne), de l'anse de « Binic/Etables sur Mer » (surfaces importantes dès juin et cumul supérieur



87 % par rapport à 2002-2019), de la « **Fresnaye** » (surfaces supérieures aux moyennes dès juin et cumul de 50 % supérieur à la moyenne 2002-2019) et de la **baie de Douarnenez** (prolifération tardive, surfaces importantes en août et septembre et cumul 15 % au-dessus de la moyenne). « **Larmor-Plage** », dont la surface absolue est faible, présente aussi, en 2020, une prolifération précoce et dont le cumul est nettement au-dessus de la situation moyenne (+ 60 %).

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 : 2019 avait été marquée par une prolifération surtout très intense en baie de Saint Briec qui sur l'année représentait 73 % de la surface mesurée contre 48 % en moyenne 2002-2019. **L'année 2020 connaît une situation toute différente** puisque la baie de Saint Briec (prolifération tardive et « relativement peu intense ») ne représente « **que 40 % de l'échouage régional** ».

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 décréu 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 Briec, 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



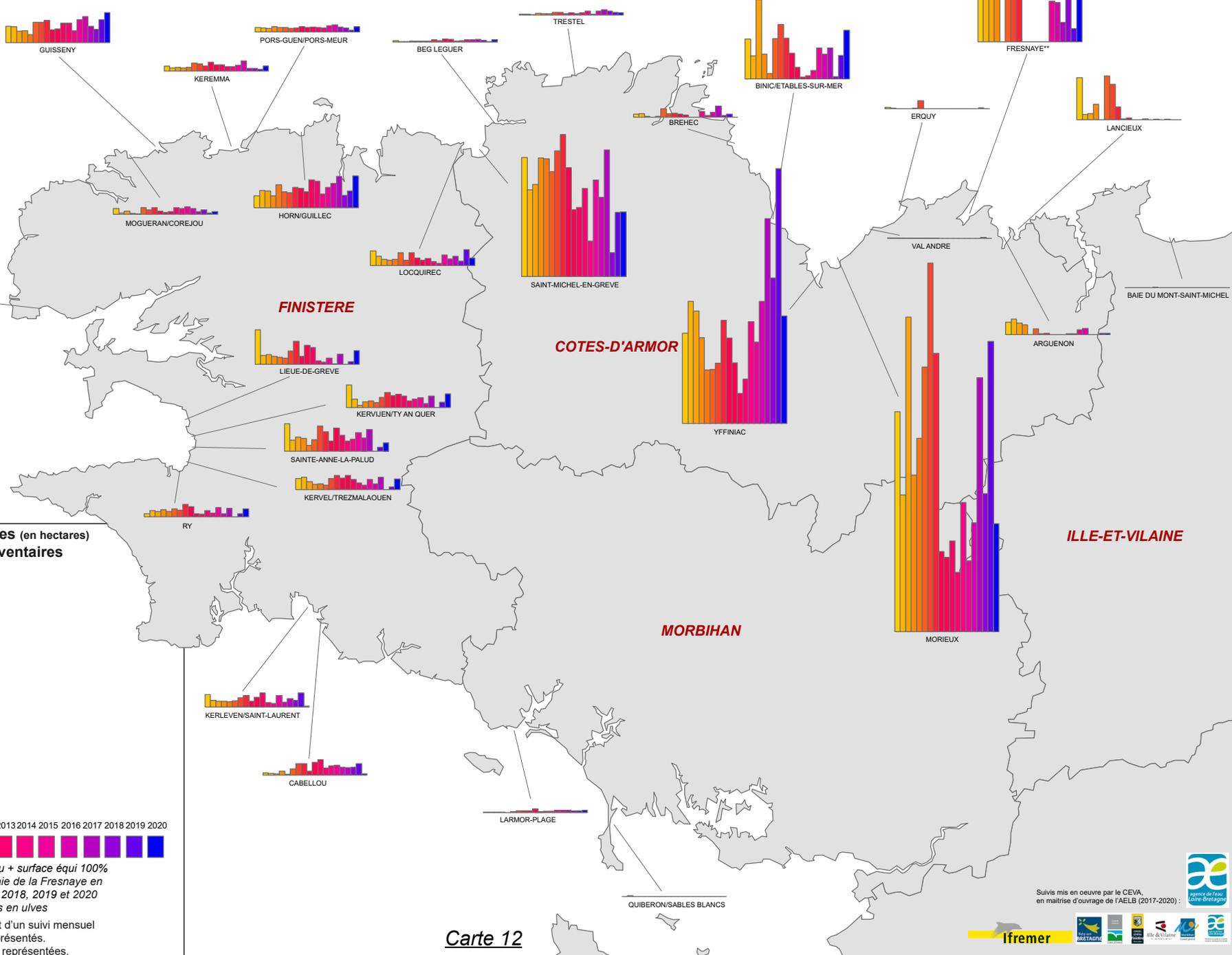
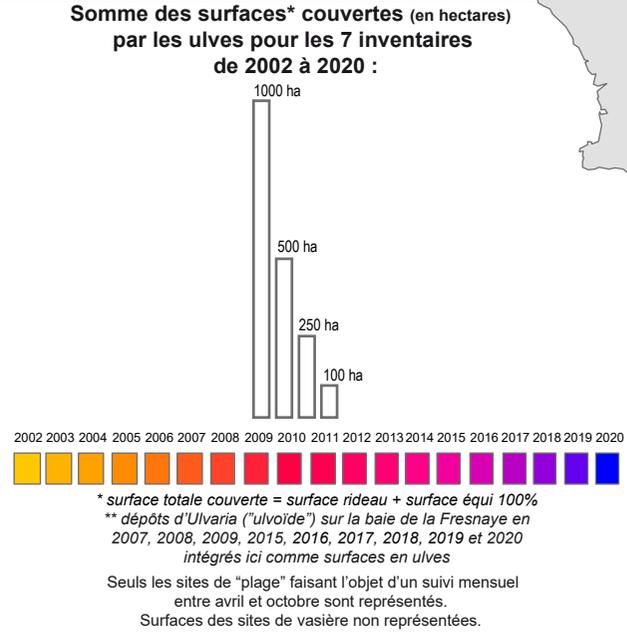
vaste et peu exposée. Après ce démarrage très précoce (surfaces en mai 3.6 fois plus élevées qu'en moyenne 2002-2018) les **flux sur cette baie ont été très élevés en juin** (+ 70 % par rapport à la moyenne de juin 2010-2018) du fait d'une pluviométrie très excédentaire sur ce mois. Ces apports élevés 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 précoces 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 2020 (cumul annuel)

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, certaines années (à partir de 2006 pour la Fresnaye) des proliférations d'algues brunes filamenteuses non comptabilisées.





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 2020 :

- Une prolifération (sites sableux) qui est **extrêmement tardive au régional**. L'**indicateur de précocité** (surface avril+mai) est au **niveau minimal depuis le début des suivis en 2002 et 21 fois plus bas que la moyenne des années antérieures** (et 40 fois inférieur à l'année précédente 2019). Cela s'explique avant tout par **un hiver très dispersif** (2^{ème} ou 3^{ème} hiver pour ce qui est de la dispersion en utilisant le proxy « nombre de jour de houle » sur novembre à mars. **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'Etel en premier lieu) **échappent à ce démarrage tardif**.
- les surfaces **augmentent ensuite 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) expliquent une partie de ce fort accroissement. **La surface maximale est atteinte en juillet** et est de **20 % supérieure au niveau 2002-2019**. Les pluies intenses (surtout sur la baie de Saint-Brieuc et l'Est des Côtes d'Armor) ont engendré des **reprises d'écoulement 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 diminue tout en restant **supérieure au niveau pluriannuel en août et septembre** (40 % supérieure au niveau 2002-2019 pour « août + septembre »).
- En **octobre les surfaces diminuent fortement et deviennent inférieures** au niveau pluriannuel (- 21 %) en lien avec des conditions très dispersives dès le 25 septembre puis en début octobre (tempête Alex).
- Il résulte 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 la « 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).
- Les suivis des surfaces d'algues vertes sur vasières sont conduits en dehors du présent programme (cf. rapport RCS LB 2020). 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. Les mesures réalisées en 2020 montre une situation assez différente selon les vasières mais en cumul une **prolifération sur vasière très élevée en 2020**. La mesure de 2020 est la plus élevée depuis 2008 (pas de comparaison possible avec les valeurs des années antérieures du fait de méthodes différentes) et est 73 % supérieur au niveau moyen 2008-2019. Ce niveau élevé, sur la plupart des ME peut probablement être en partie expliqué par les conditions **de lumière intense en fin d'hiver** (fort ensoleillement de février à avril et encore plus sur mai). Ces conditions particulières permettent un accroissement précoce des biomasses, dans des conditions de flux encore soutenus, ce qui expliquerait ces maxima annuels nettement plus élevés.



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 27 à 48.

3.3.2. Eléments 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 27 à 48 pour l'azote et le phosphore.

Caractéristiques de l'année 2020 :

L'année hydrologique 2020 a été globalement une année de flux important au niveau régional (+ 41 % sur octobre 2019-septembre 2020 par rapport à la moyenne 2010-2019), du fait de flux sur l'automne-hiver excédentaires (les mois les plus excédentaires étant novembre et décembre). Pour la « période sensible » prise en référence, le flux « régional » est proche du niveau moyen : - 4 % sur mai-août. Si on limite l'analyse à la période potentiellement la plus limitante (juin-août) la situation est différente (retrait du mois de mai, très déficitaire et dont le poids interannuel est encore fort) avec un flux « régional » qui est légèrement excédentaire de 2 % (mais + 94% sur la Fresnaye, + 15 % sur la baie de Saint Briec, + 4 % sur l'Ic, + 21 % sur le Yar, - 13 % sur la Quillimadec et - 19 % sur le Lesnevard). Plus en détail, pour ce qui est du printemps, les flux « régionaux » ont diminué rapidement (baisse forte des débits du fait de défaut de pluviosité) et deviennent en avril légèrement inférieurs à la moyenne (- 4 %) et plus fortement en mai (- 13 %). Les fortes précipitations orageuses après le 10 juin (surtout sur l'Est des Côtes d'Armor) engendrent des remontées très rapides de flux en fin de mois. Pour l'ensemble du mois de juin et sur la somme des cours d'eau le flux devient ainsi excédentaire en juin (+ 11% sur la moyenne des cours d'eau mais + 170 % pour la Fresnaye, +15 % sur la baie de Saint Briec, + 26 % sur l'Ic, + 36 % sur le Yar mais proche de la moyenne voire inférieurs sur les cours d'eau finistériens). On peut donc voir des flux sur la « période sensible » qui sont très dissemblables selon les secteurs côtiers mais aussi en fonction des mois considérés (flux faibles en mai, devenant très élevés, surtout dans l'Est des Côtes d'Armor à la mi-juin, puis encore excédentaires en juillet et août sur la baie de Saint Briec quand ils sont déficitaires plus à l'ouest).

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 2020 très inégales** (orageuses) : on peut relever en particulier des pluies qui ont été « **excédentaires** » **sur toutes les stations en juin** mais avec des anomalies beaucoup **plus importantes sur Dinard et Saint Briec** (+ 170 % et 160 %) que sur l'ouest Bretagne (+ 80 % à +105 % entre Ploumanac'h, Brest et Quimper). Les débits importants sur la période juin puis juillet sont très favorables à la croissance des algues (période très fortement réactive aux flux notamment sur les baies du centre et de l'Est des Côtes d'Armor potentiellement limitées par l'azote dès le début de l'été).

Concernant les **conditions climatiques** (annexe 7), le rayonnement global enregistré à Saint Cast (pris comme indicateur du niveau « moyen régional ») est légèrement supérieur à la normale sur l'année (1241 J/cm² contre 1176 sur 2002-2019) comme sur avril-septembre (1894 J/cm² contre 1805 sur 2002-2019 soit + 5 %). Cette situation annuelle résulte de périodes très lumineuses (fin janvier à mi-février puis mi-mars-mi-avril et surtout 10 mai au 9 juin : + 33 % de rayonnement global et même + 44 % en centrant sur la période 14 mai-2 juin puis du 6 juillet au 11 août avec, certaines semaines, un excédent de rayonnement de 20 à 25 %) alors que d'autres périodes sont nettement « sombres » (mi-juin, période d'orages, mi-août, fin septembre). Les données en nombre d'heures d'ensoleillement proposées par Météo France (Figure 27) permettent de retrouver les tendances proposées ci-dessus sur la station de Saint Cast le Guildo mais donnent **des écarts aux normales nettement accentués** (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). Ainsi, l'excédent d'ensoleillement du mois de mai est-il de 65 % sur Dinard (proche de Saint Cast) quand le rayonnement n'est que de 28 % supérieur pour l'ensemble du mois. En revanche, l'analyse sur le pas de temps « mensuel » gomme des variations à des échelles de temps plus fines. Par ailleurs les données par station permettent, au-delà des tendances régionales, de mettre en évidence des disparités locales : ainsi, l'excès d'ensoleillement mesuré en février (12



à 21 %) sur l'est des Côtes d'Armor fait-il place à un déficit (-18 %) sur l'ouest de la Bretagne. Situation assez similaire retrouvée sur décembre 2019 ou janvier 2020.

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 plusieurs épisodes de dispersion sur la saison avril-septembre. C'est le cas en début juillet (plusieurs jours autour de 10 m/s), en fin août et encore plus marqué en fin septembre puis début octobre (tempête Alex). Ces différents « petits coups de vent » peuvent avoir un impact sur les dépôts perçus lors des vols quelques jours plus tard. En particulier pour ce qui est du vol d'octobre (16/10) dont les ulves ont probablement été en partie dispersées par les épisodes de fin septembre/début octobre.

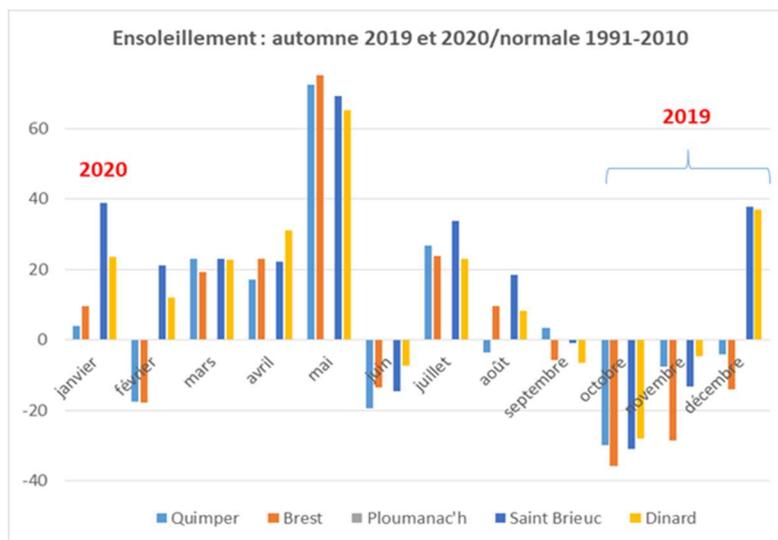


Figure 27 : ensoleillement sur les stations Météo France suivi sur la fin 2019 (octobre-décembre) et le début 2020 (janvier-septembre)

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. 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-Juan (Figure 28), des ulves n'ont pu être prélevées que sur 2 campagnes (07/07 et 01/09) : lors de ces deux dates, quelques ulves « grandes et claires » étaient présentes, le reste des algues vertes étant des algues filamenteuses, comme souvent ces dernières années. On ne peut donc pas réellement parler de prolifération d'ulves (le site n'a d'ailleurs pas été « classé » pour les ulves en 2020) et



l'indicateur nutritionnel est de ce fait moins pertinent. Lors de ces deux dates, on perçoit cependant des niveaux de teneurs en azote sous les limitations et plus particulièrement pour le mois de juillet (valeur très basse : 1.08) laissant supposer que l'azote bridait le développement des ulves sur cette vasière. Les teneurs en phosphore sont, quant à elles, légèrement au-dessus du seuil de limitation. L'année précédente avait elle aussi montré une limitation marquée par l'azote sur ce site et un très faible développement d'ulves, dans un contexte de flux nettement inférieures aux moyennes interannuelles. En 2017, la situation était assez similaire et un seul dosage avait été réalisé (aucun sur 2018). Le seul prélèvement d'ulves de 2017 avait mis en évidence une très nette limitation de la croissance par l'azote ce qui tendait à indiquer que l'absence des ulves sur l'estuaire était en lien avec des teneurs basses dans le milieu. Pour 2018, l'absence d'ulves pourrait en partie au moins être liée à un niveau nutritionnel bas. L'absence d'ulves la saison précédente implique aussi une moindre reconduction et donc explique probablement en partie l'absence de démarrage au printemps (période la plus favorable d'un point de vue nutritionnel).

Sur le secteur de Keridaouen (Figure 39) **dans l'Aber Wrac'h**, le phosphore est en position de limitation depuis la mi-mai jusqu'à la fin de la saison. 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 préliminaires du programme IMPRO semblent montrer des fournitures sédimentaires environ deux fois plus faibles que sur la moyenne des vasières bretonnes). Pour ce qui est de l'azote, les teneurs dans les tissus sont significativement au-dessus des limitations sur l'ensemble de l'année. Les valeurs en forte diminution en mai remontent légèrement en juin, (période de remontée des flux du fait des débits en hausse ; les opérateurs notent que les ulves sont « bien vertes ») puis chutent en juillet pour atteindre leurs valeurs minimales (1.72 % ; l'opérateur note la présence de peu d'ulves). Les teneurs remontent ensuite très rapidement (« ulves bien vertes qui s'émettent » puis ulves « en dentelle »).

Sur la **vasière du Quélisoy** (Figure 45), en rade de Lorient, les teneurs en azote sont restées élevées, autour de 3 % de N, la majeure partie de la saison. Une seule valeur est inférieure à 2.5 % et même légèrement limitante (prélèvement du 05/05/2020 à 1.85 %). A cette période de l'année correspondent des flux bas et un ensoleillement particulièrement intense durant les deux dernières semaines. En dehors de cette courte période, les teneurs internes sont donc nettement au-dessus des limitations de la croissance, ce qui peut, en partie aussi être expliqué, par une charge importante dès juin ou juillet sur le site (effet d'auto-ombrage de la biomasse). Les teneurs en phosphores sont restées, elles aussi, sur l'ensemble de la saison au-dessus du seuil de limitation. La valeur la plus basse (0.13 %) est trouvée sur le premier prélèvement, le 24/04. Cela est probablement en lien avec des relargages inférieurs en début de saison du fait de températures limitant les processus de relargage sédimentaire. Les teneurs saturantes sur l'ensemble de la saison peuvent être reliées à des biomasses importantes et à des fournitures sédimentaires élevées sur cette vasière (cf. programme IMPRO, valeurs provisoire qui seraient du double des valeurs moyennes régionales). La valeur, en baisse lors du prélèvement du 05/08 peut aussi être due à des apports des cours d'eau limités et un éclaircissement très intense sur cette période (cf. ci-dessus pour les teneurs en N).

Les teneurs sur **Arcal** (Figure 46) et **Séné** (Figure 47) sont globalement **peu limitantes**. On note toutefois une descente assez prononcée des teneurs en azote en fin mai/début juin ce qui est bien cohérent avec des débits en forte chute et un éclaircissement très intense. Les reprises de débit (et moindre éclaircissement) expliquent bien la remontée des teneurs en cours du mois de juin, sur les deux vasières. Pour ce qui est des teneurs en phosphore, la vasière de Séné présente un profil assez homogène sur la saison, avec des valeurs saturantes. En revanche, sur Arcal, les valeurs sont beaucoup plus fluctuantes sur ce paramètre avec même une valeur, fin juin qui serait sous le seuil Q1P (0.1 %) puis la suivante qui semble aberrante avec près de 0.33 %. Cette valeur très élevée pourrait être liée à un apport ponctuel (rejet ? relargage ?) ou à une contamination de l'échantillon (pas de redosage possible par manque de matériel biologique).



➤ 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 une prolifération très intense d'algues vertes (*Ulvaria obscura*) avec un maximum en juillet qui est trois fois plus élevé que le niveau moyen. La prolifération y est plutôt tardive, comme sur le reste de la Bretagne, avec des surfaces encore très faibles en mai (4 fois moins que le niveau pluriannuel) mais devenant élevées dès juin (près de deux fois la surface pluriannuelle). L'*Ulvaria obscura* est l'algue la plus présente, surtout jusqu'en juillet (Polysiphonia en mélange sur juin) mais les Ectocarpales étaient également présentes dès avril et se sont progressivement imposées (juillet à octobre).

Pour l'*Ulvaria*, les teneurs en azote (Figure 29) sont très élevées (près de 4 % en début mai), ce qui est classique en cette saison, diminuent fortement jusqu'en début juin tout en restant au-dessus des seuils de limitation (2.4 % ; le seuil critique Q_1N étant déterminé, pour l'ulve à 2 %). Courant juin les teneurs en nutriments dans les *Ulvaria* remontent (2.8 % le 24/06) ce qui est parfaitement concordant avec les flux sur juin, très élevés jusqu'en début juillet (+ 170 % de flux sur le mois de juin par rapport à la moyenne 2010-2019 en relation avec des pluies d'orages très soutenues depuis le 10 juin). L'importance de la croissance a donc bien été permise par ses flux de juin qui arrivent juste à une période où la limitation par les teneurs en baies se profilait. Les surfaces déjà supérieures à la situation interannuelle le 23 juin (et *Ulvaria* très foncées (pigmentées), aux teneurs en azote fortes) ont donc poursuivi leur augmentation sur juillet pour atteindre un niveau des plus élevés mesuré depuis 2002 (et 4 fois le niveau interannuel). Sur le mois de juillet, les flux retrouvent des niveaux inférieurs à la moyenne interannuelle (et 7 fois plus bas que le flux moyen de juin) et les teneurs internes des algues en N chutent sous le quota critique (1.77% le 07/07 et 1.6 le 20/07) pour atteindre en début août une valeur nettement sous le quota de subsistance (0.87 % pour un Q_0N des ulves estimé à 1 %). En fin août puis septembre les tissus d'*Ulvaria* sont trop fragmentés et donc non prélevés. C'est donc bien les teneurs en azote du milieu qui expliquent cet effondrement des biomasses de cette baie (classique sur ce site dont le bassin versant apporte en conditions « normales » très peu d'eau en été : étiages très sévères). Les teneurs en phosphore montre à l'inverse une très faible limitation potentielle en début de saison (mi-mai) ce qui est assez classique (moindre relargage) mais ces teneurs deviennent ensuite supérieures au seuil Q_1P dès fin juin ce qui est très probablement le signe d'un relargage accru avec l'augmentation des températures et de l'anoxie du milieu. La valeur, basse à nouveau, le 03/08 est à mettre en relation avec le mauvais état physiologique des *Ulvaria* (fragmentées). A noter qu'à partir de la fin juin, le niveau relatif des quotas en P est nettement au-dessus de celui de N.

Pour ce qui est des ectocarpales le profil des teneurs en azote est assez attendu pour la première partie de saison avec une diminution des teneurs et des valeurs plus élevées que le seuil Q_1N (déterminé chez l'ulve). En revanche, la forte remontée en juillet est assez surprenante (d'autant que les opérateurs prélèvent des algues qui sont décrites comme très claires (peu pigmentées)) dans un contexte de flux devenant bas. La décomposition partielle des biomasses d'*Ulvaria* pourrait en partie expliquer ces remontées comme la densité des biomasses totales qui obscurcissent le milieu. Les oscillations inverses des teneurs en phosphore sont elles aussi étonnantes ; habituellement les teneurs en N et P sur ce sites ayant plutôt des évolutions parallèles.

En **baie de Saint-Brieuc**, la prolifération d'ulves a été extrêmement tardive (le 21/05 les surfaces étaient encore presque nulles : 55 fois plus basses que la moyenne 2002-2019 de mai) du fait de la dispersion hivernale des stocks de l'année précédente. En mai les conditions environnementales (lumière très abondante, température de l'eau) ont été très favorables et partant d'une valeur très basse, la surface de dépôt est multipliée par 8.4 en un mois (contre 2.1 en moyenne entre mai et juin). Sur cette période, les teneurs en nutriment dans les ulves passent de 3.5 % (le 5 mai) à 1.5 % le 8 juin. Puis la remontée des quotas azotés est



importante deux semaines plus tard (2.2 % le 24/06) du fait de reprises de flux très importantes (violents orages à partir du 10 juin). A partir du 7 juillet les teneurs en azote dans les ulves sont fortement limitantes pour la croissance des algues et le restent jusqu'en septembre. Seule la valeur mesurée le 7 juillet est inférieure au niveau de quota critique (0.89 %), les valeurs étant ensuite comprises entre 1.10 et 1.20 % ce qui permet le maintien d'une faible croissance. Malgré cela, les surfaces mesurées dans la baie se maintiennent à un niveau constant jusqu'en fin septembre (avant dispersion par les conditions devenues précocement dispersives) ce qui signifie que les flux de juillet et août, légèrement supérieurs aux moyennes pluriannuelles suffisent au maintien de tels niveau de biomasse. Pour ce qui est des teneurs en phosphore dans les ulves, le profil de l'année confirme les mesures des années antérieures : partant d'un niveau bas sur mai-juin et même début juillet (sauf le 23 avril, date ne présentant quasiment pas d'ulves, les valeurs sont toutes au-dessus du seuil critique) qui peut s'expliquer par une croissance très forte et des relargages encore limités, les teneurs montent en juillet puis août très au-dessus des limitation (en moyenne, sur août les teneurs sont 4 fois au-dessus du seuil de « début de limitation ». Sur cette baie, le phosphore ne permet donc pas de contrôle de la prolifération.

Les Ectocarpales (*Pylaiella littoralis* probablement) ont été « relativement peu présentes » à l'échelle de la biomasse de la baie. Cependant, au niveau de la zone de prélèvement (entre Lermot et les bouchots) un bloom a pu être observé à partir de la mission du 8 juin. En début juin, les flux d'azote étaient très bas (environ 50 % du flux « moyen » de juin) ce qui peut probablement expliquer le début de prolifération de cette algue. En fin juin, dans un contexte de flux très différent (flux mi-juin environ 5 fois plus élevé que début juin), les teneurs en azote des ectocarpales montent à des valeurs très élevées (4.5 % le 7 juillet). Ce n'est donc pas le manque d'azote qui explique la disparition des ectocarpales en juillet mais bien la croissance des ulves qui a supplanté les macroalgues brunes de type ectocarpales. La teneur mesurée au 1^{er} septembre est peu significative, les quantités d'ectocarpales étant à cette date « insignifiantes » et en mélange avec d'autres espèces (algues rouges, probablement *Polysiphonia*).

En 2020, l'anse de **Binic/Etables su Mer** a connu une prolifération d'ulves soutenue, supérieure aux moyennes pluriannuelles dès juin (plus du double) et jusqu'en octobre (plus du triple). Au total (cumul des 7 inventaires), la prolifération aura été de 90 % plus élevée qu'en moyenne 2002-2019. Les teneurs internes des ulves en azote (figure 31) ont fortement baissé en mai-juin ; la descente semble amortie en mi-juin (24 juin la teneur est de 1.4 %) ce qui est probablement lié à la remontée temporaire des flux du 11 au 20 juin. On mesure ensuite des valeurs plus basses mais toujours au-dessus du quota de subsistance (entre 1.2 et 1.5 %) ce qui peut expliquer la poursuite de la montée en charge de ce site en juillet et août et son maintien à un niveau élevé à l'automne. Pour ce qui est des teneurs en phosphore, elles présentent un profil assez classique avec des valeurs assez basses en début de saison jusqu'à la mi-juin puis des teneurs qui montent nettement au-dessus des seuils de limitation. Le CEVA avait mis en évidence dès 2008 des co-limitations par le phosphore pour certaines périodes sur ce site, ce qui est encore en partie le cas en 2020 sur le début de saison mais avec des valeurs qui deviennent relativement plus élevées que l'azote, dès le début juillet.

Sur l'anse de Bréhec aucune prolifération n'a été perçue ni en aérien ni lors de tournées de terrain (donc aucun prélèvement possible ; quantités insuffisantes et non significantes).

Sur l'anse de Trestel les surfaces d'échouages ont été assez proches du niveau moyen interannuel (+ 8 % par rapport à 2002-2019), un peu inférieure en début de saison (juin – 50 %) devenant supérieure en fin d'été (août et septembre environ + 45-50%). Les teneurs en azote (figure 33) sont très élevées sur les premiers prélèvements, diminuent très fortement sur mai et juin atteignant « juste » le quota critique (1.95 % le 24/06) pour remonter en début juillet, sous l'influence, probablement, de la remontée des flux et de conditions moins lumineuses (auto-ombrage de la biomasse). L'hypothèse d'apport azoté locaux dans cette baies pourrait être investiguée (apports liés au fonctionnement du bassin versant, de l'assainissement et / ou apport par les serres). L'analyse des quotas azotés semble donc montrer une absence de limitation, en 2020, par les teneurs en azote du milieu. Alors que le phosphore serait un peu limitant pour la croissance des algues sur mai à août (Figure 33).



Sur la baie de Saint-Michel-en-Grève, la prolifération a été, très tardive en 2020 : en juin (pourtant le vol est lui-même tardif, le 23 juin) la prolifération n'a pas encore débuté réellement (on observe un petit rideau et de faibles échouages mais constitué surtout d'algues vertes filamenteuses et de moins de 30 % d'ulves). En juillet et août les surfaces sont conformes à la moyenne pluriannuelle (donc installation très rapide, sur 1 mois) et les surfaces deviennent supérieures au niveau interannuel en septembre et octobre (environ + 50 %). Les teneurs en azote (Figure 34) sont très élevées en début juillet (premier prélèvement le 8 juillet ; teneurs de 3 %) et chutent très rapidement pour atteindre le quota critique le 22/07 et même une valeur légèrement inférieure début août (1.9 % le 04/08). Dès le 20 août, les teneurs remontent (3 %) dans un contexte nutritionnel proche des valeurs interannuelles mais un peu supérieures (+ 10 %) ce qui tend à confirmer qu'avec des flux « moyens » et malgré un démarrage très retardé (fin juin donc reconduction quasiment nulle), la prolifération peu s'installer à un niveau important et n'est pas ou très peu bridée par les teneurs en azote du milieu. Des concentrations plus basses doivent donc être atteintes pour une limitation de la croissance des ulves par les flux. Il semble qu'autour de 100 – 120 kgN/j sur le Yar (fin juillet) les ulves, en pleine croissance à cette période en 2020 exprime un manque d'azote. Pour ce qui est des teneurs internes en phosphore, le profil général est assez semblable avec une petite limitation en début juillet (co-limitation avec l'azote) puis des valeurs qui remontent en août puis septembre, probablement en lien avec des relargages sédimentaires à la hausse à cette saison (Figure 34).

Sur l'**Anse de Locquirec**, les mois d'avril à juin étaient nettement moins couverts qu'en moyenne pluriannuelle (couverture 5 fois inférieure en 2020 sur la somme des 3 premiers inventaires) puis les surfaces couvertes augmentent très fortement en juillet (+ 50 % qu'en moyenne en partant de - 75 % en juin) et se maintiennent à un niveau supérieur aux moyennes en août et septembre pour diminuer très fortement en octobre (très dispersif). Sur ce site, les teneurs en azote dans les ulves (figure 35), de 3 % lors du premier échantillonnage le 24 juin remonte à 3.3 % en début juillet dans un contexte de flux proche des moyennes pluriannuelles et toujours élevés (le flux moyen de juin est de près du double du flux d'étiage, en septembre). Le 22/07 les teneurs sont au niveau minimal annuel (2.5 %) du fait d'une croissance très soutenue sur cette période, mais encore nettement au-dessus du quota critique puis remontent sur août et septembre, en lien avec des flux « moyens » et des biomasses élevées (donc auto-ombrage supérieur et moins de « besoins de croissance»). Les mesures de 2020 confirme que des flux de l'ordre de 300 kg/j, fin juin sont encore nettement excessifs pour contrôler la croissance des ulves. Donc malgré une prolifération très tardive, des flux sur la période juin-août proche de la moyenne des années 2010-2019 (et même légèrement inférieurs), la prolifération a pu s'installer intégralement et n'a été que très partiellement limitée par l'azote. Cela permet de confirmer le besoin de descendre les concentrations à un niveau plus bas encore (20-30 % ?) pour espérer un contrôle de la croissance sur ce site. Pour ce qui est des teneurs en phosphore, le profil de 2020 nous montre une limitation de la croissance par cet élément en fin juillet et début août. Cela peut être relié aux conditions de croissance très favorables et notamment de l'ensoleillement très excédentaire (forte augmentation des surfaces couvertes en juin et juillet) et une fourniture sédimentaire qui ne compense pas totalement ces besoins de croissance (sable probablement moins limoneux sur cette baie exposée et brassée). En août puis septembre, en revanche cet élément ne limite plus la croissance (besoin moindre et probablement fourniture supérieure du fait de conditions plus chaudes et anoxiques) (Figure 35).

L'anse du Dossen, comme la plupart des sites était peu chargée jusqu'en fin juin (environ -50 % de surface sur la somme des trois premiers inventaires). Comme pour Locquirec, la croissance a ensuite été très soutenue (surfaces multipliées par 5.6 contre 1.8 en moyenne entre juin et juillet). De juillet à septembre la prolifération a été beaucoup plus intense qu'en moyenne (+ 65 à + 125 %) et est au niveau maximal mesuré, tous mois confondus lors de l'inventaire d'août (idem à juillet 2012). Les teneurs internes en azote (Figure 36) montrent comme tous les ans que ce paramètre n'a jamais limité la prolifération et est même resté très au-dessus du quota critique (2 fois plus élevé que le quota critique et 4 fois plus que le quota de subsistance sauf sur le prélèvement du 4/08). La valeur du 4/08, à 2.6 % est nettement au-dessus de limitations mais se démarque



des autres valeurs. Cette diminution temporaire est très probablement à mettre en relation avec les très fortes croissances sur cette période (augmentation des surfaces et éclaircissement record début août). Cela est concordant avec la diminution concomitante des teneurs en phosphore. Ce profil montre, encore une fois, que le site est fortement saturé par les flux d'azote : la croissance y est soutenue et les quotas élevés malgré un démarrage tardif (surfaces en juin 50 % inférieures au niveau moyen et 3.5 fois plus basses que le niveau moyen de juillet) et des flux sur juillet août « conformes aux moyennes » (mais flux de juin légèrement supérieurs). Cela semble donc indiquer qu'il faudrait encore abaisser significativement (30 à 50 % ?) les teneurs dans les cours d'eau (teneurs actuelles de 60 mg/l environ de juin à septembre). Sur cette baie, les teneurs en phosphore sont « relativement basses », par rapport aux teneurs en azote, mais ne sont jamais limitantes (> Q1P). On note, comme les années antérieures, à partir de la valeur minimale du début août (expliquée, cf. ci-dessus, en partie par des conditions de croissance extrêmement favorables sur cette période), une remontée de ces teneurs en fin de saison (température plus élevée, biomasses importantes, anoxies pouvant expliquer des relargages sédimentaires supérieurs). Comme les années précédentes, ce site apparaît comme étant le site breton le plus saturé par les flux de nutriment.

Sur la **baie de Guissény** la situation est proche de celle décrite sur le Dossen mais avec une précocité plus grande. En effet, en juin déjà, les surfaces sont supérieures au niveau pluriannuel (+ 60 %) et deviennent « hyper élevées », à un niveau jamais mesuré en juillet (+ 145 % par rapport à la moyenne et 35 % au-dessus de la valeur la plus élevée mesurée en juillet 2012) puis en août (+ 90 %) et septembre (+ 70 %). La prolifération y est donc particulièrement importante et de 80 % plus élevée sur les 7 inventaires. La baie comporte 2 points de prélèvements, un dans l'anse du Club Nautique (lieu d'échouages/stockage + poursuite de croissance) et un en centre baie (*a priori* siège de la croissance). Les deux courbes sont globalement proches sur le début de saison jusqu'en fin juillet : le 21 juillet les teneurs sont plus élevées sur le point « Club Nautique » ce qui pourrait être lié à une saturation de l'anse (survol le même jour qui montre une biomasse très importante sur ce secteur) puis en août les teneurs sur l'anse du « Club Nautique » sont légèrement limitantes (1.75 et 1.85 %) ce qui n'est pas le cas du centre baie (situé dans l'axe de la filière du Quillimadec). Sur cette anse, on peut donc noter que malgré des flux chaque mois de mai à août inférieurs de 10 à 15 % à la moyenne mensuelle interannuelle, et malgré une absence de reconduction par des stocks résiduels (mais conditions de croissance sur platier et dans la colonne d'eau extrêmement favorable en 2020 du fait de l'éclaircissement très excédentaire sur mars et avril et encore davantage sur le mois de mai avec 80 % d'heures de soleil en plus), les flux d'azote sont trop élevés pour limiter les développements d'ulves. Sur les mois de juin à septembre les concentrations de nitrates sont de 40 mg/l et les débits d'étiage encore soutenus. Il convient donc d'abaisser encore ces flux pour contrôler les proliférations d'ulves.

Pour ce qui est des teneurs en phosphore dans les ulves, outre la valeur de début mai nettement limitante (lien probable avec la température de l'eau encore basse), elles sont légèrement limitantes en juillet et début août sur le centre baie et très faiblement limitantes mi-juin et début août sur le « Club Nautique ». Les valeurs relativement plus élevées en juin sur le centre baie pourraient être liées à des apports « en direct » par les cours d'eau à cette période quand plus tard en saison, les valeurs plus élevées dans l'anse du « Club Nautique » seraient liées à du relargage sédimentaire plus important sur cette zone (plus abritée donc plus limoneuse).

La prolifération d'ulves **sur Moguéran/Coréjou** a été peu intense et très tardive en 2020 (- 30 % sur le cumul annuel et surfaces faibles jusqu'en fin juillet ; prolifération très loin des années 2007-2009 et 2013-2016). Le profil des teneurs en azote et phosphore (Figure 38) sont très proches de ceux de l'année précédente : l'azote part d'un niveau très élevé en fin avril et chute rapidement pour devenir limitant le 22 mai et même fortement limitant le 6 juillet (1.1 % d'azote dans les tissus). Le site semble donc limité en premier lieu par les apports d'azote ce qui expliquerait la prolifération limitée de l'année. A noter une légère co-limitation par le phosphore. 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 ?).



La baie de **Douarnenez**, a vu en 2020 une prolifération d'ulves (+ algues vertes et brunes filamenteuses) atypique en 2020. Quasiment sans ulve en avril et mai, les surfaces estimées en juin restent modérées (-40 % par rapport au niveau interannuel qui est habituellement le maximum annuel). Les surfaces restent inférieures aux moyennes (- 15 %) en juillet mais deviennent très supérieures en août (plus du triple et même le double de la situation interannuelle de juin). Le niveau de surface reste élevé en août (plus du double de l'interannuel) puis la dispersion précoce d'octobre engendre un niveau d'octobre en retrait. Les teneurs en azote (Figure 40) sur l'anse de Sainte Anne sont minimales le 24 juin légèrement limitantes (1.75 %). L'instabilité de la biomasse sur cette baie (absence d'ulves le 06/07 ; 04/08 et 20/08) rendent les interprétations plus délicates.... Le 23/07 les teneurs sont remontées au-dessus du quota critique (2.2 %) mais l'opérateur note que les algues sont en paillettes probablement du fait de plusieurs jours de suite avec du vent/houle qui auraient haché les algues et peut être provoqué des remontées d'algues infralittorales à quotas plus élevés). Les teneurs en phosphore, légèrement limitantes le 28 juin sont ensuite nettement au-dessus des limitations (0.23 % le 23/07, mais là aussi peu de valeurs et algues qui reviendraient de l'infralittoral). Sur la plage du Ry (Figure 41) la prolifération a été mixte avec de nombreuses dates pour lesquelles les algues filamenteuses vertes (« entéromorphes ») étaient présentes. Les teneurs dans les ulves sont minimales le 23/07 (1.4 %) et le 26/05 (1.45 %). Pour ces deux dates, les ulves sont « noyées » dans un mélange de diverses algues, probablement lié à de l'arrachage ou de provenance infralittorale. Pour ces deux dates, les conditions environnementales de croissance sont très favorables (et surtout l'ensoleillement très important ce qui peut expliquer cette diminution ponctuelle des teneurs dans les tissus). Entre ces deux minima, les teneurs remontent fortement en juin ce qui pourrait être lié à des remontées d'ulves de l'infralittoral (petits « coups de vent vers le 10 puis 20 juin). En gardant les mêmes réserves que pour l'interprétation des teneurs en azote, on constate des niveaux de phosphore assez variables mais sur juin et juillet des niveaux qui sont sous le seuil de quota critique.

La **baie de la Forêt** a connu une prolifération très « anormale » : de loin l'année avec les surfaces les plus basses (- 90 % par rapport à la moyenne 2002-2019 sur le cumul des 7 inventaires). De plus, et probablement du fait de cette très faible présence d'ulves, d'autres algues étaient présentes en échouages : algues vertes filamenteuses (« entéromorphes » ou « ulva » filamenteuses) mais aussi algues rouges Solieria. Malgré cette prolifération très particulière pour cette baie, le profil des teneurs en N et P est assez semblable aux années antérieures et notamment très proche du profil relevé en 2019. Les teneurs en azote diminuent rapidement pour devenir limitantes dès le 7 mai et même atteindre le quota de subsistance du 25/06 au 04/08. Ces niveaux interviennent une année dont les flux sont bas (- 32 % en mai par rapport à 2010-2019 ; - 20 % pour juin ; -17 % pour juillet ; - 21 % pour août). Sur cette baie, il semble donc qu'en l'absence de reconduction (liée aux conditions très dispersives de l'hiver) une année dont les flux sont de 20 à 30 % inférieurs aux valeurs pluriannuelles ne permet pas une installation de prolifération massive. Ces niveaux, atteints en 2020 surtout par les baisses des débits, devront donc être recherchés par les baisses de concentrations en nutriments pour pouvoir régulièrement priver les ulves d'azote pour leur croissance. Pour ce qui est des teneurs en phosphore dans les ulves, on retrouve pour ce site une situation de co-limitation sur une partie importante de la saison. Cela peut encore être expliqué par la croissance infralittorale des algues (croissance lente, au contact du sédiment), algues qui ensuite, en bas de plage de Kerleven, lieu de prélèvement des ulves, consommeraient leur contenu en phosphore dans un contexte de fourniture sédimentaire qui serait inférieure. Il est donc difficile d'attester que les algues sur leur lieu de croissance « d'origine », en infralittoral, sont aussi limitées par le phosphore. Cet élément briderait toutefois la croissance des algues sur la zone d'échouage de la plage. On note, encore cette année un niveau en phosphore qui augmente au fil de la saison, à partir de la valeur minimale atteinte le 22/07 (Figure 42). Cela indique très probablement un relargage sédimentaire plus élevé avec la température de l'eau qui augmente et des conditions d'anoxie plus importantes. Cela semble donc confirmer que l'utilisation de cet élément pour contrôler les proliférations est plus aléatoire voire inopérant.

Sur le site **de Fort Bloqué**, l'azote et le phosphore sont en situation de co-limitation (Figure 43) ponctuellement en août, mais en 2020, le phosphore est limitant de mai à août, alors que l'azote est nettement saturant d'avril à fin juillet. A partir d'août, les teneurs en P dans les tissus des ulves remontent, probablement en lien avec les relargages sédimentaires (température et surtout anoxies liées aux fortes biomasses d'ulves et autres



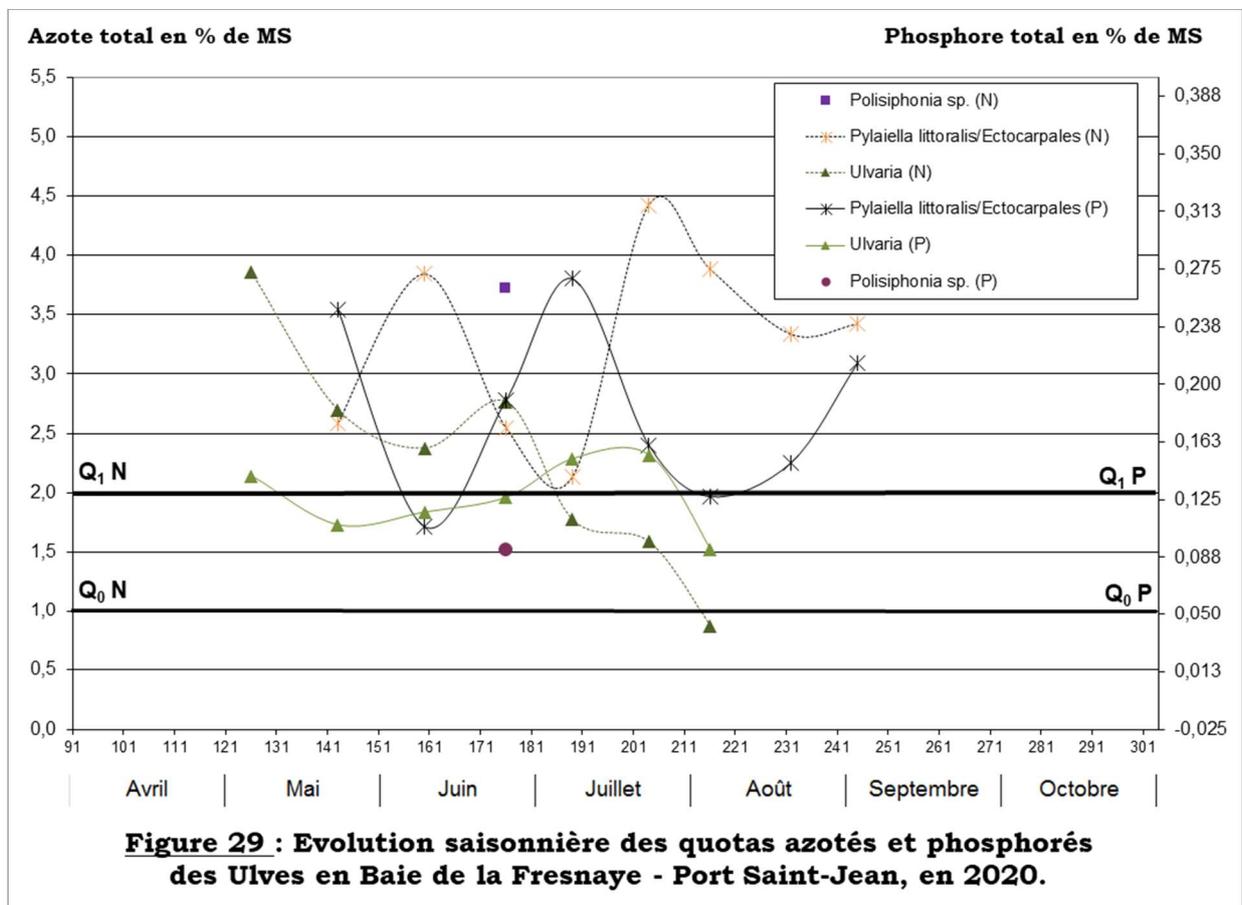
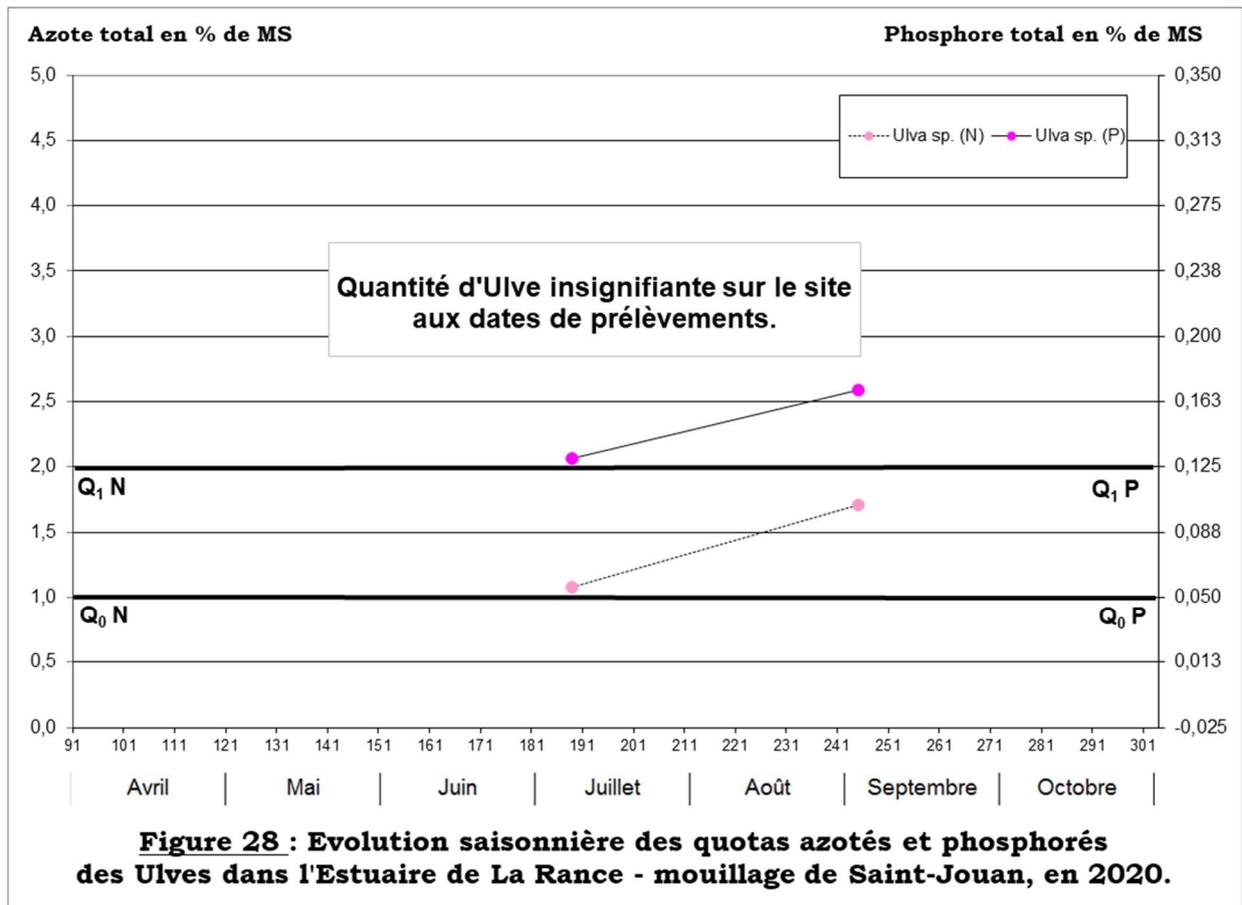
algues en décomposition). Les teneurs en azote sur ce site, généralement élevées, sont probablement liées à la position du site entre le panache du Blavet/Scorff et celui de la Laïta. De plus, la croissance des algues, au moins en partie sur platier peut expliquer les niveaux plus faibles de cet élément dans les tissus des ulves. Il est possible qu'à cela s'ajoutent des apports locaux (urbains ?), mais nous ne disposons pas d'information spécifique à ce sujet.

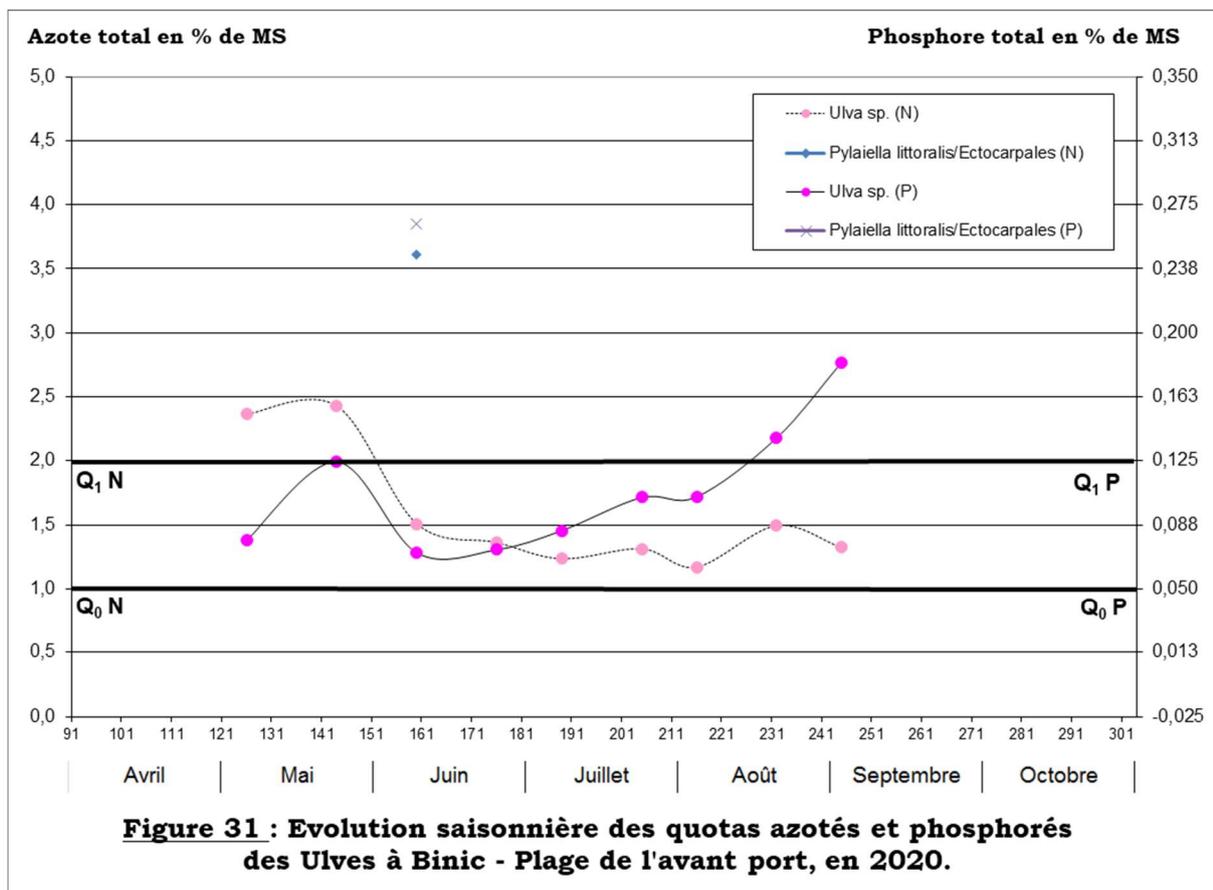
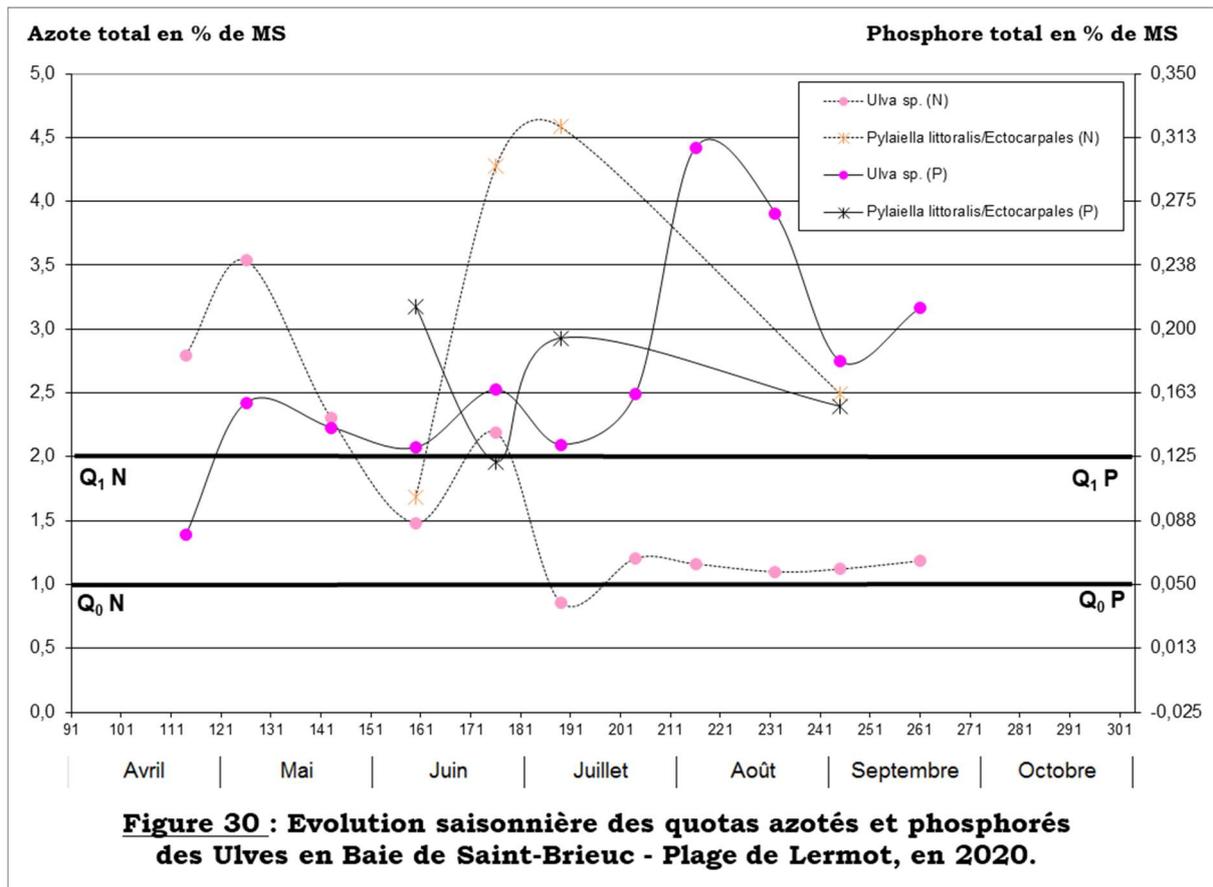
Contrairement aux autres sites sableux, la prolifération sur **Larmor Plage** a été précoce en 2020 et importante sur l'ensemble de la saison (+ 60 % par rapport à 2002-2019). Les courbes des quotas (Figure 44) sont assez claires : la croissance n'a pas été limitée par l'azote (toutes les valeurs au-dessus du quota critique). Les valeurs les plus basses sont atteintes en fin juillet début août, période de flux vraisemblablement particulièrement bas (19 mm de pluie sur juillet et peu de pluie sur la fin juin) et de fort ensoleillement. Les teneurs en phosphore ne sont pas réellement limitantes avant la fin juillet et redeviennent élevées mi-août. 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).

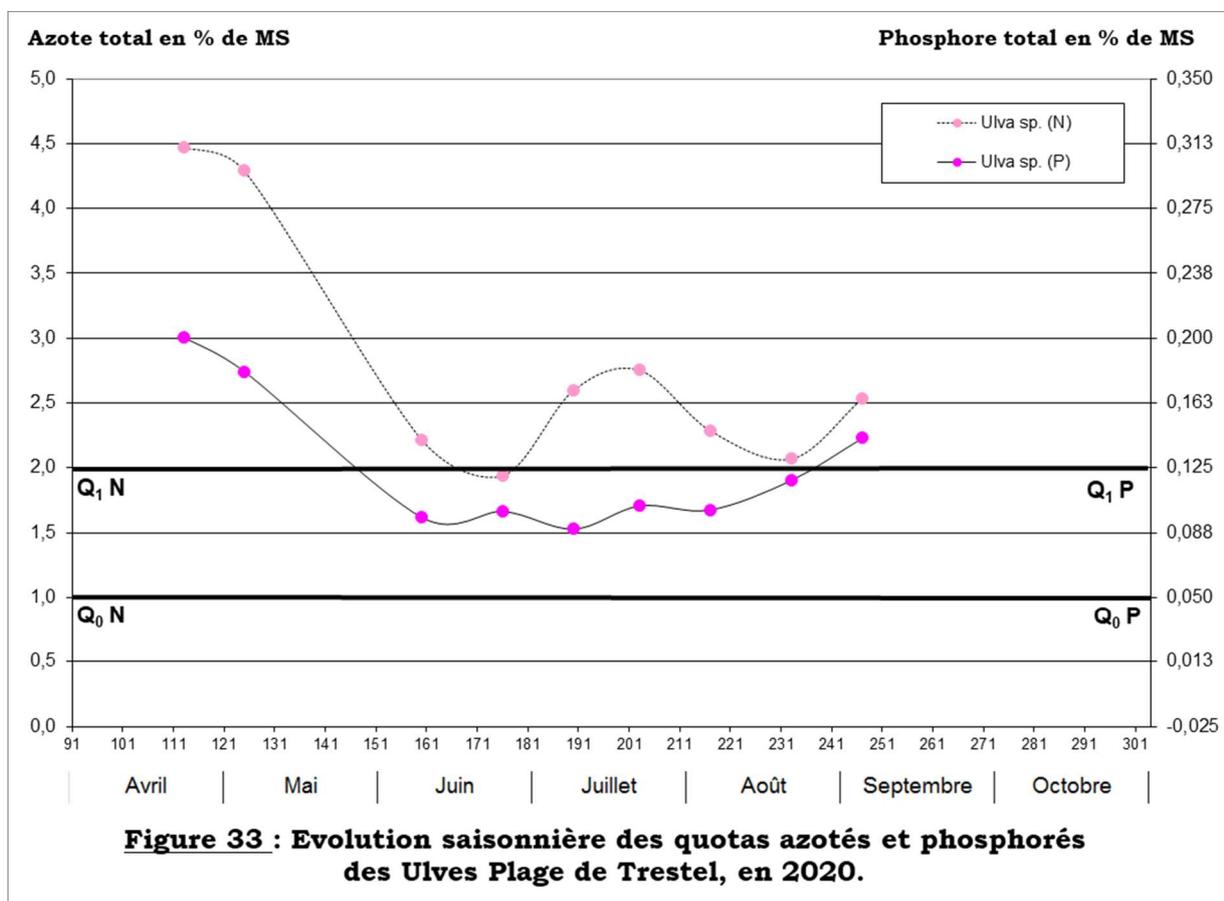
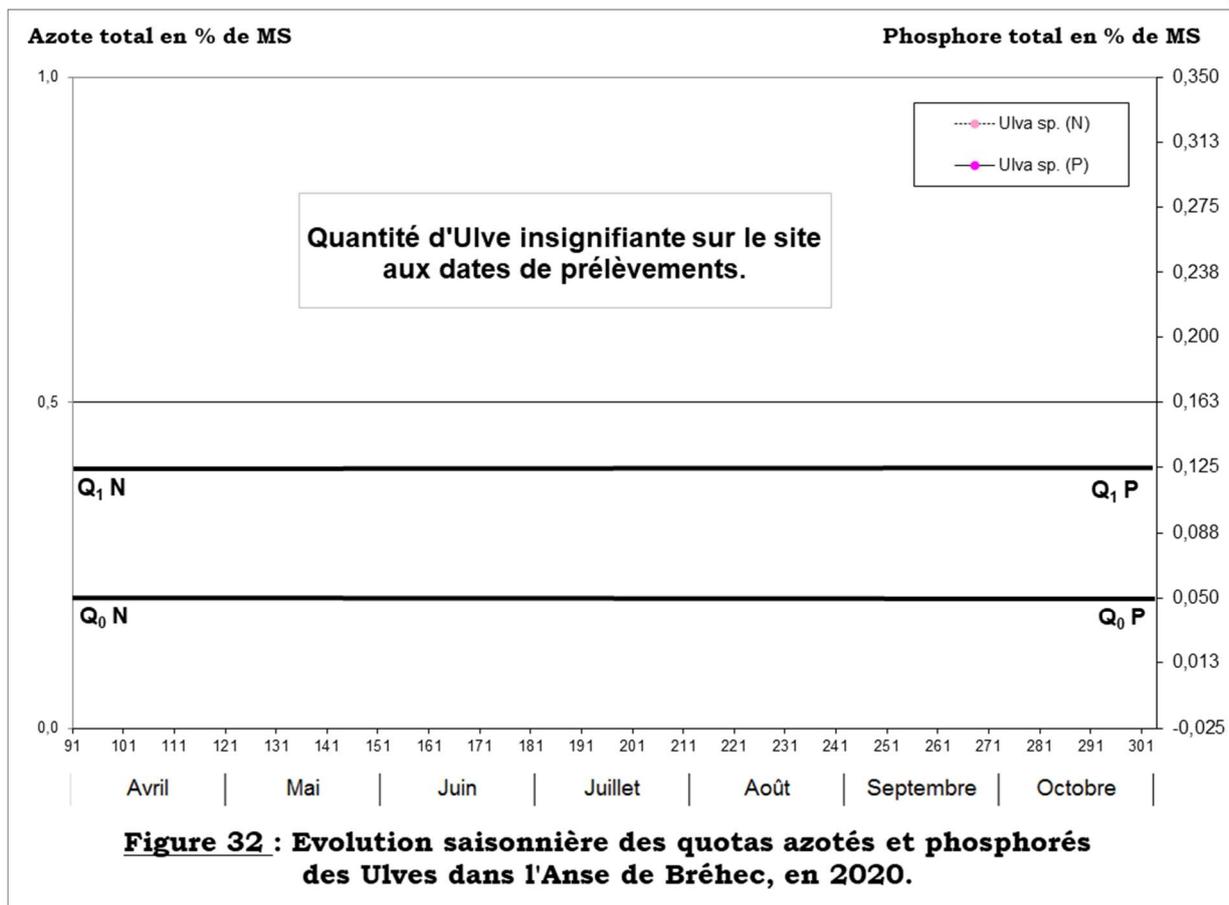
Sur le **site de Penvins**, la prolifération a été peu importante en 2020 (maximum en mai avec mélanges Ulves/AR). Les courbes des quotas azotés et phosphorés (Figure 48) montrent une saturation de la croissance par l'azote en début de saison, jusqu'à la mi-juillet. Cela est bien en ligne avec des flux locaux a priori élevés (débits de la Vilaine supérieurs aux normales en juin de 40 % et devenant « moyens » en juillet). A partir de mi-juillet l'azote limite nettement la croissance. Cette limitation marquée peut être due aux flux bas à cette période de 2020, à un ensoleillement important et accentuée par des biomasses peu importantes (donc moins d'auto ombrage). Pour ce qui est des teneurs en phosphore, elles apparaissent limitantes (mais loin du quota de subsistance) en début de saison puis non limitantes après la mi-juillet. Les conditions de relargage de ce nutriment par les sédiments, augmentées en fin de saison (température et anoxie) expliquent probablement ces remontées d'arrière-saison. Sur ce site, la faible prolifération de l'année pourrait s'expliquer par un démarrage retardé puis une limitation modérée de début de saison par le phosphore, puis une limitation marquée par l'azote.

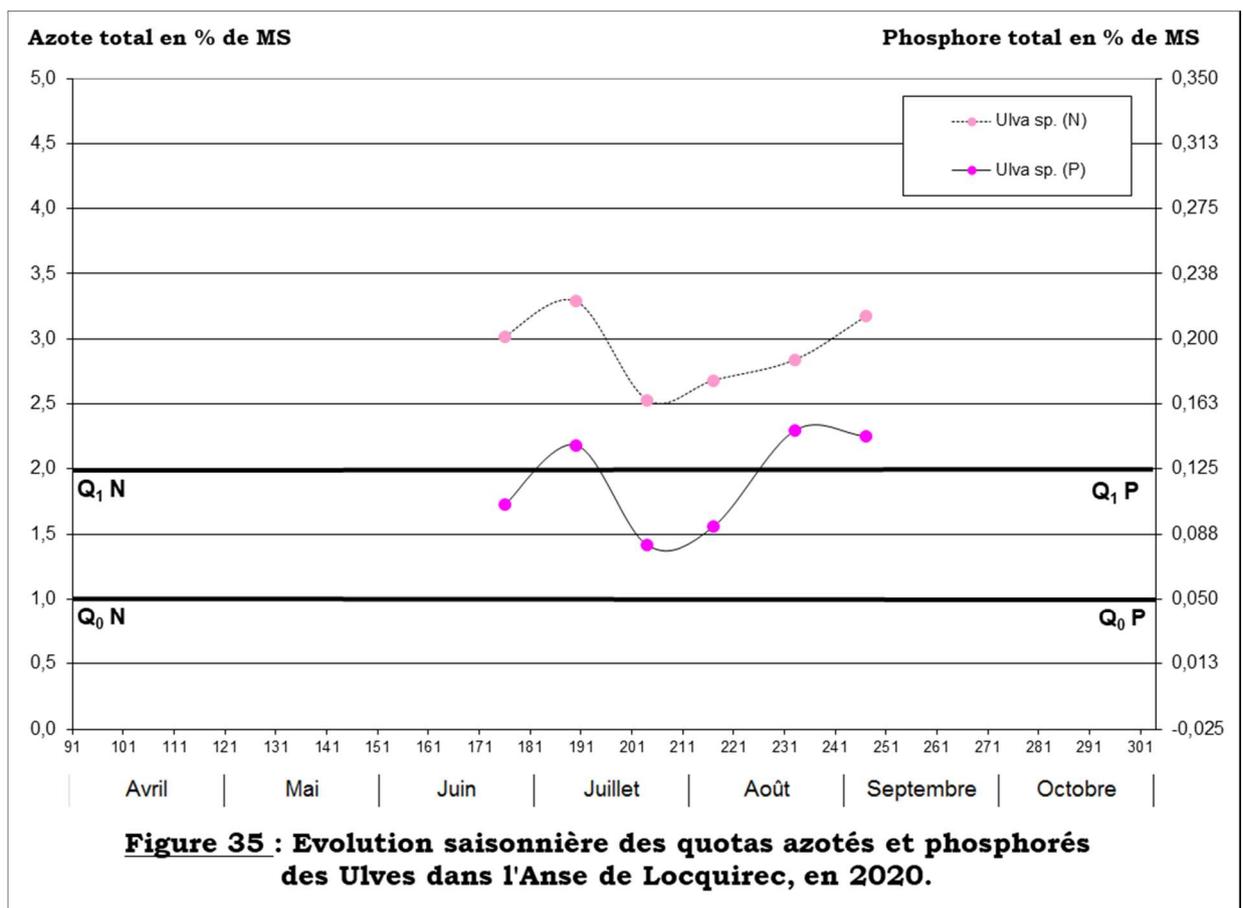
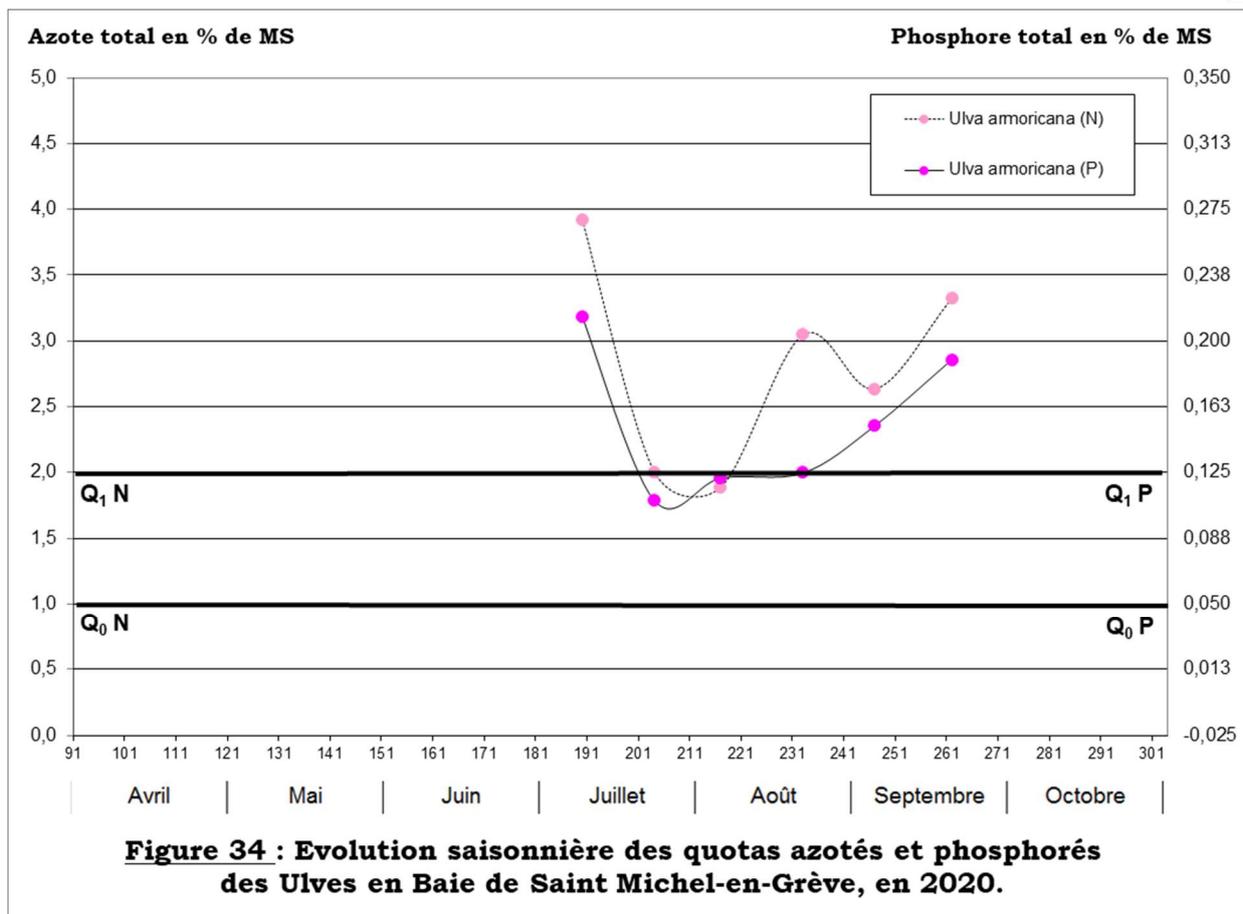
Sur le site de la **Mine d'Or**, aucune prolifération d'ulves n'a été observée (pas d'échouage lors des 3 vols régionaux et pas d'ulves lors des missions de terrain pour les prélèvements des quotas). Aucun prélèvement n'a pu être réalisé sur l'ensemble des 10 visites de terrain.

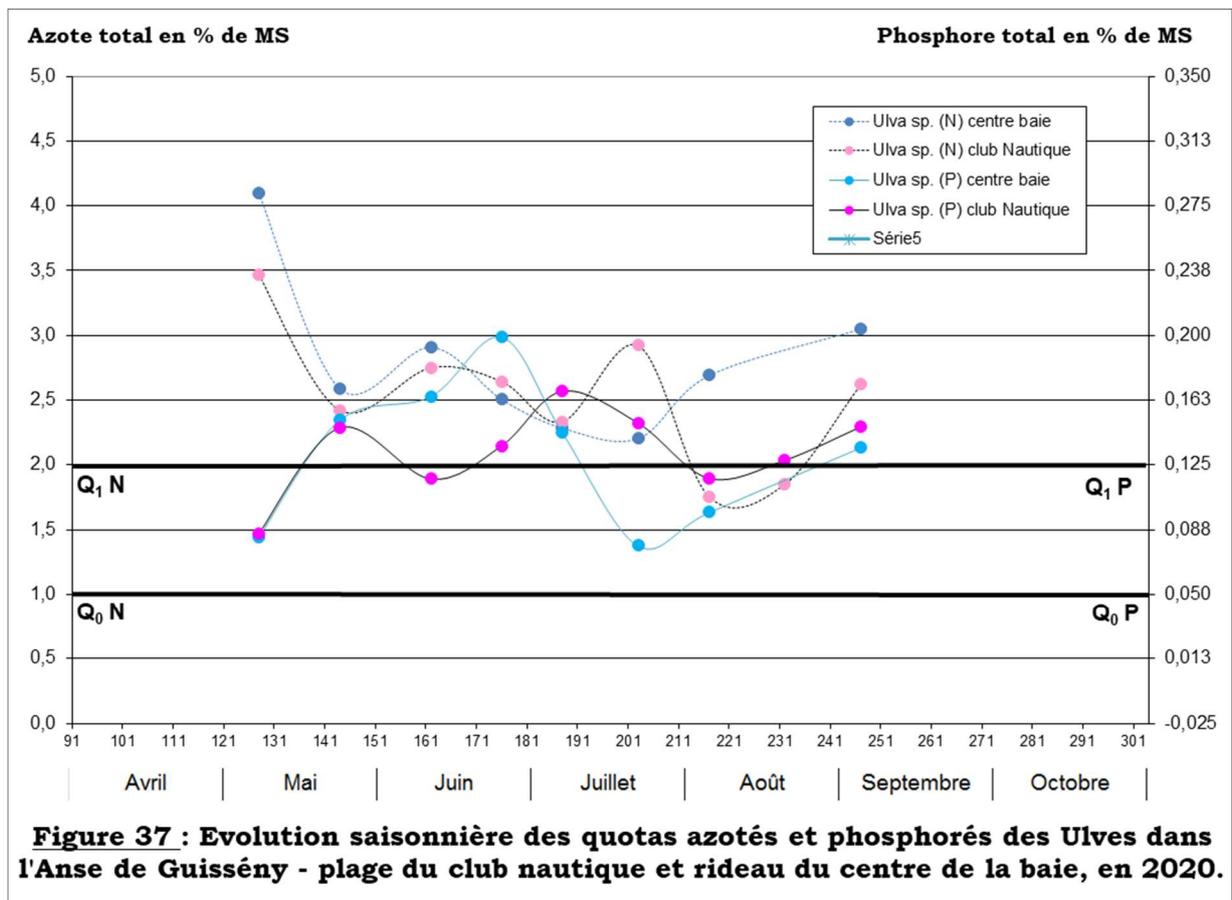
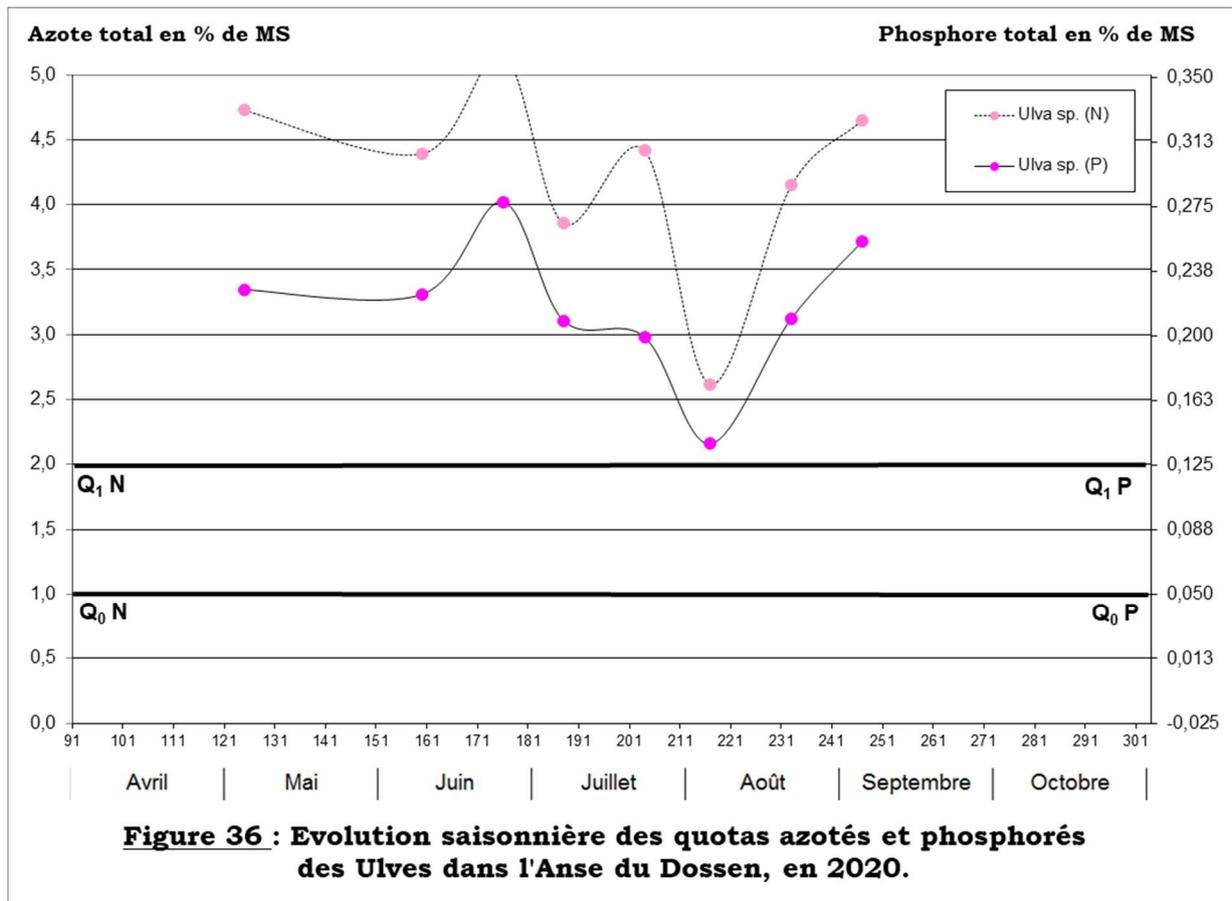
La présentation ci-dessus des facteurs limitant des proliférations des algues en 2020 doit être distinguée du statut de ces nutriments en termes de facteur de contrôle de l'eutrophisation. Les comportements différents de ces deux nutriments et notamment le stockage / relargage important du phosphore 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/>)

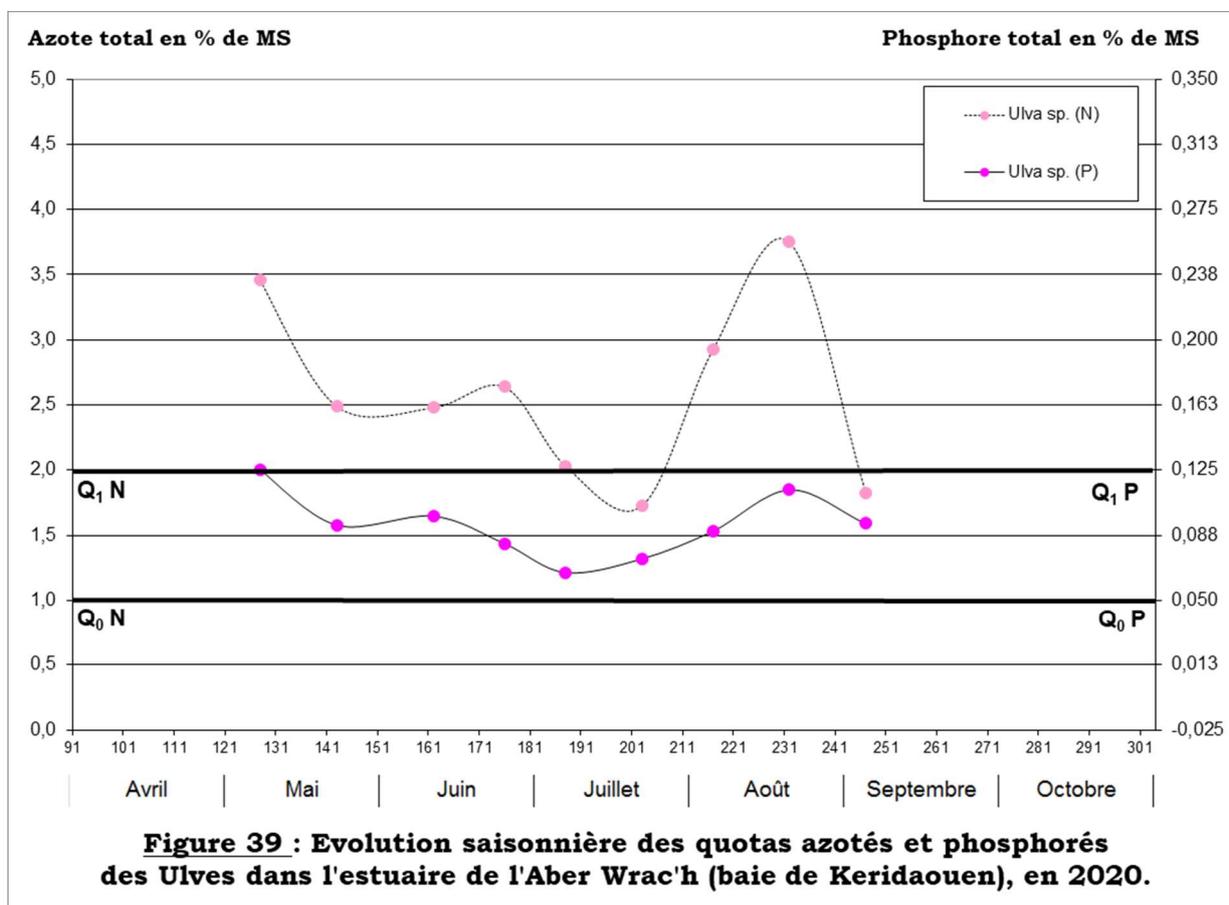
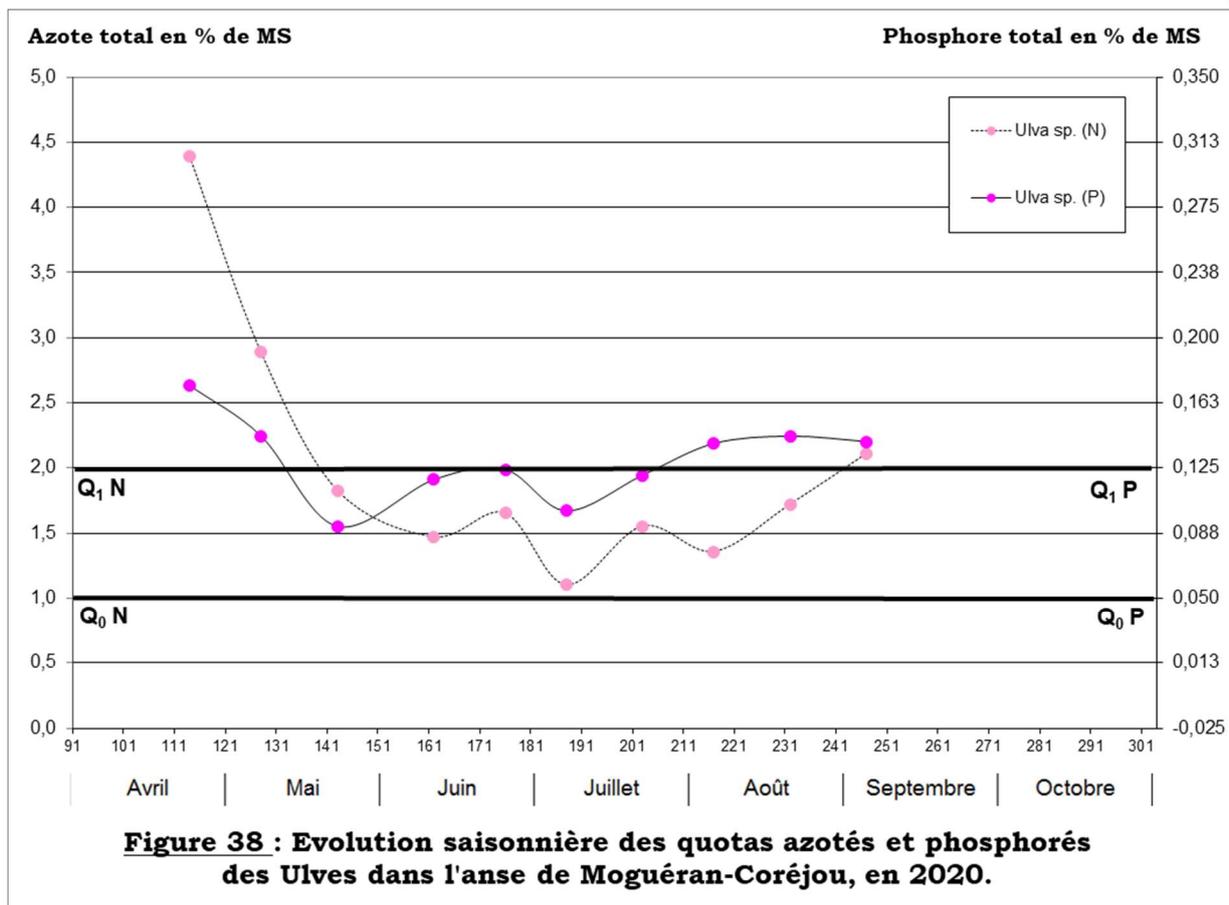


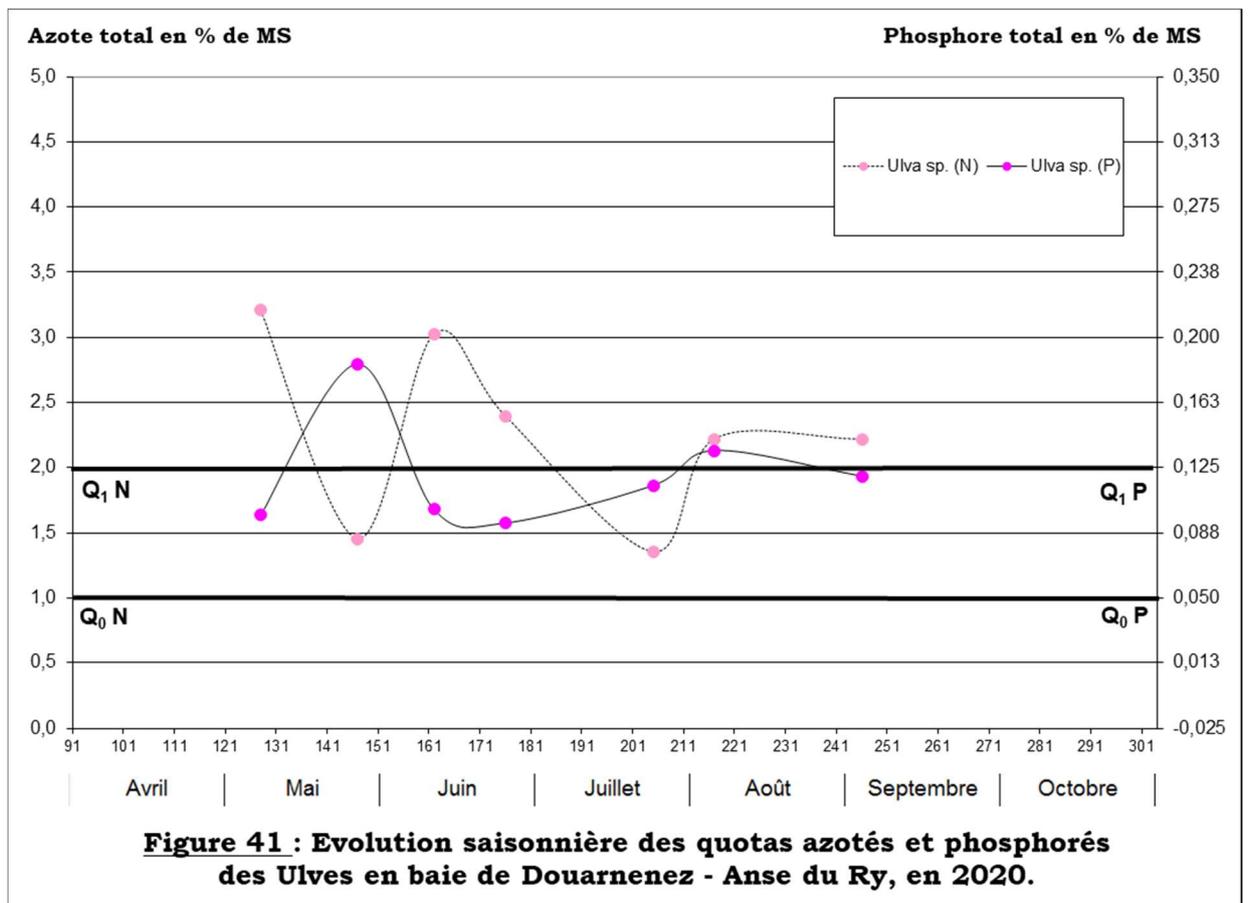
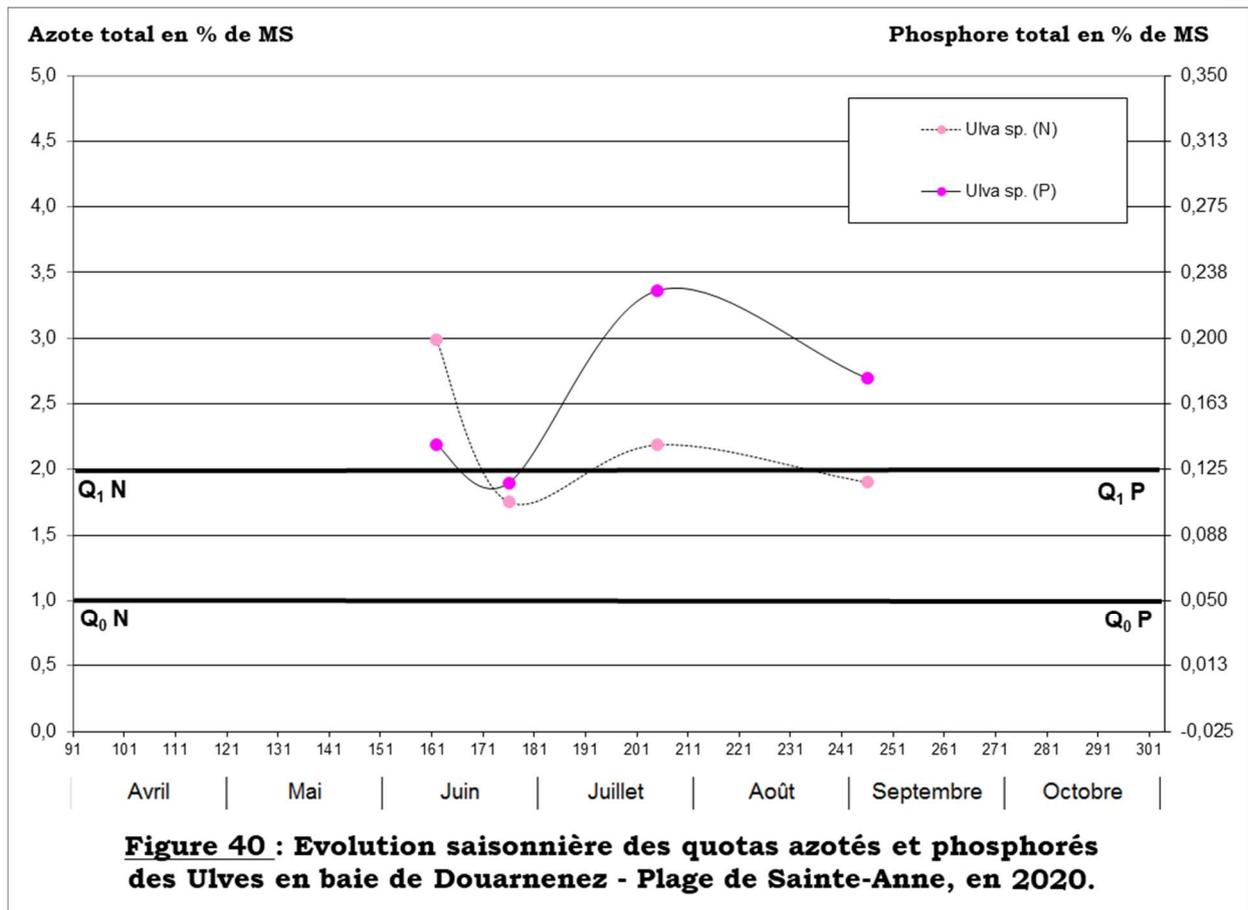


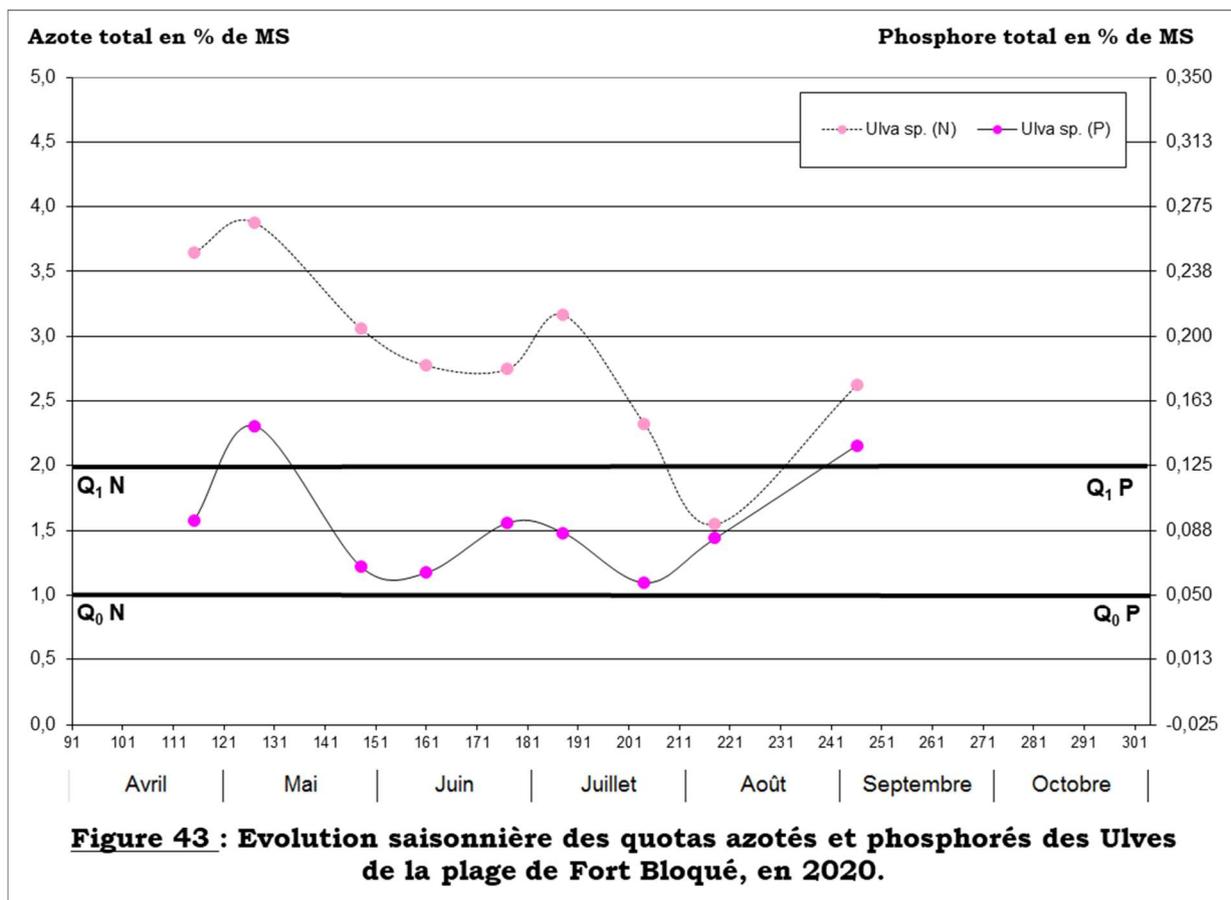
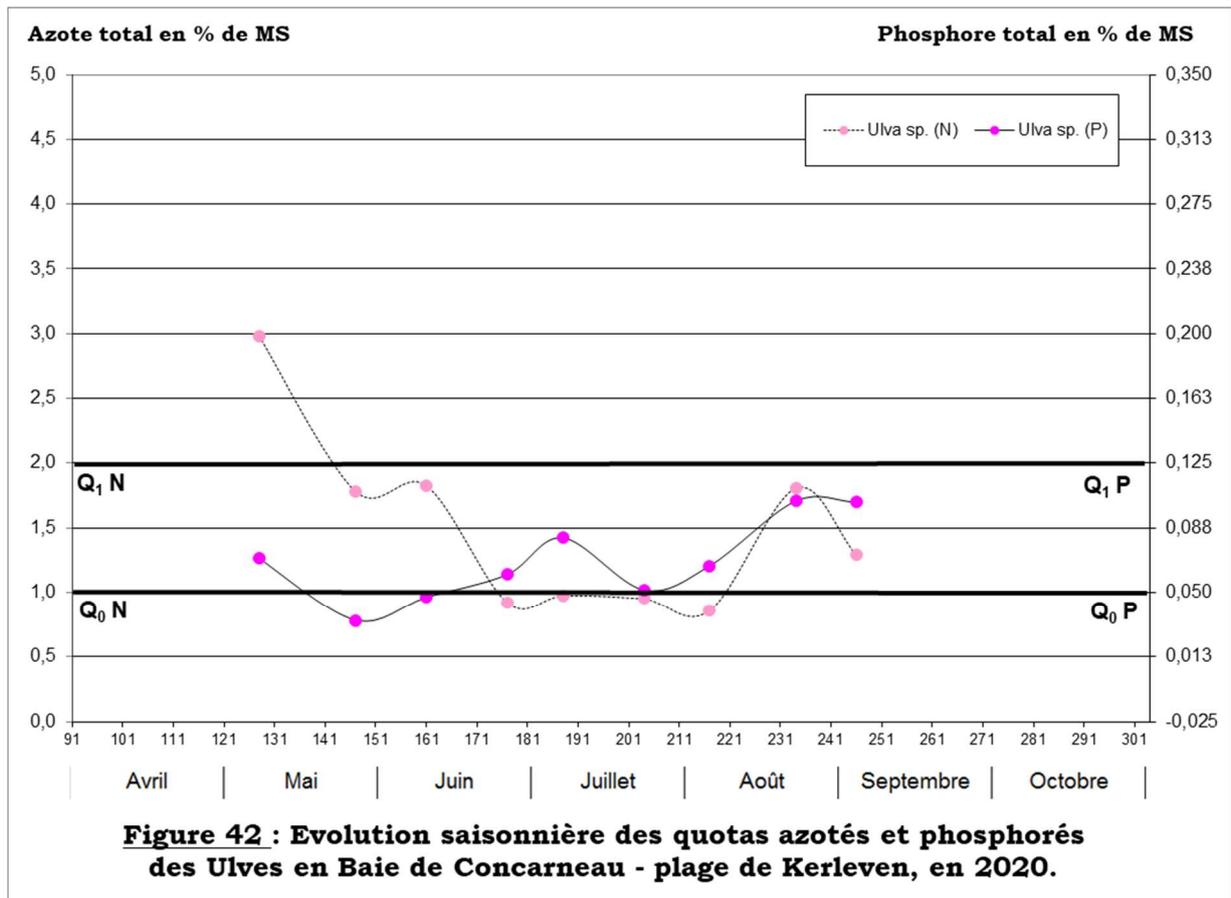


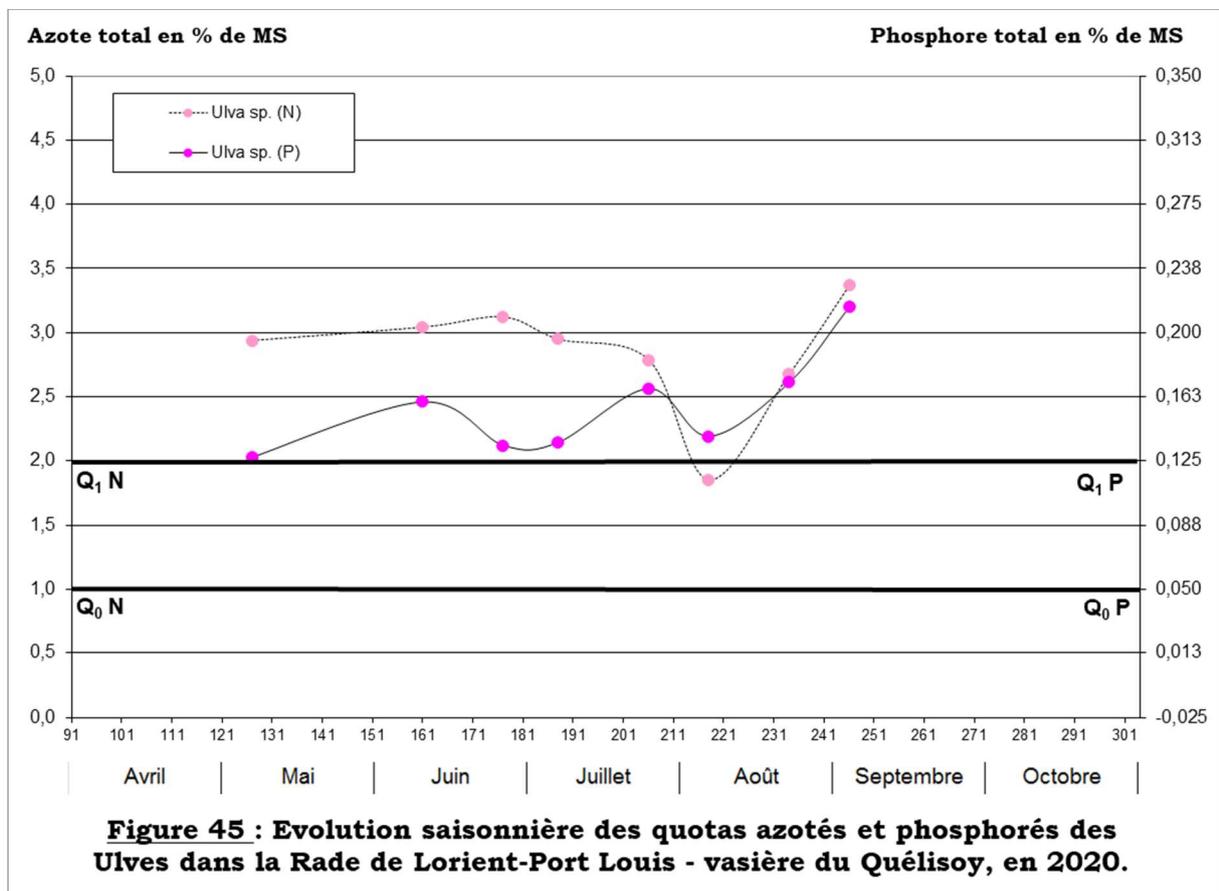
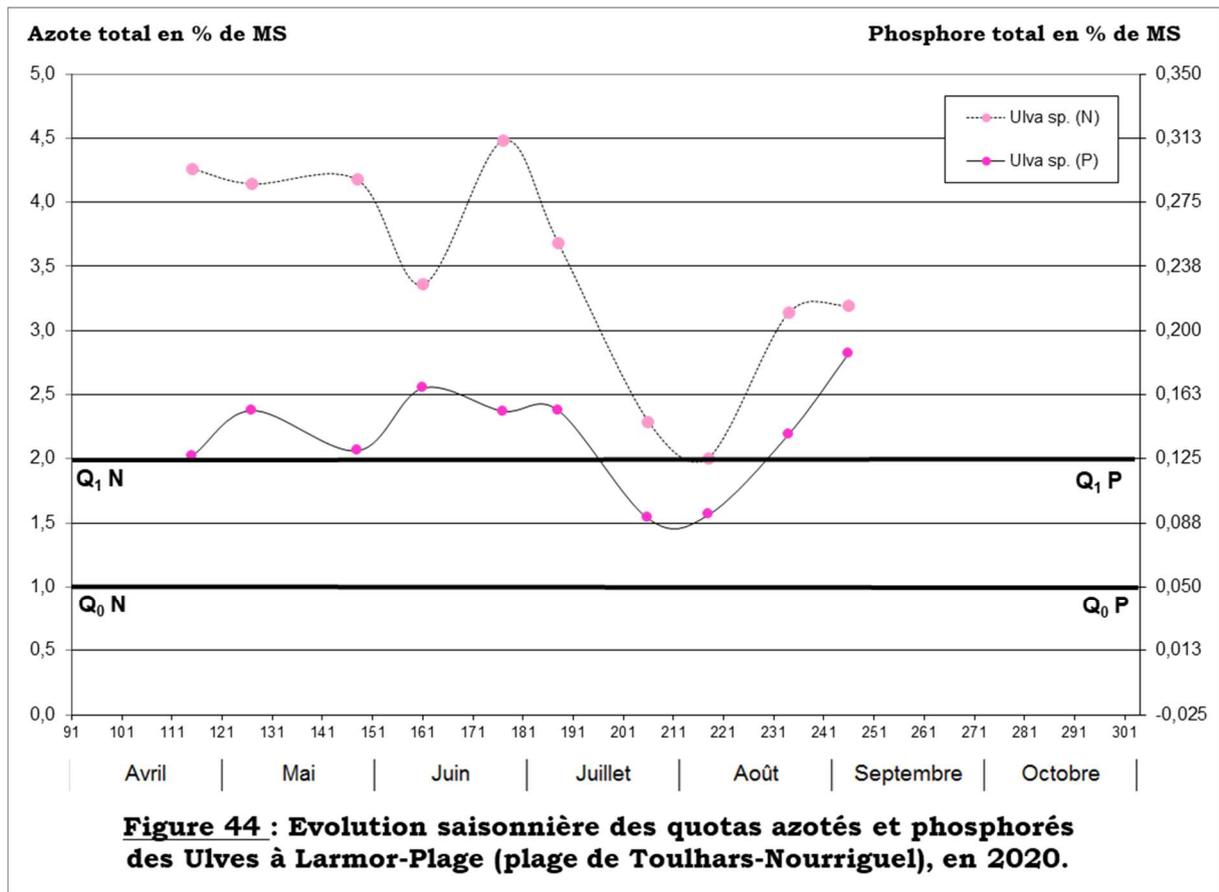


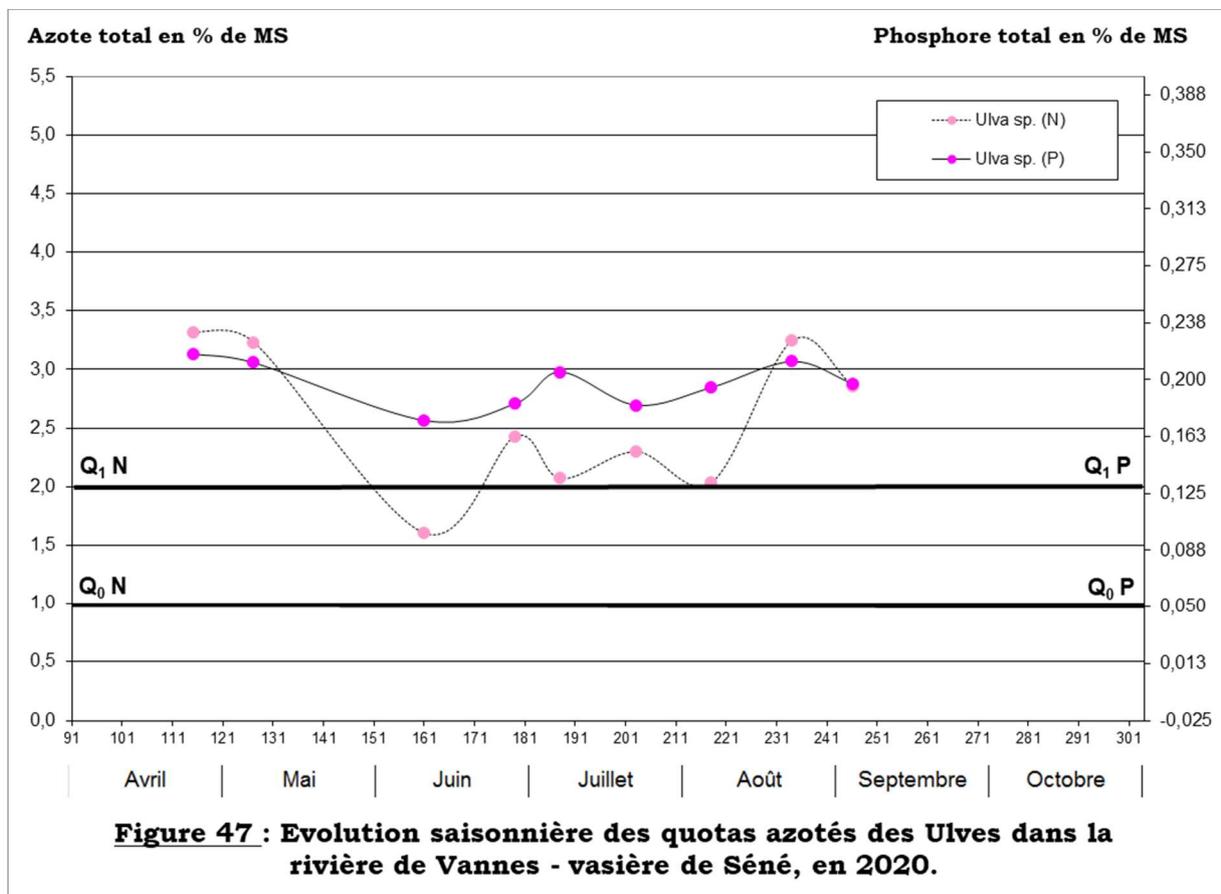
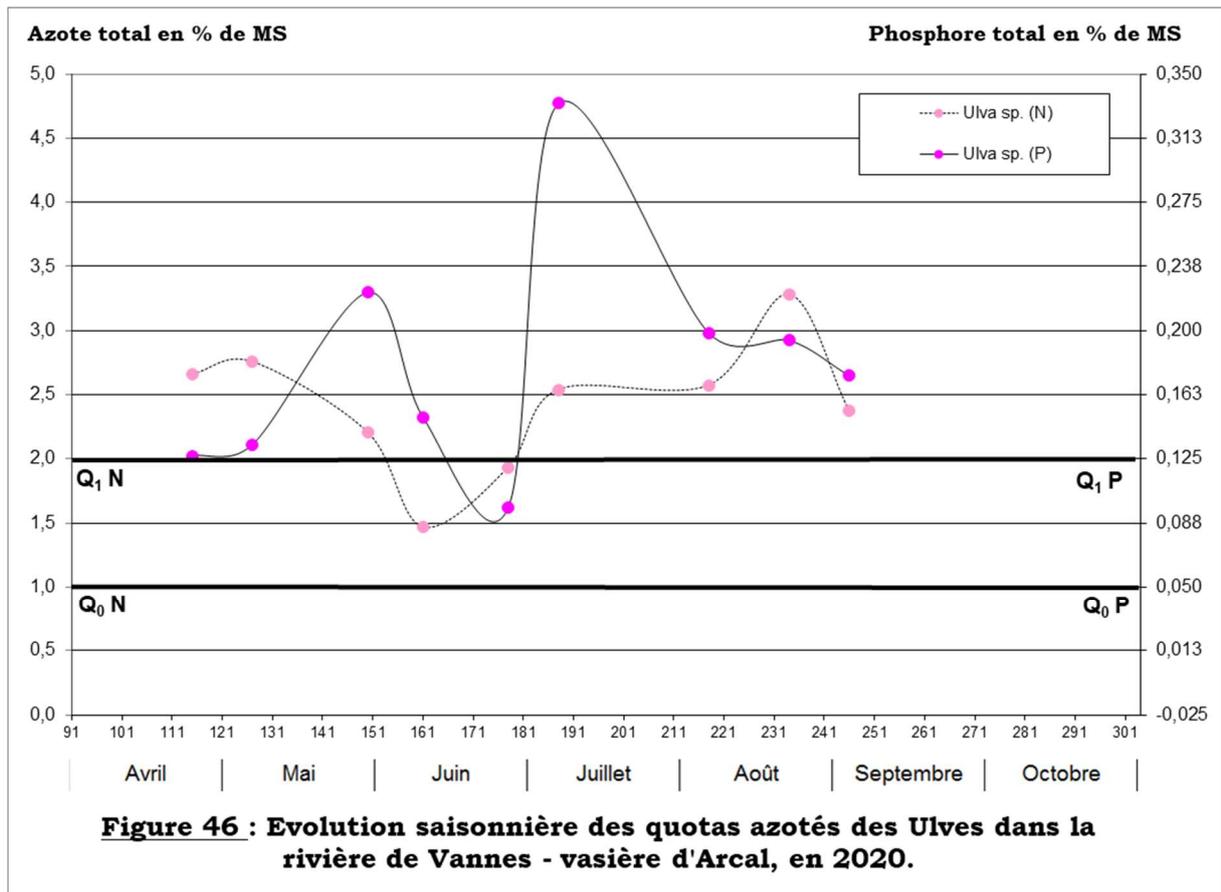


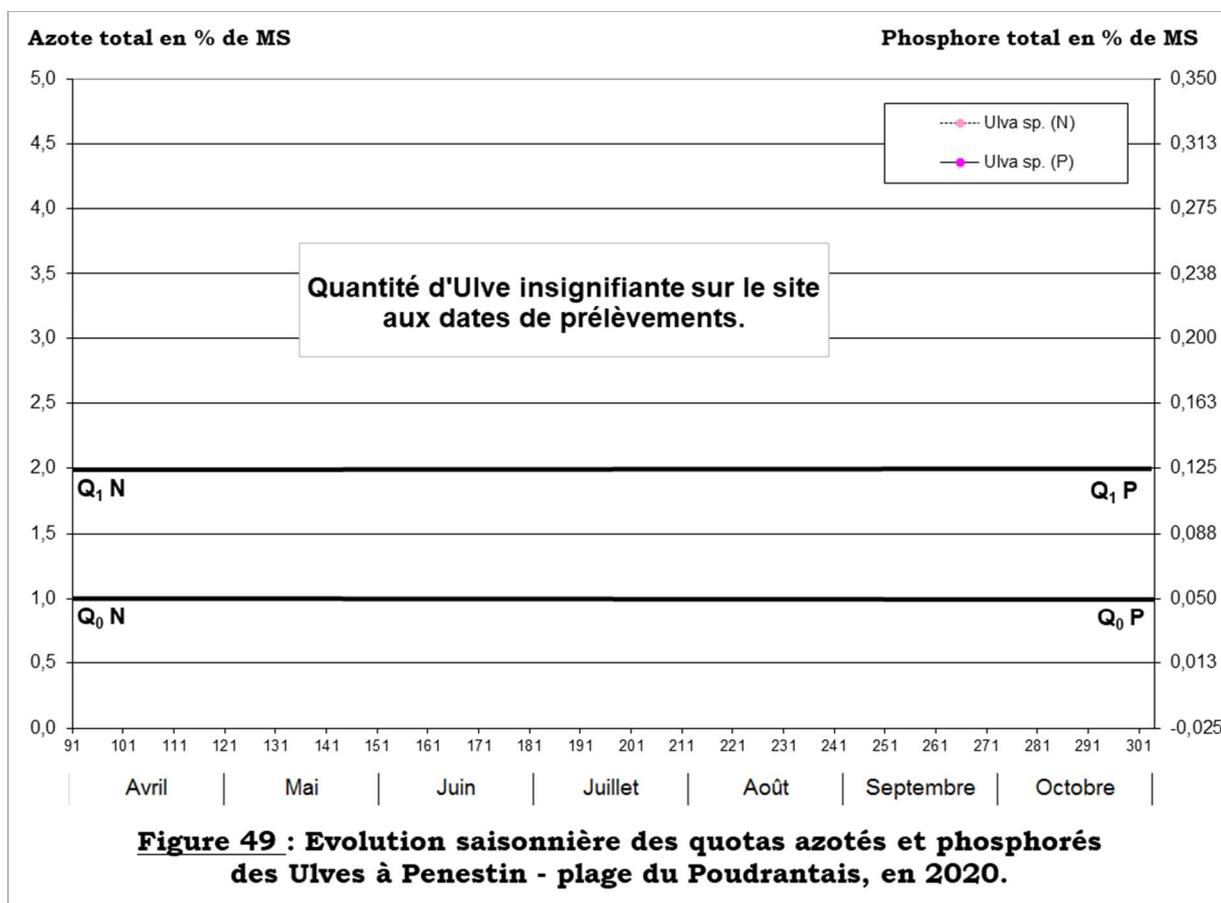
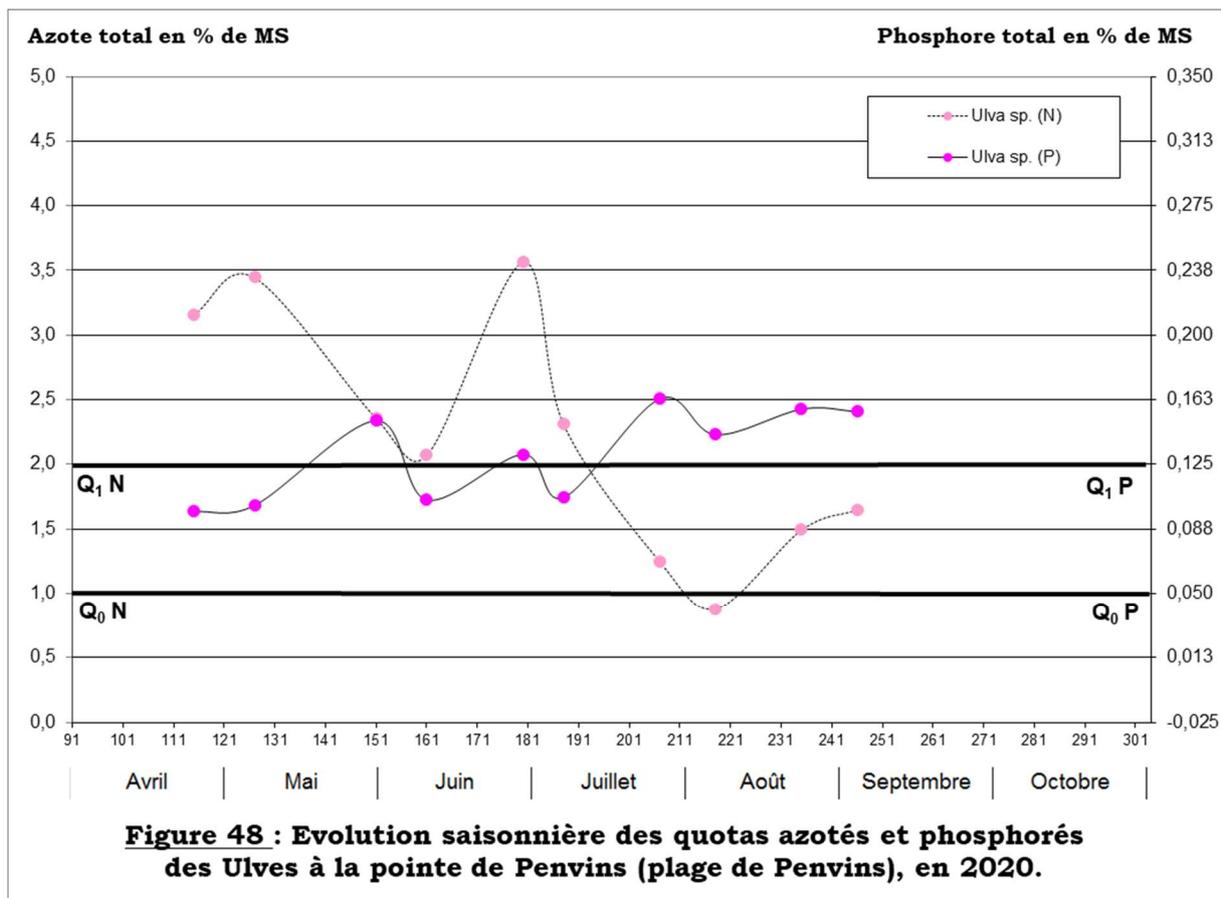














3.3.4. Evaluation des stocks totaux

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 2020.

- L'indicateur **dénombrement des sites touchés par des échouages d'ulves**, avec 90 sites repérés, indique une prolifération proche de l'année 2019 (89 sites) mais **légèrement inférieure à la moyenne des années 2007-2019** (93.6 sites). La prolifération, sur ce critère apparaît « légèrement précoce » avec 57 sites touchés en mai (contre 54 en moyenne 2002-2019). En juillet le nombre de site (62) augmente peu et est nettement inférieur au niveau moyen (70.2 sites sur 2002-2019) et en septembre (54 sites) la diminution est sensible et le nombre de sites très inférieur au niveau pluriannuel (62.5). La prolifération peut donc être décrite comme « **un peu précoce** », **puis relativement peu intense en été et à l'automne**. La proportion des vasières touchées sur l'ensemble des sites (31.5 %) est proche du niveau interannuel. En 2020, la thématique **des proliférations d'autres algues** que les ulves (en lame) est encore bien présente avec des sites concernés par des algues brunes filamenteuses (Ectocarpales sur l'est des Côtes d'Armor et la baie de Douarnenez principalement), des algues vertes filamenteuses (quelques sites du littoral nord et baie de Douarnenez) et quelques sites concernés par les algues rouges filamenteuses fines (Aber Benoit, Baie du Mont Saint Michel, baie de Quiberon) et des échouages de *Solieria chordalis* (presqu'île de Rhuys mais aussi baie de la Forêt).
- **Les suivis surfaciques sur les sites sableux** décrivent de façon **plus précise l'ampleur des proliférations**. Ces suivis ont permis de décrire une prolifération 2020 qui est **la plus tardive de la chronique 2002-2020** (surfaces en « avril + mai » 21 fois plus basses qu'en moyenne 2002-2019). Partant du niveau très bas de mai, les **surfaces augmentent très vite en juin** (multipliées par 20) dans un contexte particulièrement favorable (éclairage record sur mai, apports nutritifs encore suffisants à cette période) pour devenir **maximale en juillet et supérieur au niveau moyen pluriannuel (+ 20 %)** et **rester à un niveau supérieur au pluriannuel sur août et septembre (+40 %)** dans un **contexte nutritionnel restant favorable du fait de flux soutenus par les orages du mois de juin** (surtout sur les Côtes d'Armor). La diminution en octobre a été importante du fait de **conditions devenues dispersives dès la fin septembre**. Cette prolifération atypique, très tardive puis soutenue conduit, malgré les deux premiers mois avec des valeurs quasiment nulles, à **un niveau annuel (cumul des 7 données mensuelles) légèrement inférieur à la moyenne 2002-2019 (- 7 %)** et plus fortement par rapport à 2019 (-30 %). Cette situation régionale résulte de **disparités locales fortes** qui s'expliquent par le fonctionnement de chaque site et le comportement des bassins versants les alimentant. **La plupart des sites ont connu une prolifération tardive et inférieure à la moyenne** (Baie de la Forêt, de Saint Briec, de Saint Michel en Grève) quand d'autres ont connu des **proliférations supérieures** (anse de Guissény, du Dossen, baie de la Fresnaye et de Binic/Etables et dans une moindre mesure baie de Douarnenez du fait d'échouages importants sur août et septembre). Les résultats des **suivis des vasières** (programme RCS) montrent une situation **particulière de ces milieux en 2020** avec, sur la **somme des 10 Masses d'Eau (ME) suivis des surfaces touchées qui sont supérieures à toutes les années antérieures** en lien probablement avec les caractéristiques particulières de ces milieux dans un contexte 2020 d'éclaircissement très intense en fin d'hiver – début de printemps. Les résultats de ces suivis surfaciques sont utilisés pour les **calculs de l'Etat écologique (EQR)** des ME et sont proposés dans le rapport « RCS 2020 Loire Bretagne », tout comme les informations **relatives aux ramassages déclarés** par les communes.
- Les **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. Les remontées importantes des quotas azotés des ulves sur certaines périodes (en fin juin sur la baie de Saint Briec ou de la Fresnaye, par ex.) sont bien corrélées aux apports en forte augmentation dans la baie (crues des cours d'eau en juin liées à des orages ayant apporté beaucoup de pluviosité après le 10 juin) et expliquent bien l'augmentation des surfaces et biomasses d'ulves en juin puis juillet. Ces quotas permettent de montrer sur certains sites et malgré des surfaces couvertes importantes, **que c'est bien le manque d'azote qui explique le déclin des surfaces couvertes** par les ulves. C'est notamment le cas sur la baie de la Fresnaye (avec apparition d'algues filamenteuses en cours d'été) ou de la baie de Saint Briec (mais niveau autorisant encore une faible croissance), de Moguéran ou de la Forêt. D'autres baies, malgré des flux bas (par rapport aux années moyennes antérieures), ne montrent pas de limitation de la croissance des ulves par les nutriments. Cela indique **que les efforts sont à poursuivre sur ce paramètre pour obtenir une limitation franche des proliférations** (par ex. anse du Dossen, de Guissény, de Locquirec, ou de Saint Michel en Grève) et cela permet d'évaluer les abattements de flux nécessaire pour limiter la croissance des ulves en situation hydrologique « moyenne ». Enfin, 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. Une telle année permet de montrer que certains sites, malgré une absence d'algues sur le début de saison (jusqu'en fin juin pour certain 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**. 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 2020

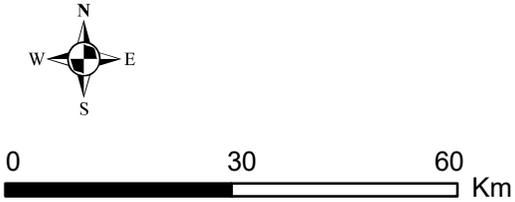
Sites touchés par des échouages d'ulves mai 2020



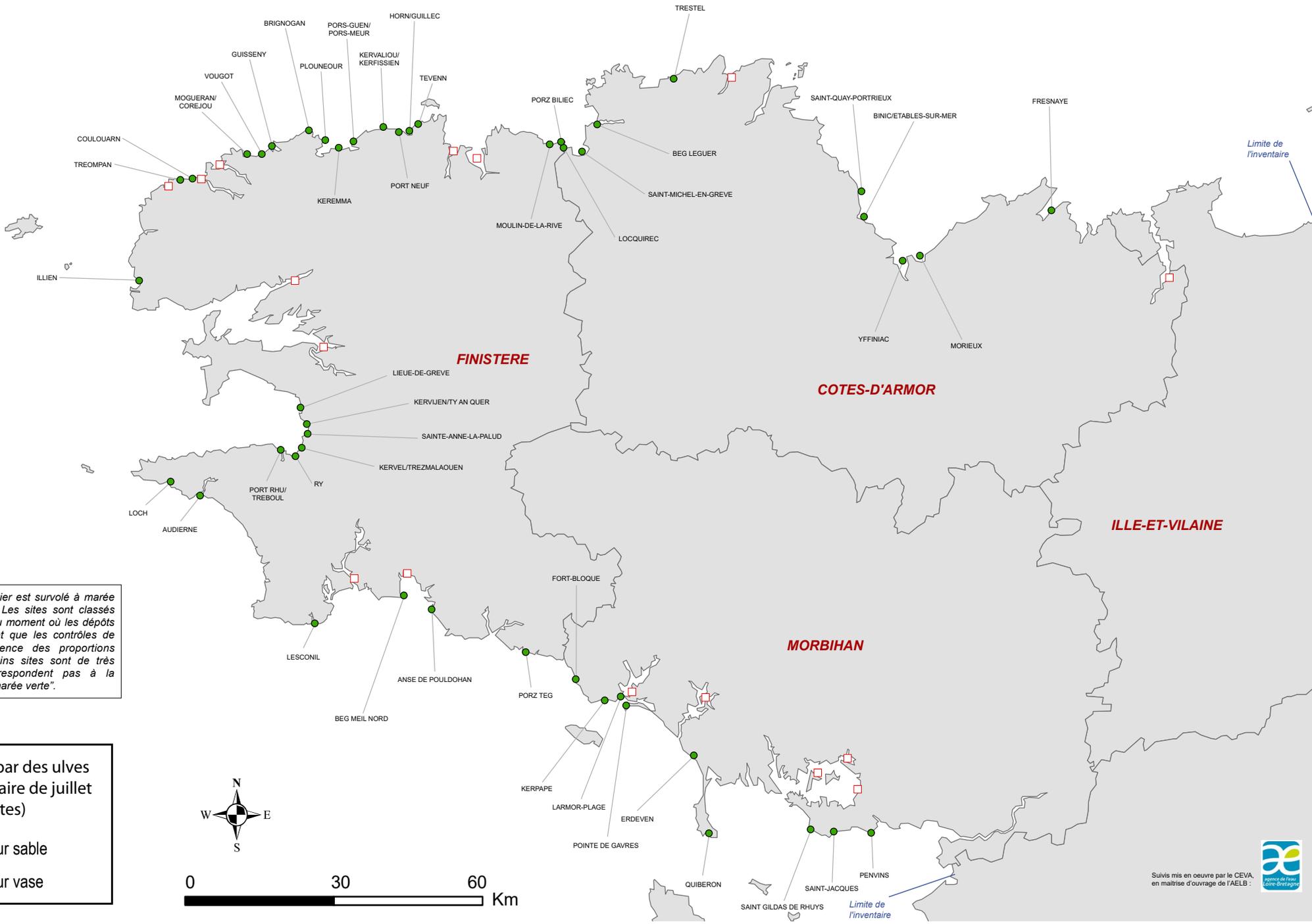
L'ensemble du linéaire côtier est survolé à marée basse de fort coefficient. Les sites sont classés comme touchés à partir du moment où les dépôts sont décelables d'avion et que les contrôles de terrain mettent en évidence des proportions anormales d'ulves. Certains sites sont de très petite taille et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

Sites touchés par des ulves lors de l'inventaire de mai (57 sites)

- site sur sable
- site sur vase



Sites touchés par des échouages d'ulves juillet 2020



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 (62 sites)

- site sur sable
- site sur vase

Sites touchés par des échouages d'ulves septembre 2020



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 (54 sites)

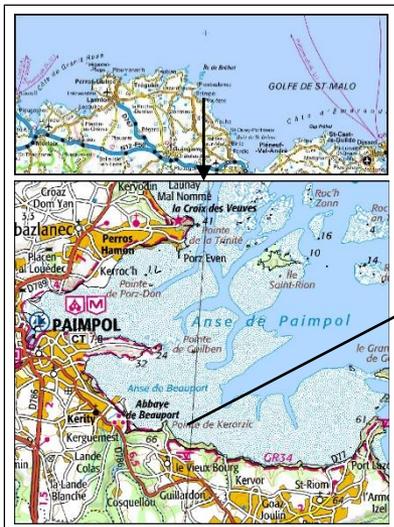
- site sur sable
- site sur vase



ANNEXE 2

EXEMPLE DE FICHE DE CONTRÔLE TERRAIN POUR UN SITE

PAIMPOL - Pointe de Kerarzac (22)



Vaste tapis d'ectocarpales bien brunes en mélange avec quelques ulves fragmentées.

Zones /gradient	Type d'algues échouées				Types d'algues vertes échouées		Type d'ulves		Taux recouvrement dépôt ulves	Identifications
	% AB	% Pyla	% AR	% AV	% ulves	% entéros	% libres	% arrachage		
1		90	5	5	100	0	0	100	<5	<i>Ulva sp.</i>

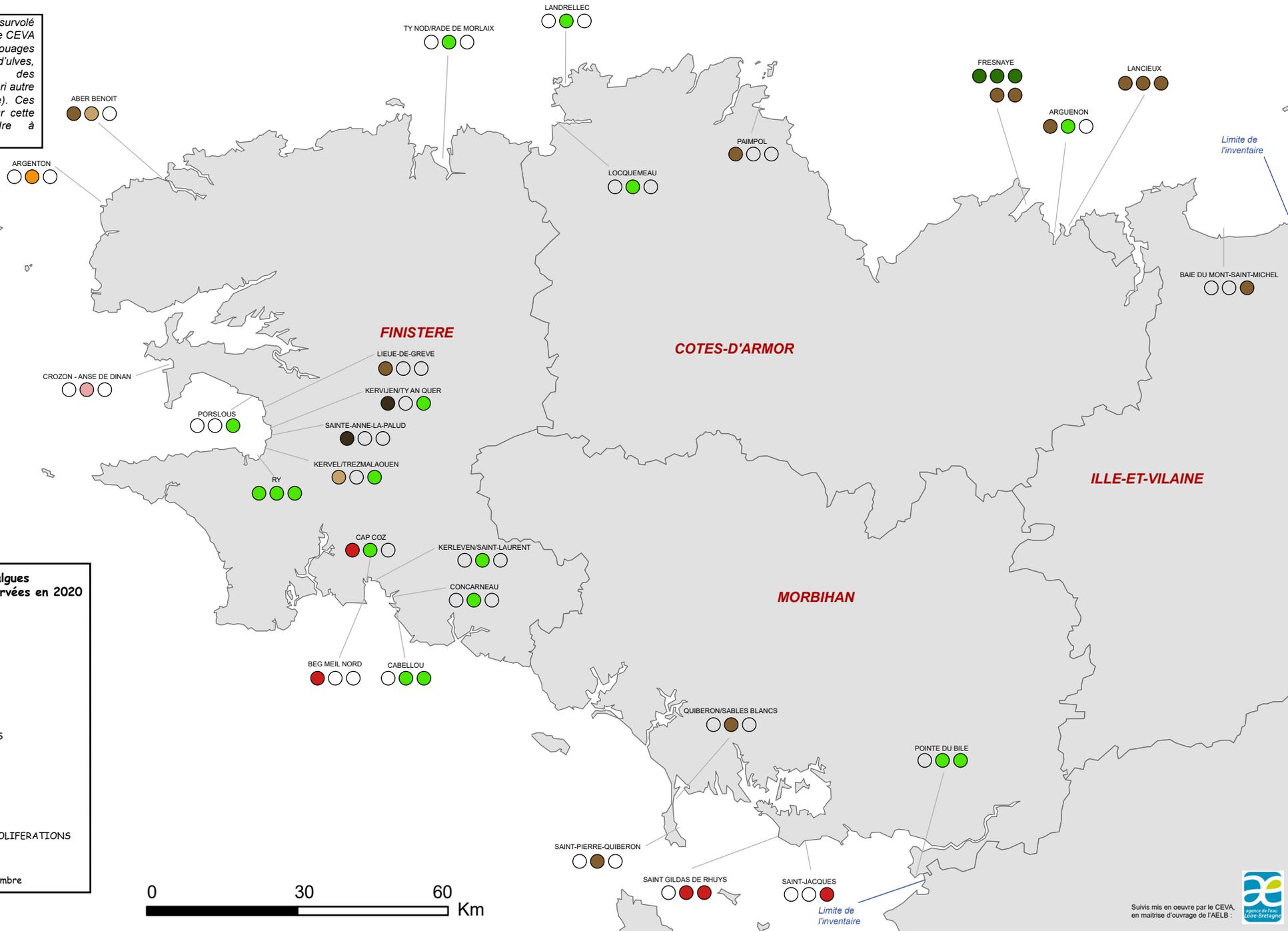


ANNEXE 3

SITES TOUCHES PAR DES PROLIFERATIONS D'AUTRES ALGUES EN 2020

Sites touchés par des proliférations d'algues en 2020 autres que les ulves (3 inventaires de contrôle de surveillance DCE)

* L'ensemble du linéaire côtier est surveillé à marée basse de fort coefficient. Le CEVA est "mandaté" pour suivre les échouages d'ulves. En plus des proliférations d'ulves, certains secteurs présentent des proliférations d'autres algues (a priori autre que simple "goémon" d'échouage). Ces observations sont répertoriées sur cette carte sans pouvoir prétendre à l'exhaustivité des observations.





ANNEXE 4

TAILLE MAXIMUM DES SITES A ULVES SUR PLAGES EN 2020



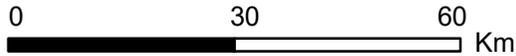
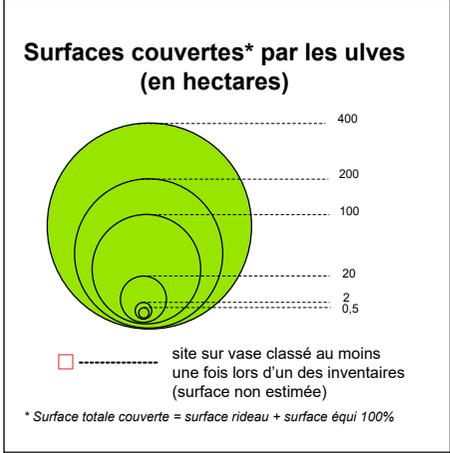
ANNEXE 5

- SURFACES COUVERTES PAR SITE POUR LES MISSIONS D'AVRIL A OCTOBRE 2020
- SURFACES COUVERTES PAR SITE POUR LES MISSIONS D'AVRIL A OCTOBRE DES ANNEES 2002 à 2020
- SURFACES COUVERTES PAR SITE D'AVRIL A OCTOBRE EN MOYENNE SUR 2002-2013

Surfaces couvertes par les ulves avril 2020

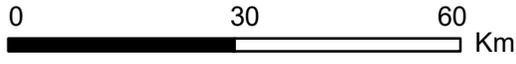
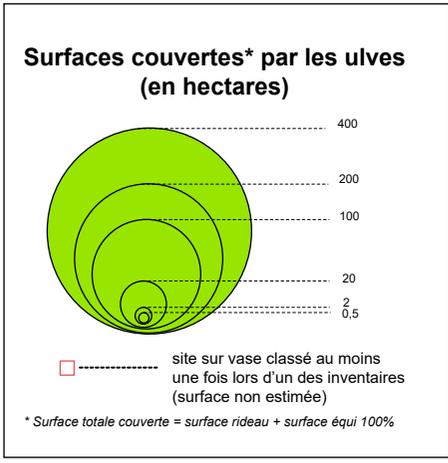
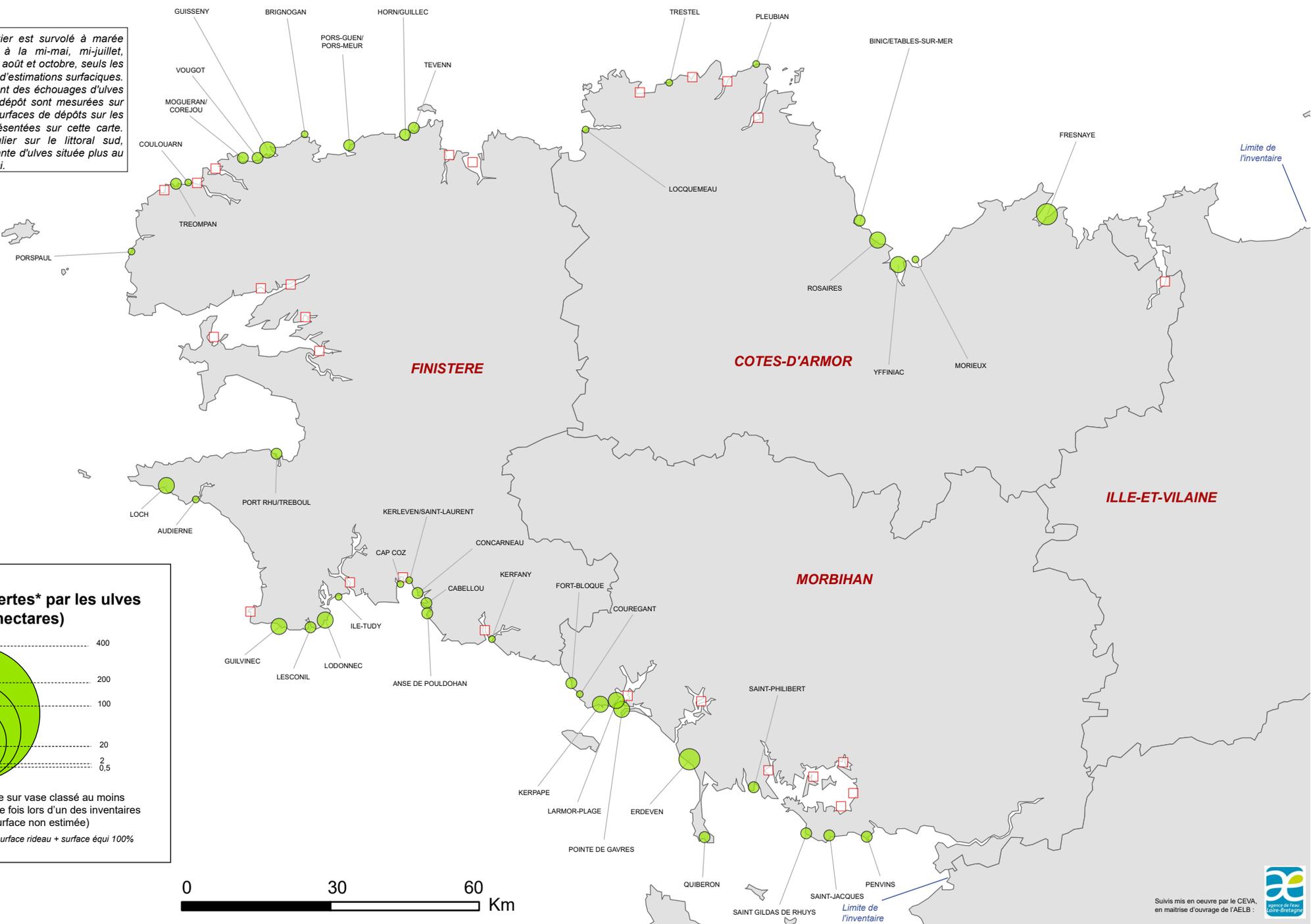
L'ensemble du linéaire côtier est survolé à marée basse de fort coefficient à la mi-mai, mi-juillet, mi-septembre. En avril, juin, août et octobre, seuls les sites principaux font l'objet d'estimations surfaciques. Pour tous les sites présentant des échouages d'ulves sur sable, les surfaces de dépôt 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 2020

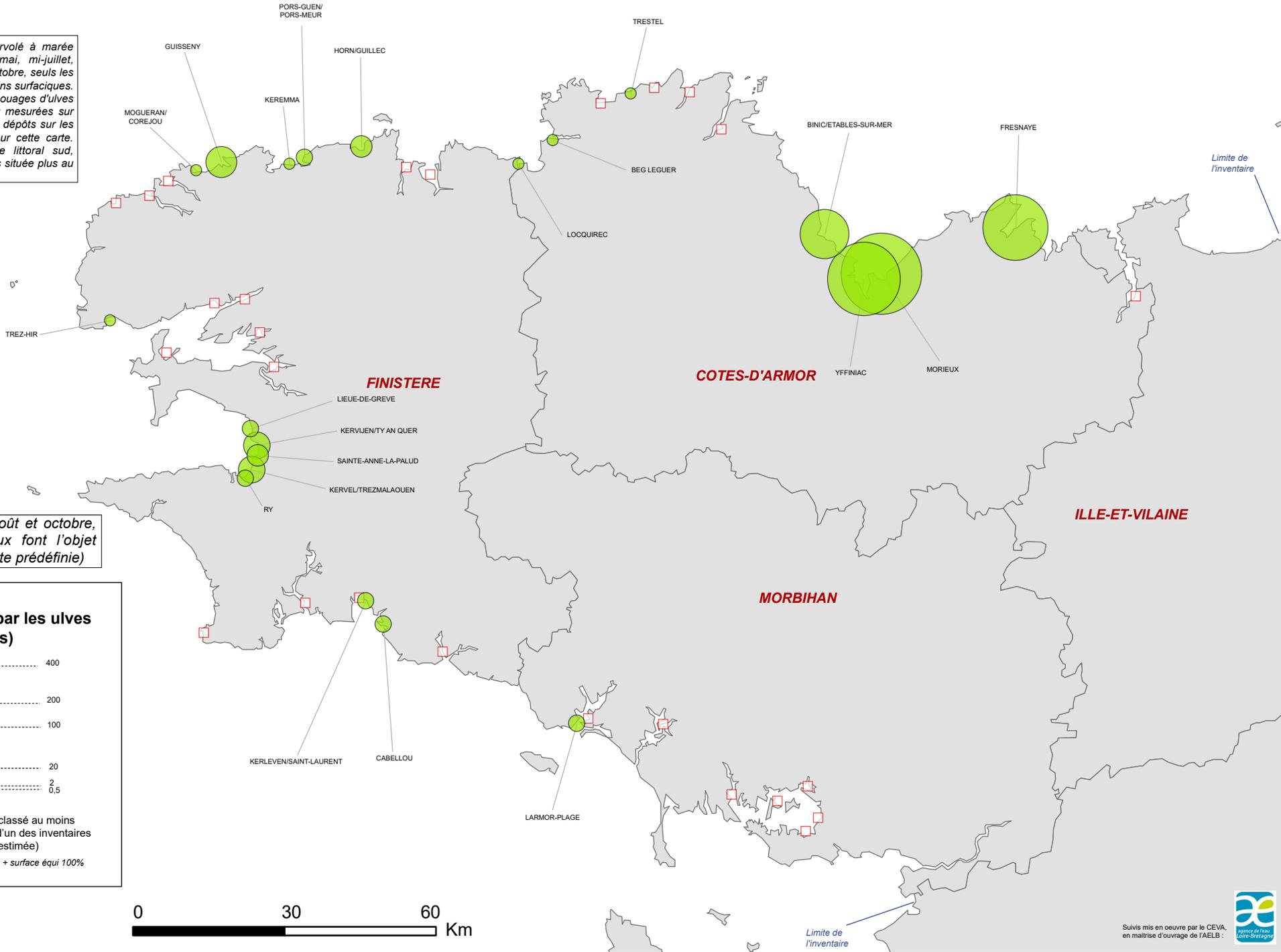
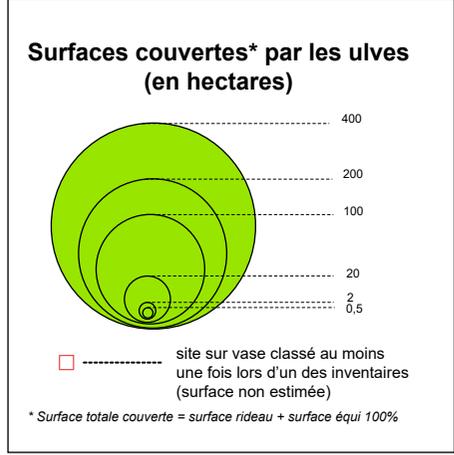
L'ensemble du linéaire côtier est survolé à marée basse de fort coefficient à la mi-mai, mi-juillet, mi-septembre. En avril, juin, août et octobre, seuls les sites principaux font l'objet d'estimations surfaciques. Pour tous les sites présentant des échouages d'ulves sur sable, les surfaces de dépôt 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 2020

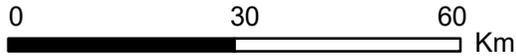
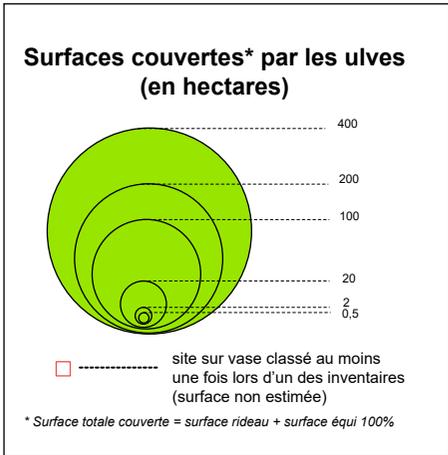
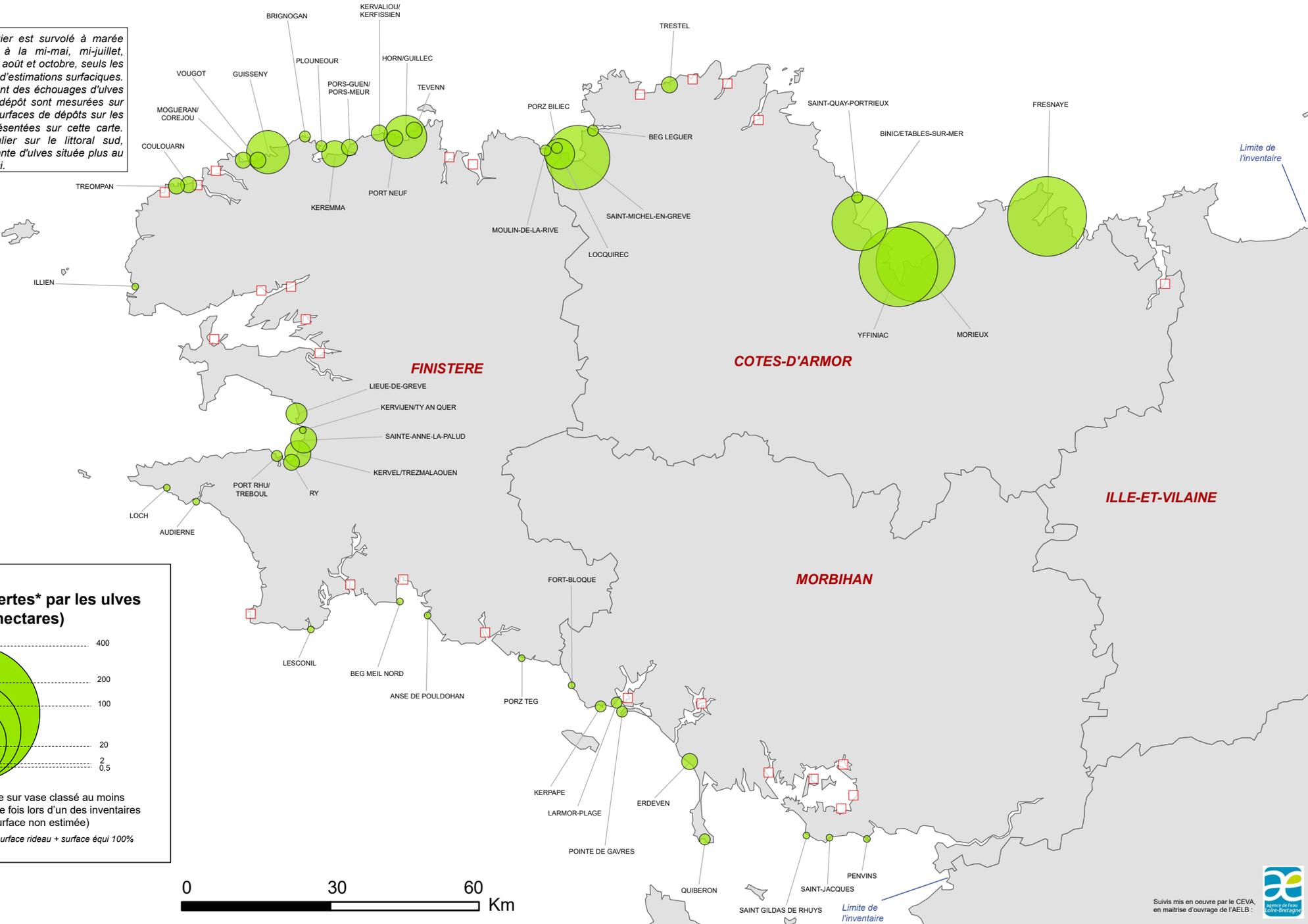
L'ensemble du linéaire côtier est survolé à marée basse de fort coefficient à la mi-mai, mi-juillet, mi-septembre. En avril, juin, août et octobre, seuls les sites principaux font l'objet d'estimations surfaciques. Pour tous les sites présentant des échouages d'ulves sur sable, les surfaces de dépôt 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)



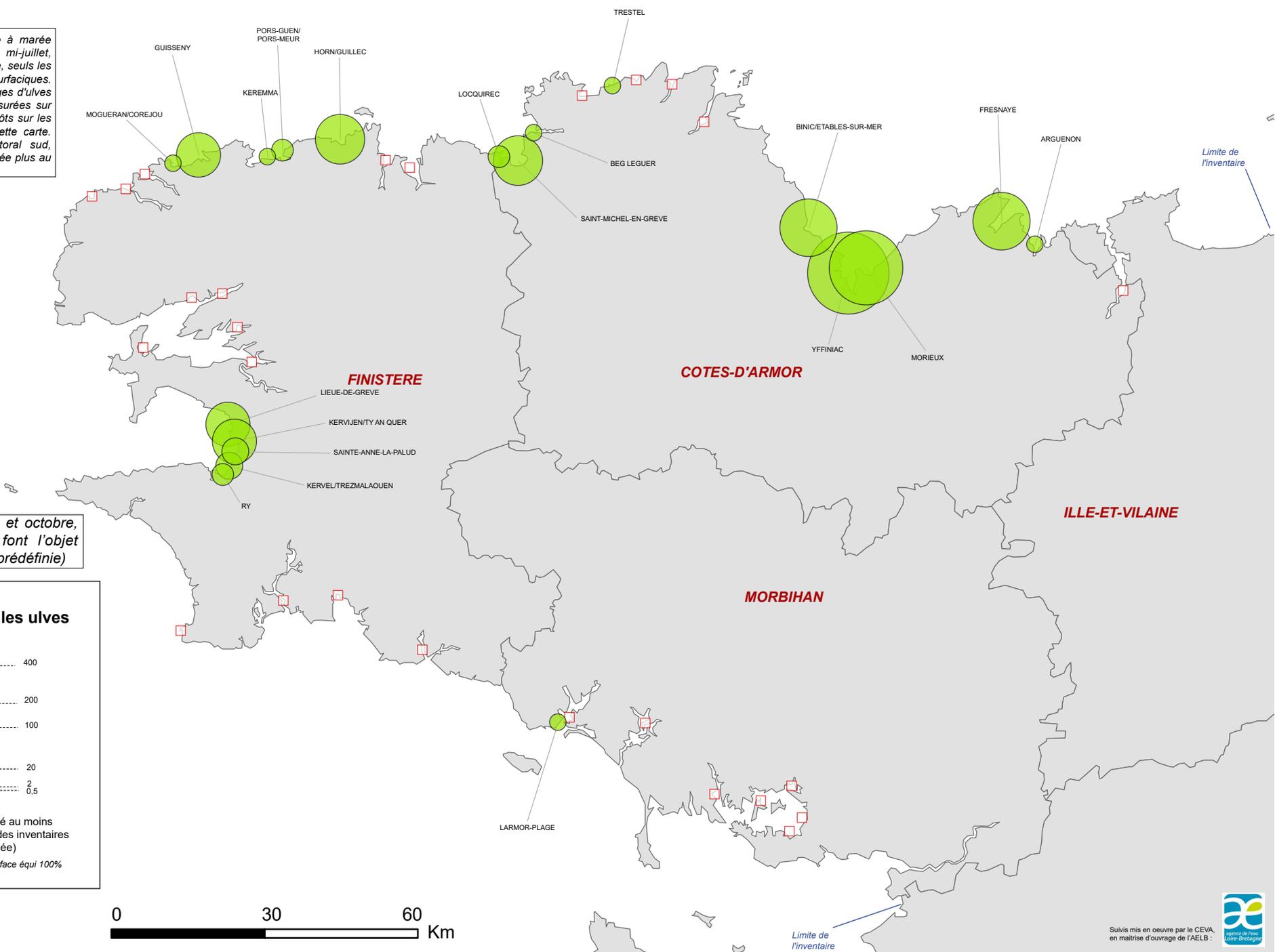
Surfaces couvertes par les ulves juillet 2020

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.

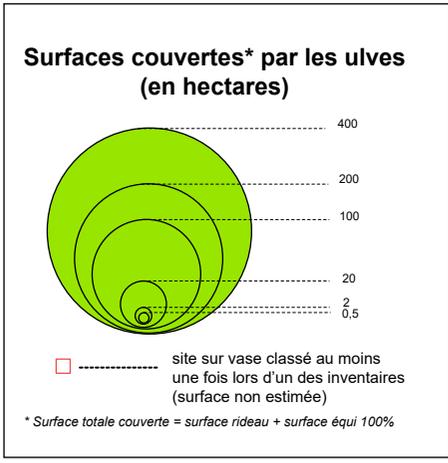


Surfaces couvertes par les ulves août 2020

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.

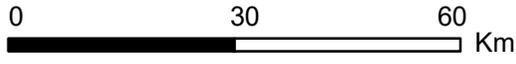
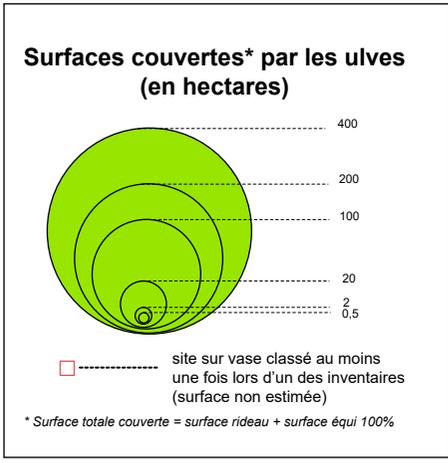
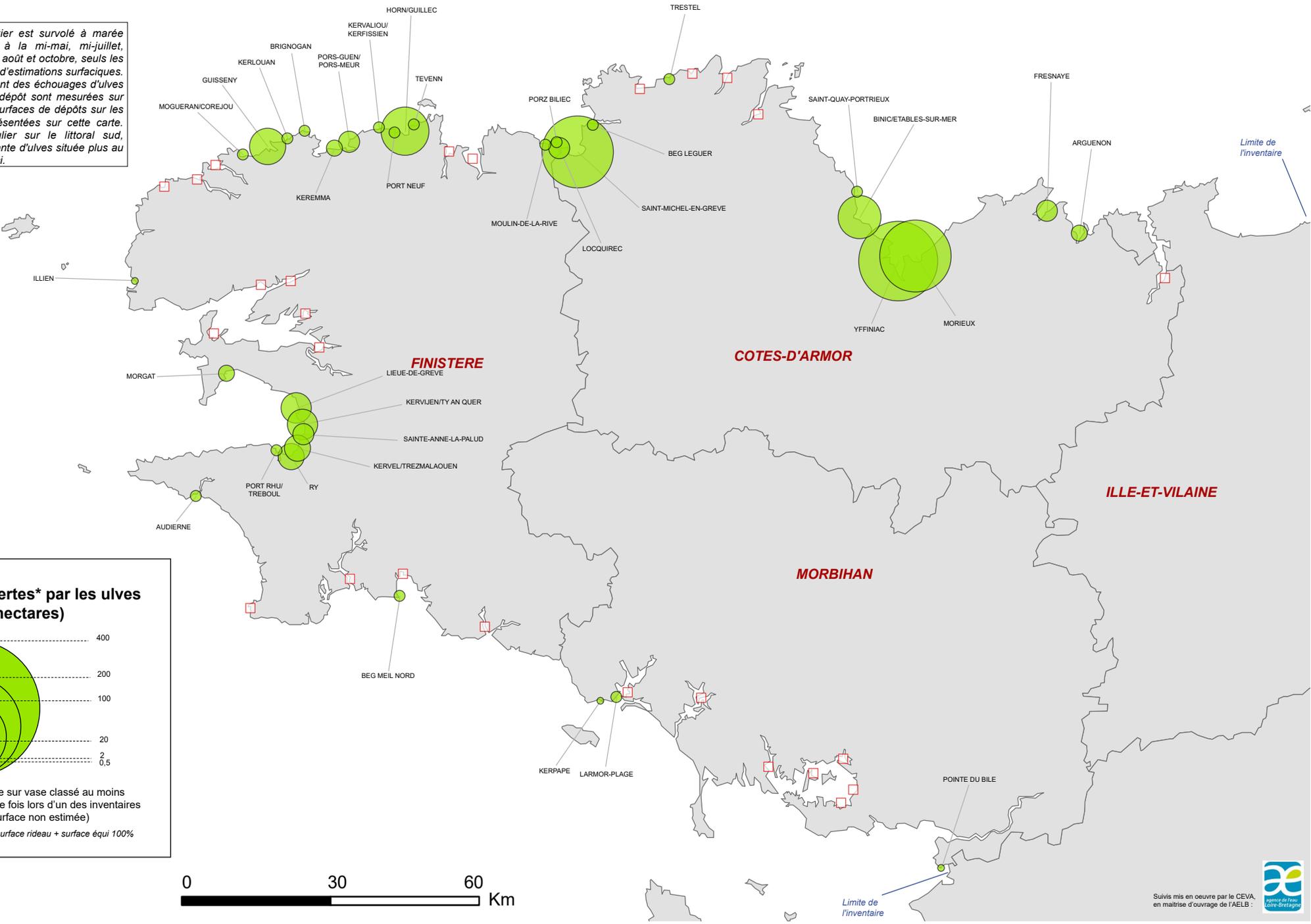


A noter : en avril, juin, août et octobre, seuls les sites principaux font l'objet d'évaluation surfacique (liste prédéfinie)



Surfaces couvertes par les ulves septembre 2020

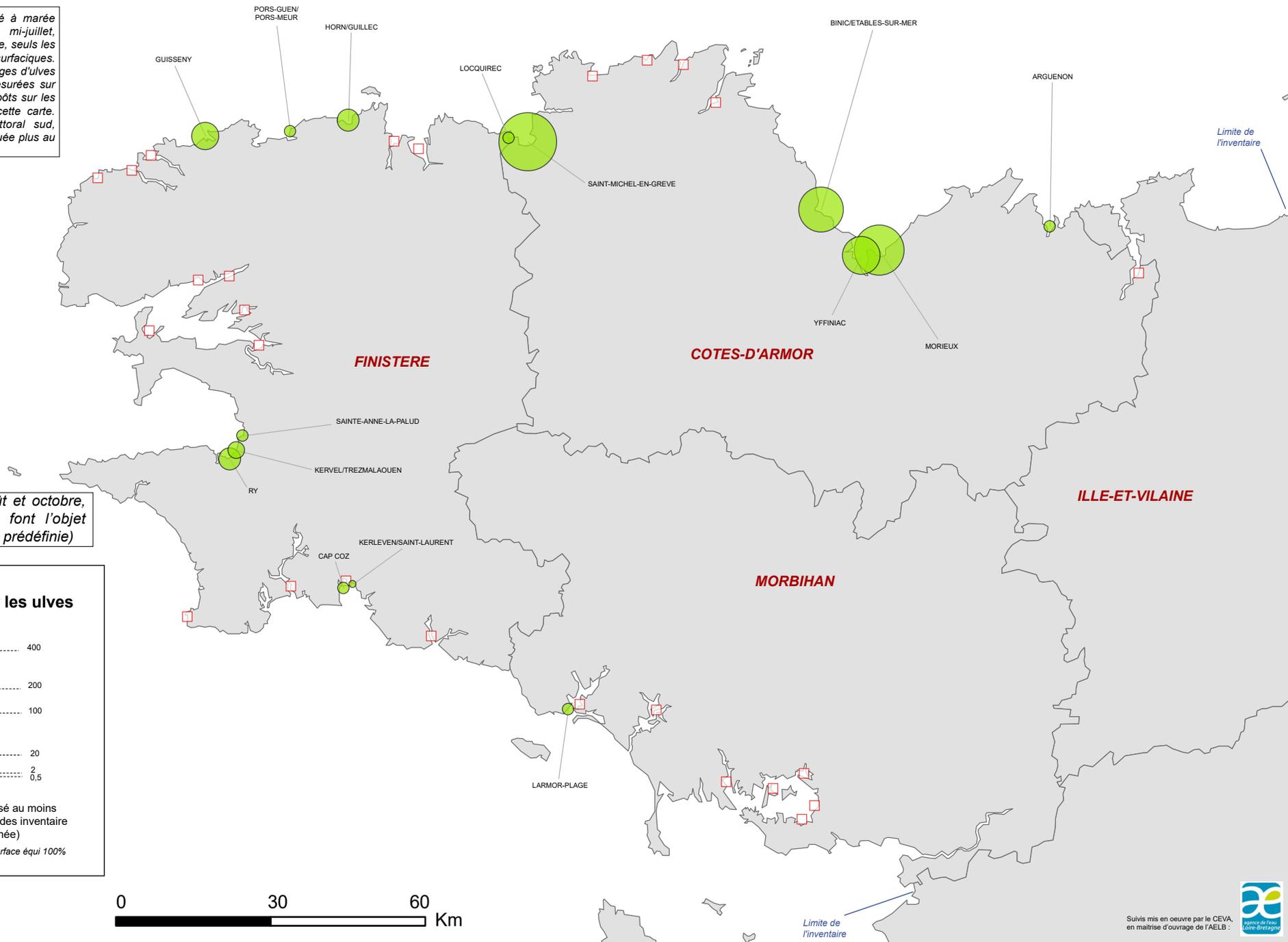
L'ensemble du linéaire côtier est survolé à marée basse de fort coefficient à la mi-mai, mi-juillet, mi-septembre. En avril, juin, août et octobre, seuls les sites principaux font l'objet d'estimations surfaciques. Pour tous les sites présentant des échouages d'ulves sur sable, les surfaces de dépôt 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.



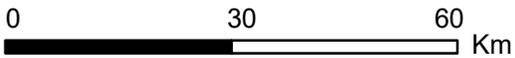
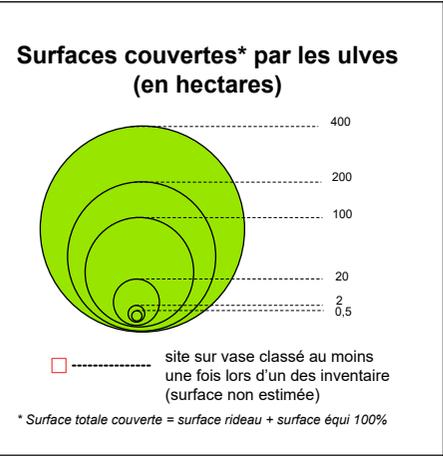
Limite de l'inventaire

Surfaces couvertes par les ulves octobre 2020

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.



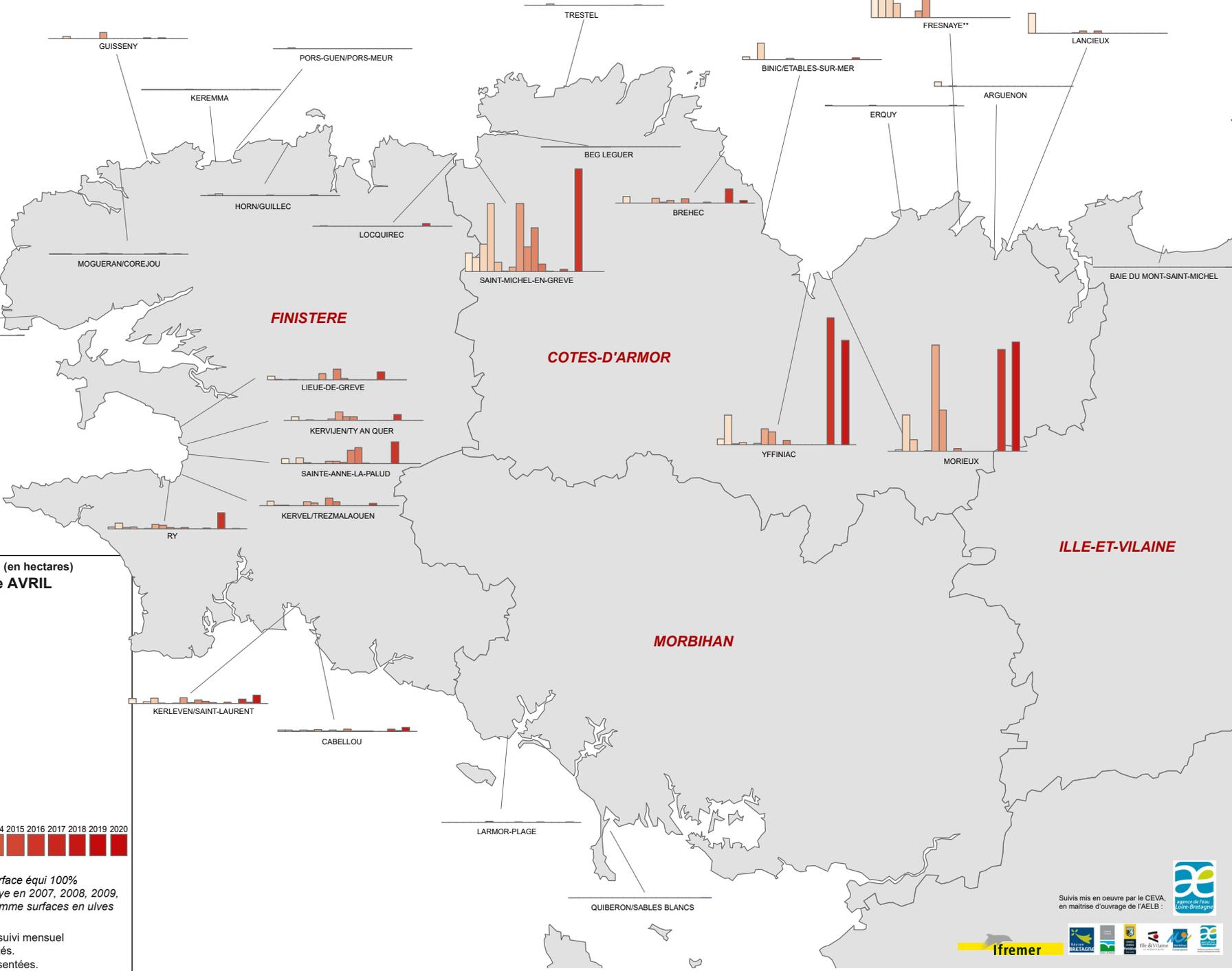
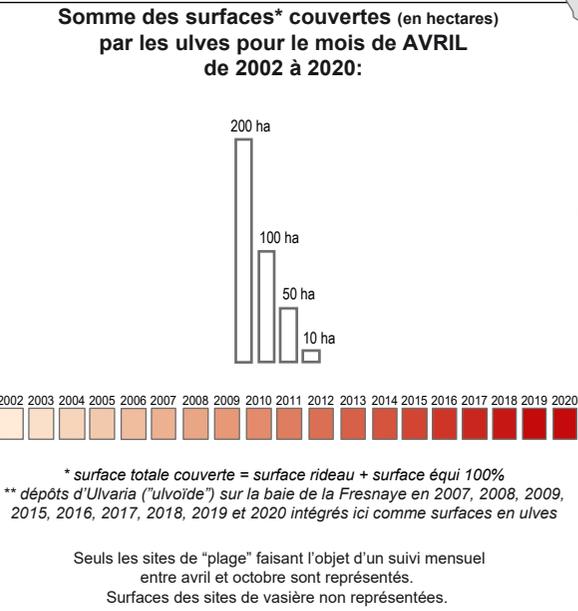
A noter : en avril, juin, août et octobre, seuls les sites principaux font l'objet d'évaluation surfacique (liste prédéfinie)



Limite de l'inventaire

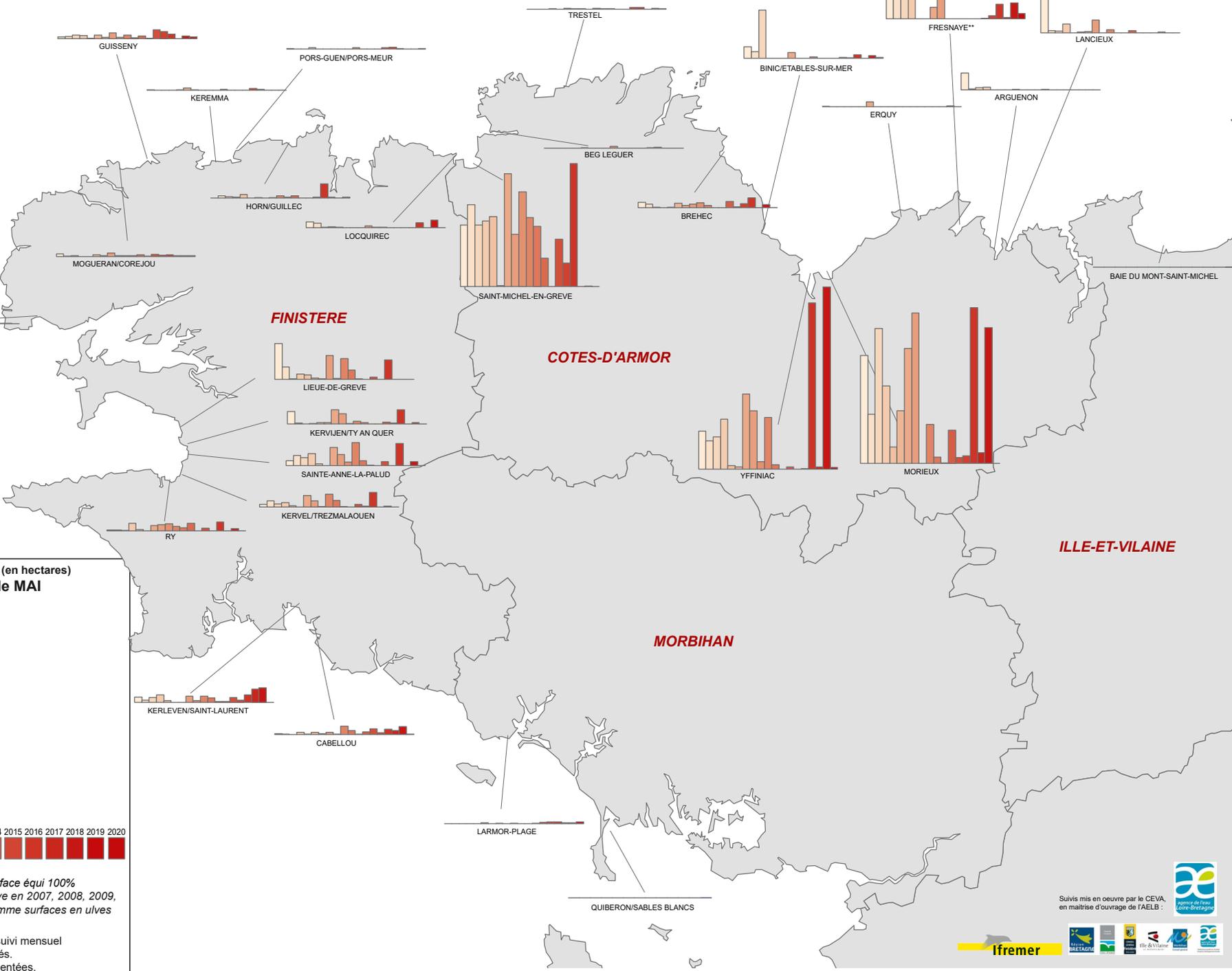
Variation des échouages d'ulves sur les principaux sites entre 2002 et 2020 (situation d'avril)

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, certaines années des proliférations d'algues brunes filamenteuses non comptabilisées.

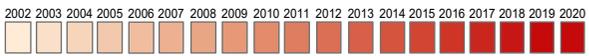
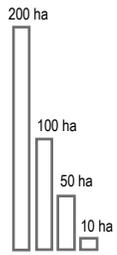


Variation des échouages d'ulves sur les principaux sites entre 2002 et 2020 (situation de mai)

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, certaines années des proliférations d'algues brunes filamenteuses non comptabilisées.



Somme des surfaces* couvertes (en hectares) par les ulves pour le mois de MAI de 2002 à 2020:

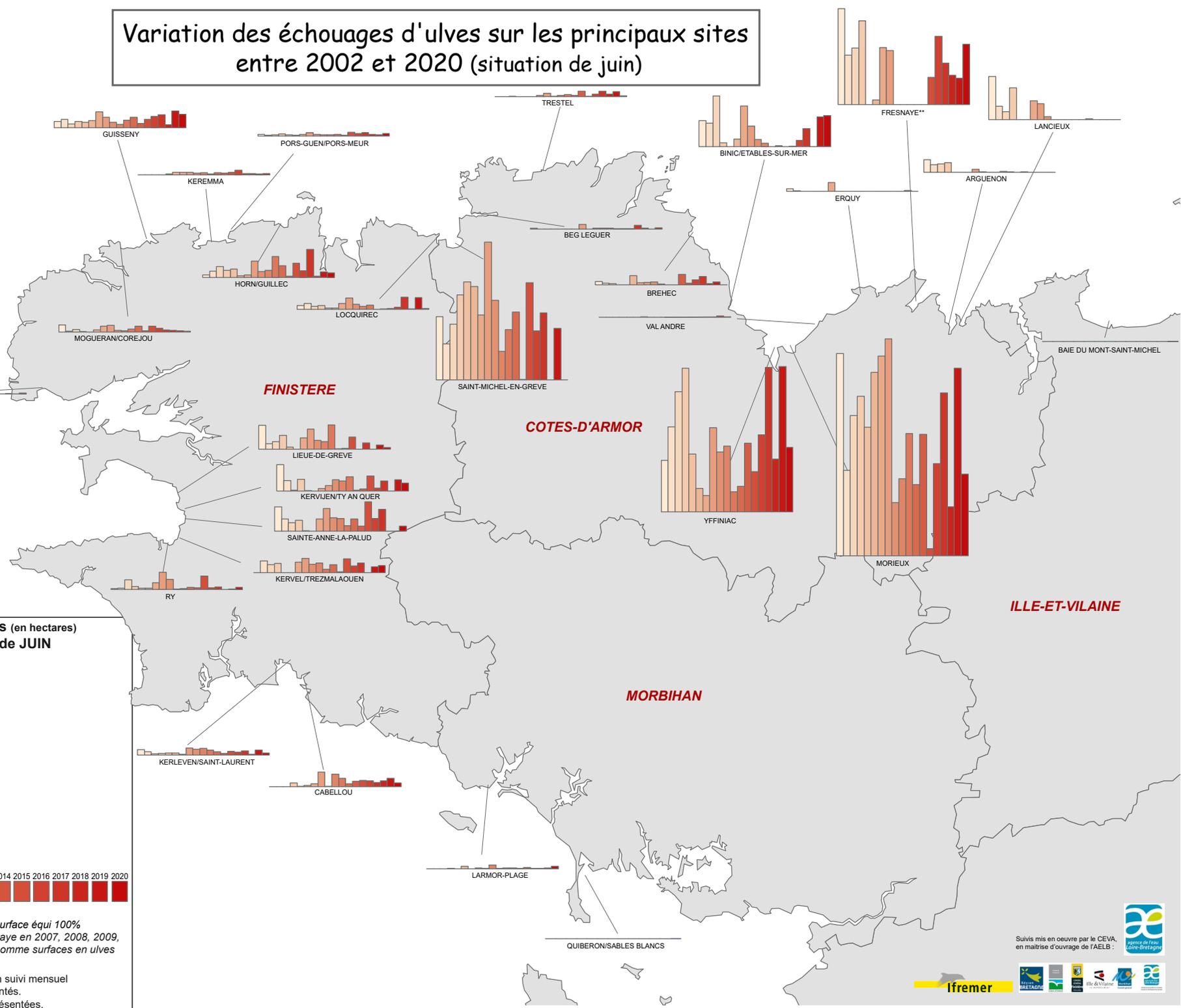


* surface totale couverte = surface rideau + surface équivalente à 100%
 ** dépôts d'Ulvaria ("ulvoïde") sur la baie de la Fresnaye en 2007, 2008, 2009, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 et 2020 intégrés ici comme surfaces en ulves

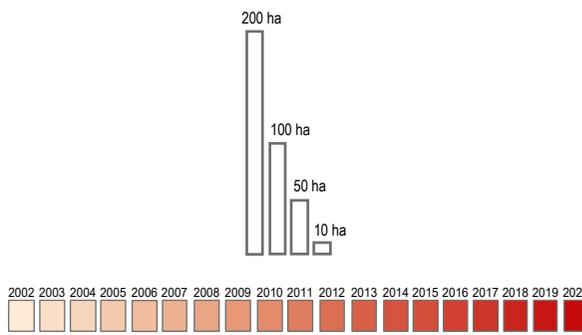
Seuls les sites de "plage" faisant l'objet d'un suivi mensuel entre avril et octobre sont représentés. Surfaces des sites de vase non représentées.

Variation des échouages d'ulves sur les principaux sites entre 2002 et 2020 (situation de juin)

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, certaines années des proliférations d'algues brunes filamenteuses non comptabilisées.



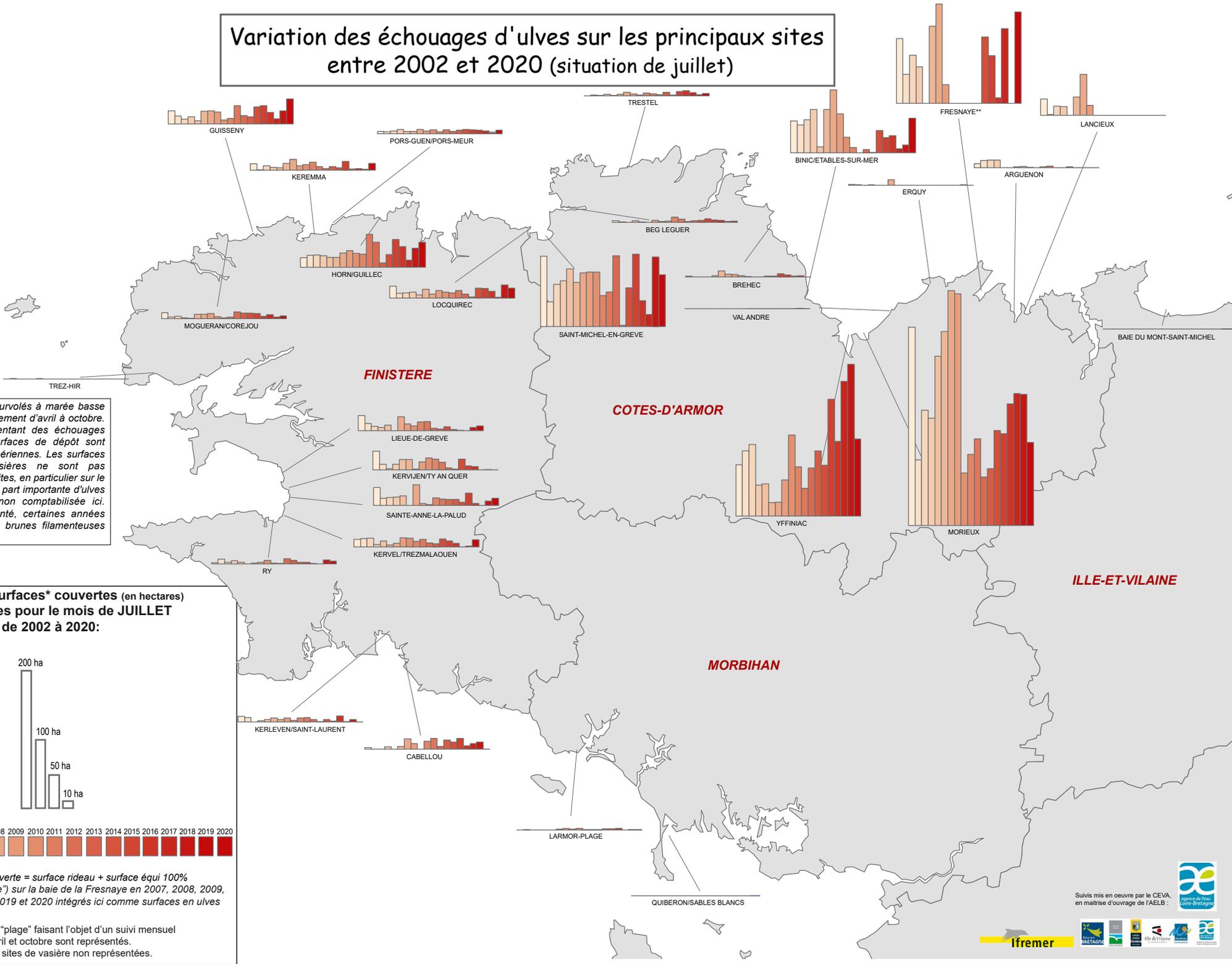
Somme des surfaces* couvertes (en hectares) par les ulves pour le mois de JUIN de 2002 à 2020:



* surface totale couverte = surface rideau + surface équi 100%
 ** dépôts d'Ulvaria ("ulvoïde") sur la baie de la Fresnaye en 2007, 2008, 2009, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 et 2020 intégrés ici comme surfaces en ulves

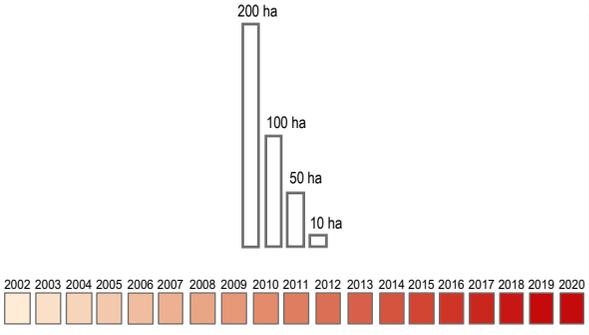
Seuls les sites de "plage" faisant l'objet d'un suivi mensuel entre avril et octobre sont représentés. Surfaces des sites de vase non représentées.

Variation des échouages d'ulves sur les principaux sites entre 2002 et 2020 (situation de juillet)



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, certaines années des proliférations d'algues brunes filamenteuses non comptabilisées.

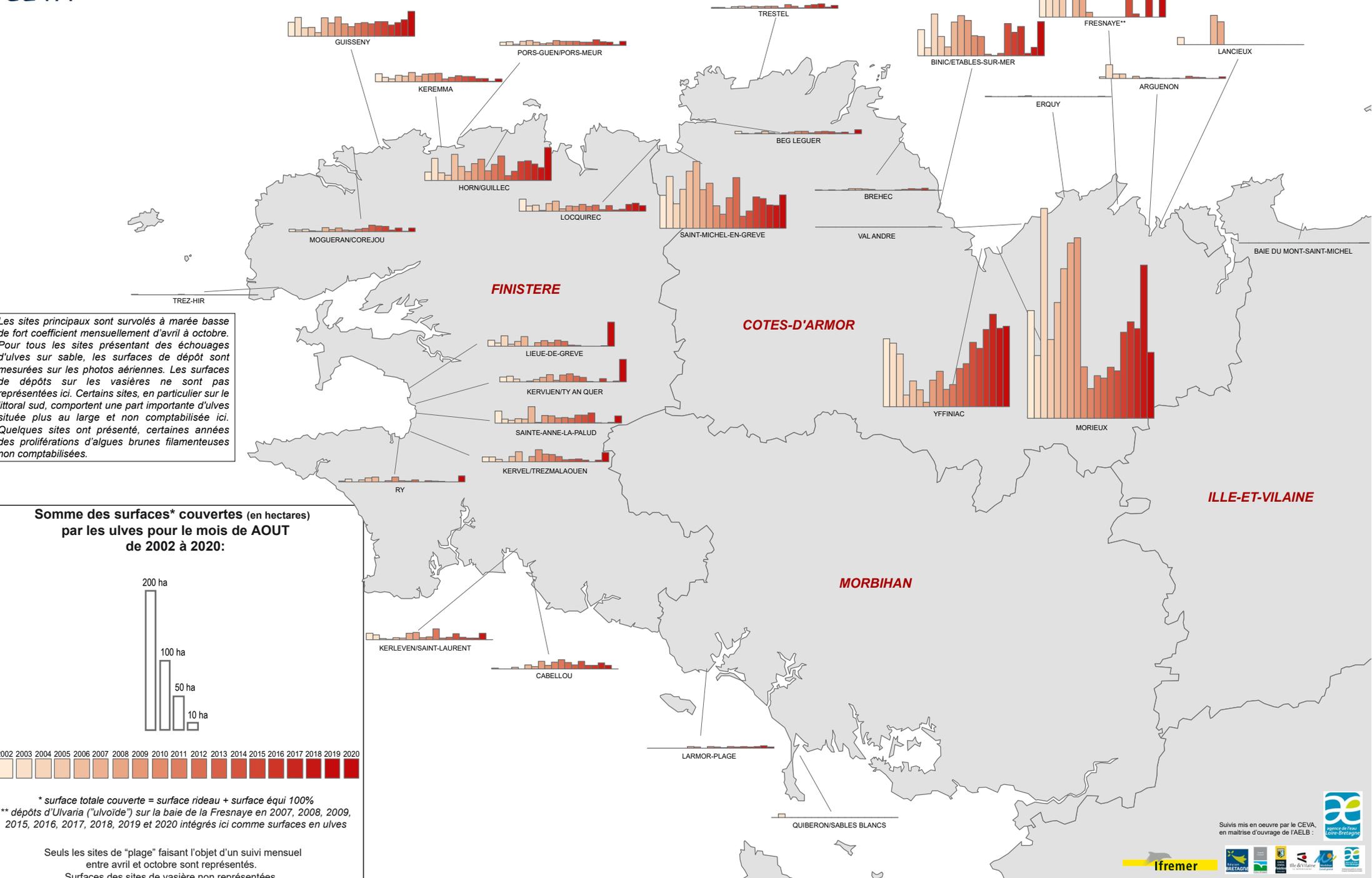
Somme des surfaces* couvertes (en hectares) par les ulves pour le mois de JUILLET de 2002 à 2020:



* surface totale couverte = surface rideau + surface équi 100%
 ** dépôts d'Ulvaria ("ulvoïde") sur la baie de la Fresnaye en 2007, 2008, 2009, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 et 2020 intégrés ici comme surfaces en ulves

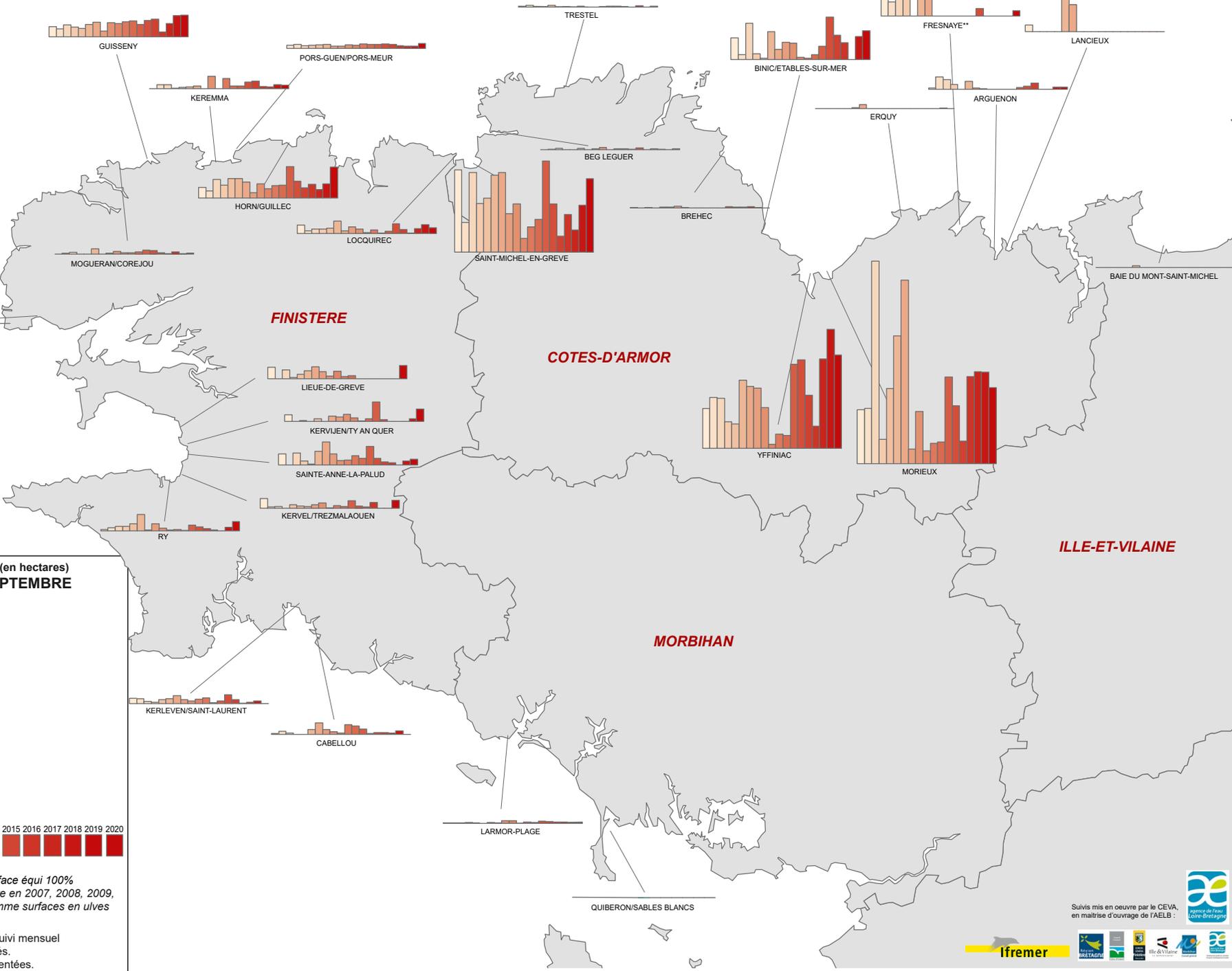
Seuls les sites de "plage" faisant l'objet d'un suivi mensuel entre avril et octobre sont représentés. Surfaces des sites de vasière non représentées.

Variation des échouages d'ulves sur les principaux sites entre 2002 et 2020 (situation d'août)

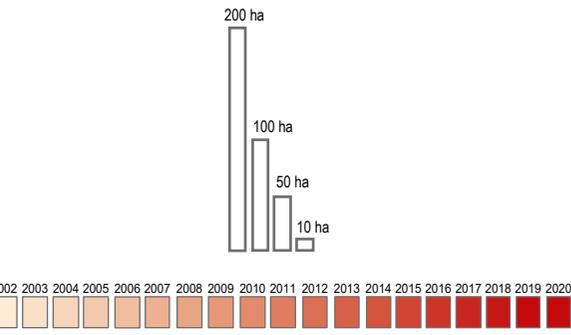


Variation des échouages d'ulves sur les principaux sites entre 2002 et 2020 (situation de septembre)

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, certaines années des proliférations d'algues brunes filamenteuses non comptabilisées.



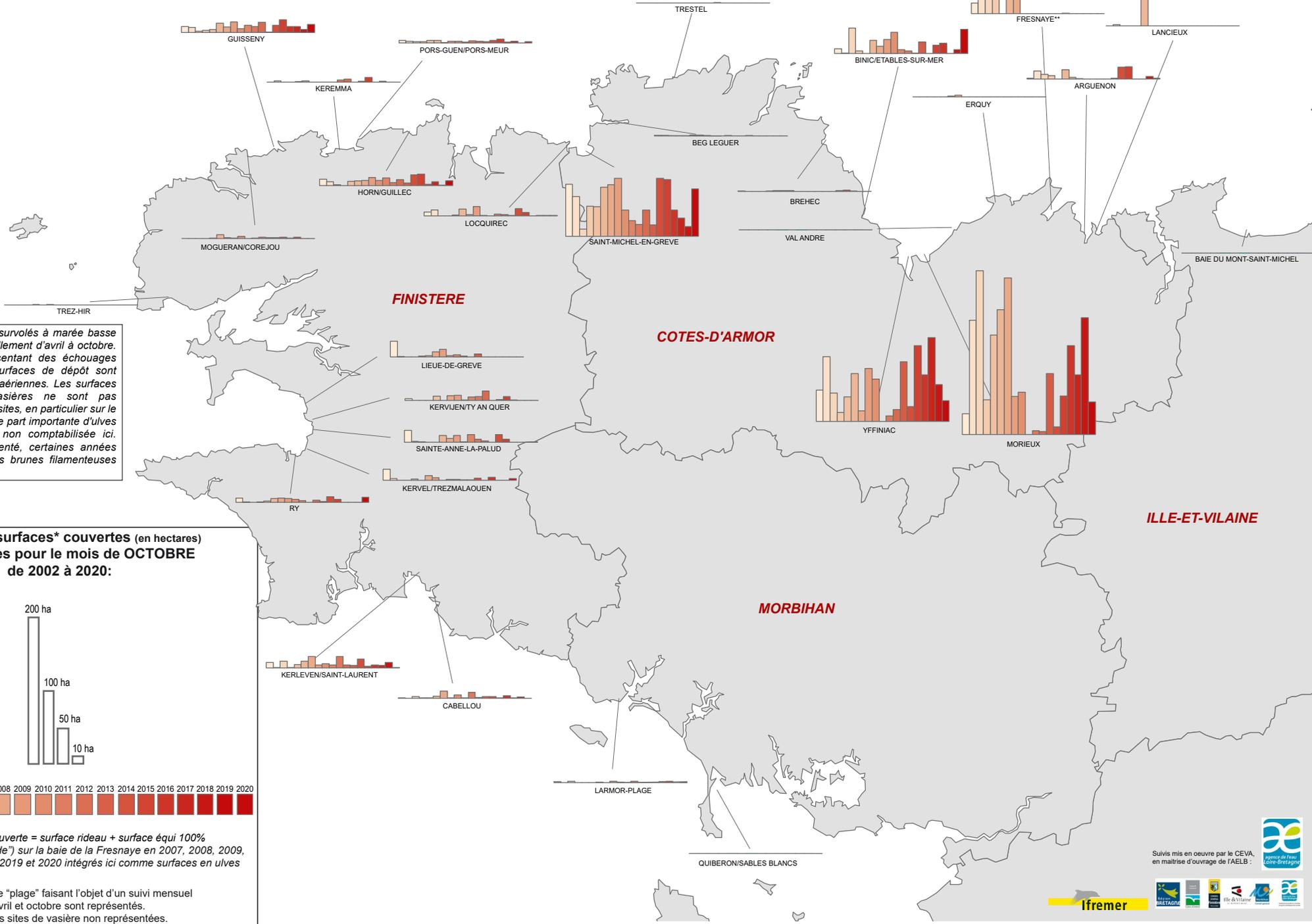
Somme des surfaces* couvertes (en hectares) par les ulves pour le mois de SEPTEMBRE de 2002 à 2020:



* surface totale couverte = surface rideau + surface équi 100%
 ** dépôts d'Ulvaria ("ulvoïde") sur la baie de la Fresnaye en 2007, 2008, 2009, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 et 2020 intégrés ici comme surfaces en ulves

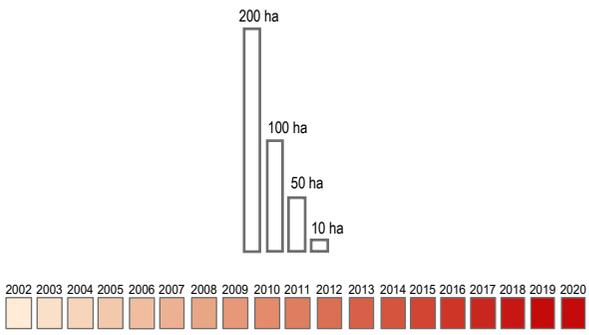
Seuls les sites de "plage" faisant l'objet d'un suivi mensuel entre avril et octobre sont représentés. Surfaces des sites de vase non représentées.

Variation des échouages d'ulves sur les principaux sites entre 2002 et 2020 (situation d'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, certaines années des proliférations d'algues brunes filamenteuses non comptabilisées.

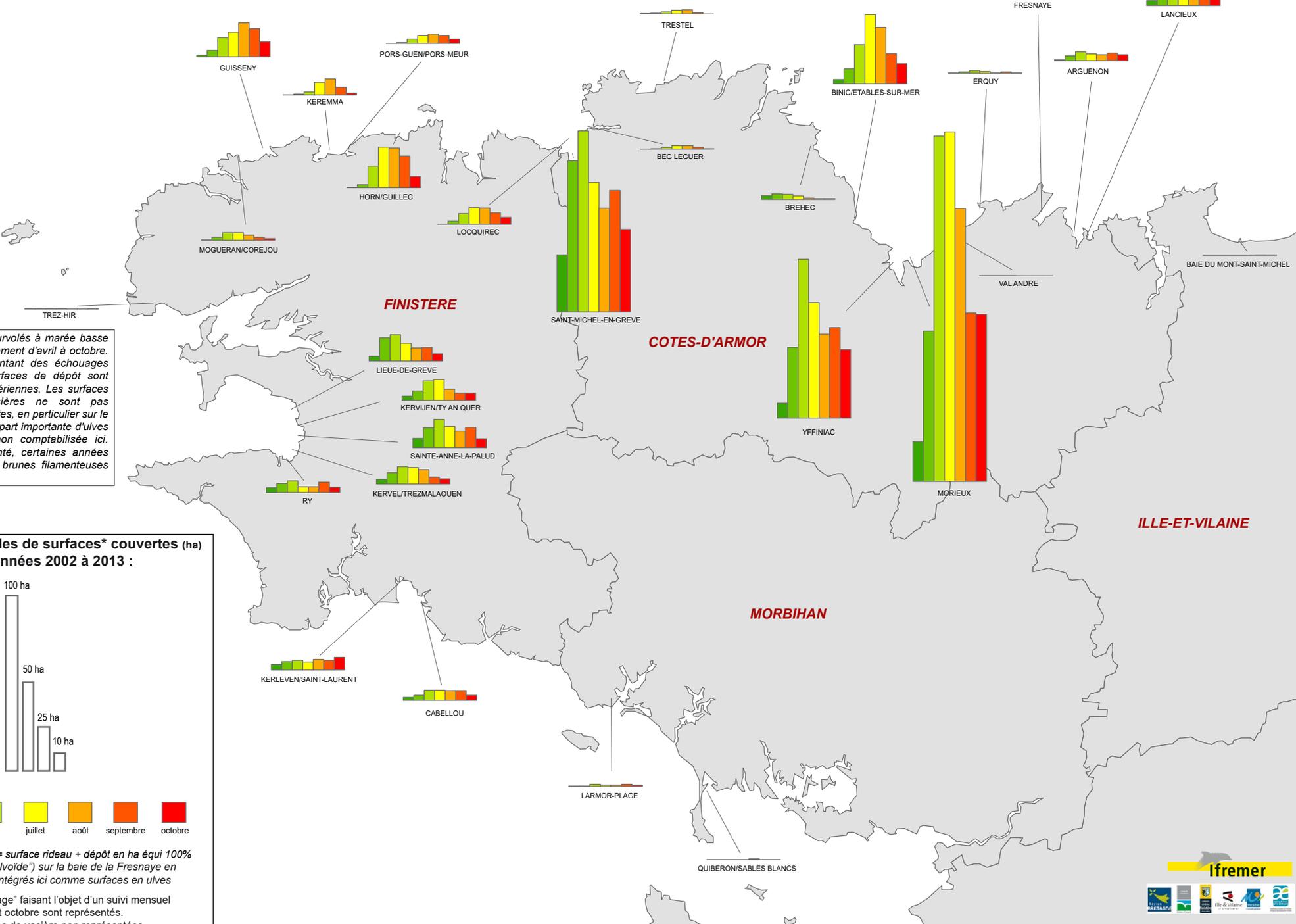
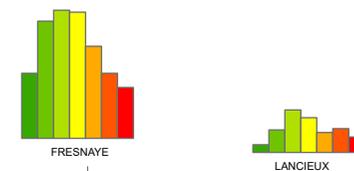
Somme des surfaces* couvertes (en hectares) par les ulves pour le mois de OCTOBRE de 2002 à 2020:



* surface totale couverte = surface rideau + surface équi 100%
 ** dépôts d'Ulvaria ("ulvoïde") sur la baie de la Fresnaye en 2007, 2008, 2009, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 et 2020 intégrés ici comme surfaces en ulves

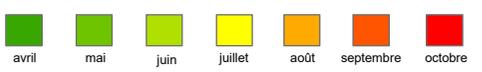
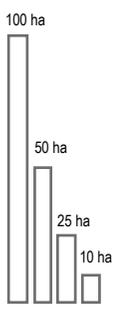
Seuls les sites de "plage" faisant l'objet d'un suivi mensuel entre avril et octobre sont représentés. Surfaces des sites de vase non représentées.

Evolutions mensuelles des échouages d'ulves sur les principaux sites d'avril à octobre (moyenne des mesures de 2002 à 2013)



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, certaines années des proliférations d'algues brunes filamenteuses non comptabilisées.

Moyennes mensuelles de surfaces* couvertes (ha) sur les années 2002 à 2013 :



* surface totale couverte = surface rideau + dépôt en ha équi 100%
 ** dépôts d'Ulvaria ("ulvoïde") sur la baie de la Fresnaye en 2007, 2008 et 2009 intégrés ici comme surfaces en ulves
 Seuls les sites de "plage" faisant l'objet d'un suivi mensuel entre avril et octobre sont représentés.
 Surfaces des sites de vase non représentées.



ANNEXE 6

FICHES DE SYNTHÈSE POUR LES PRINCIPAUX SITES POUR 2020

Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2020 sur le site BAIE DU MONT SAINT MICHEL

22/04/2020



21/05/2020



23/06/2020



21/07/2020



18/08/2020



17/09/2020 : 1% *Ulva* sp./99% diverses Ar dépigmentées et ectocarpales



16/10/2020



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2020 sur le site TROCTIN

22/04/2020 : 100% *Enteromorpha* sp. (+ *Vaucheria* sp.)



21/05/2020



23/06/2020



21/07/2020 : 100% *Enteromorpha* sp. (+ *Vaucheria* sp.)



18/08/2020



17/09/2020



16/10/2020



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2020 sur le site SAINT JOUAN DES GUERETS

22/04/2020 : 100% *Enteromorpha* sp.



21/05/2020 : 100% *Enteromorpha* sp.



23/06/2020 : 100% *Enteromorpha* sp.



21/07/2020 : 100% *Enteromorpha* sp.



18/08/2020 : 100% *Enteromorpha* sp.



17/09/2020 : 100% *Enteromorpha* sp.



16/10/2020 : 100% *Enteromorpha* sp.



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2020 sur le site LANCIEUX

22/04/2020 : 88% Ectocarpales



21/05/2020 : 80% Ectocarpales



23/06/2020 : 40-60% cladophora sp./40-60% Ectocarpales



21/07/2020 : 80% Ectocarpales/15% Cladophora sp./<2% Ulva sp.



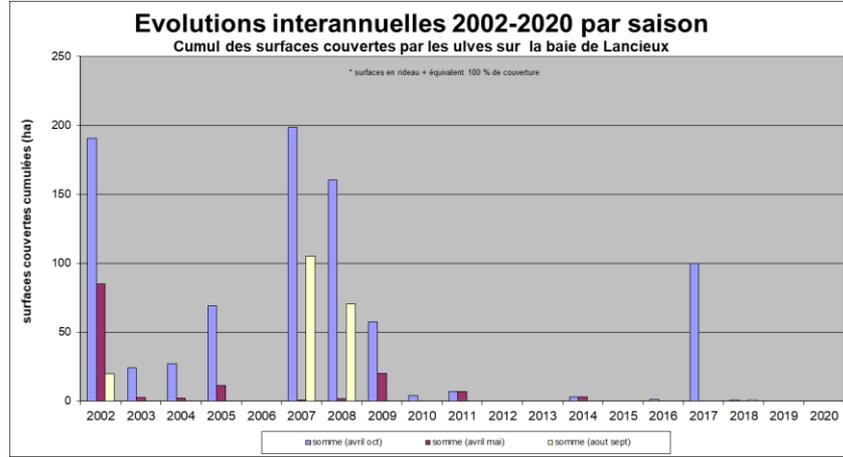
18/08/2020



17/09/2020 : 100% Ectocarpales sp.



16/10/2020 : 90% Ectocarpales sp./3% Ulva sp.



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2020 sur le site ARGUENON

22/04/2020 : 4% *Ulva sp.*/1% *Enteromorpha sp.*



21/05/2020 : 55-80% *Ectocarpales*/10-30% *Ulva sp.*/10% *Enteromorpha sp.*



23/06/2020 : 10% *Ectocarpales sp.*/5% *Uva sp.*/5% *Enteromorpha sp.*



21/07/2020 : 40% *Ectocarpales sp.*/ $>$ 40% *Enteromorpha sp.*/1% *Ulva sp.*



18/08/2020 : 50%-55% *Ulva sp.*/15-20% *Enteromorpha sp.*



17/09/2020 : 68% *Ulva sp.*/8% *Enteromorpha sp.*/5% *Ectocarpales sp.*

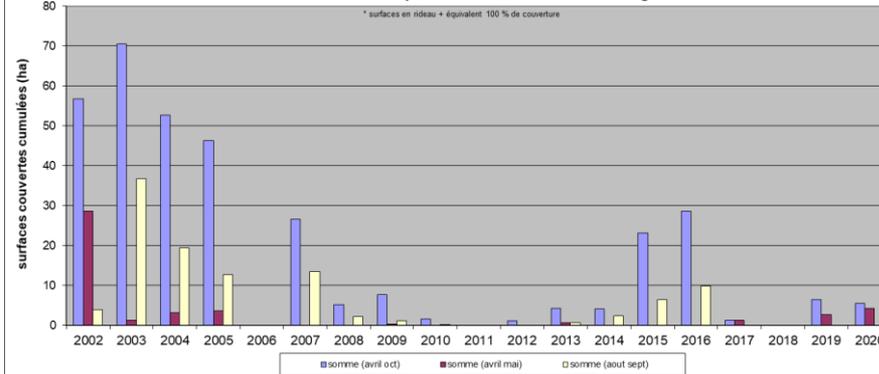


16/10/2020 : 20-75% *Ulva sp.*/0% *Enteromorpha sp.*/0-5% *Ectocarpales sp.*



Evolutions interannuelles 2002-2020 par saison

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



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2020 sur le site FRESNAYE

22/04/2020 : 30% *Ectocarpales sp.*/5% *Ulva sp.*



21/05/2020 : 20-95% *Ulvaria*/0-20% *Ulves*/5-30% *Ectocarpales*/5% *polysiphonia*



23/06/2020 : 15/95% *Ulvaria obscura* (5% *Ulva sp.*)/4/80% *Polysiphonia sp.*



21/07/2020 : 20-75% *Ulvaria obscura*/20-75% *Ectocarpales*



18/08/2020 : 45-60% *Ulvaria*/20-50% *Ectocarpales*



17/09/2020 : 30-70% *Ulvaria sp.*/20-70% *Ectocarpales sp.*

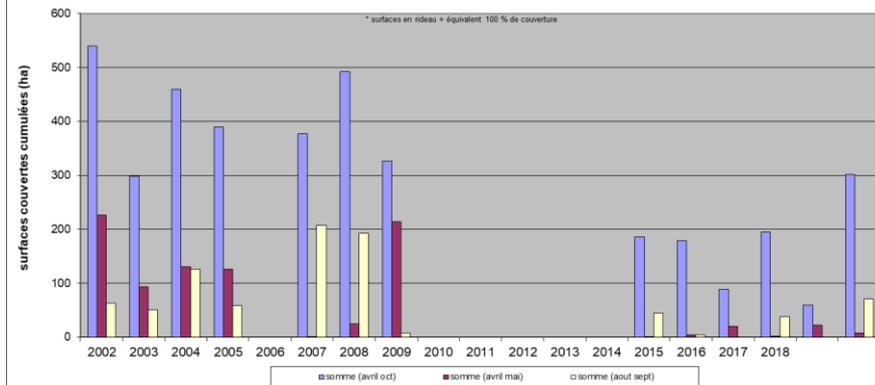


16/10/2020 : 10-15% *Ulvaria sp.*/80% *Ectocarpales sp.*



Evolutions interannuelles 2002-2020 par saison

Cumul des surfaces couvertes par les ulves sur la baie de La Fresnaye



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2020 sur le site ERQUY

22/04/2020



21/05/2020



23/06/2020



21/07/2020



18/08/2020



17/09/2020

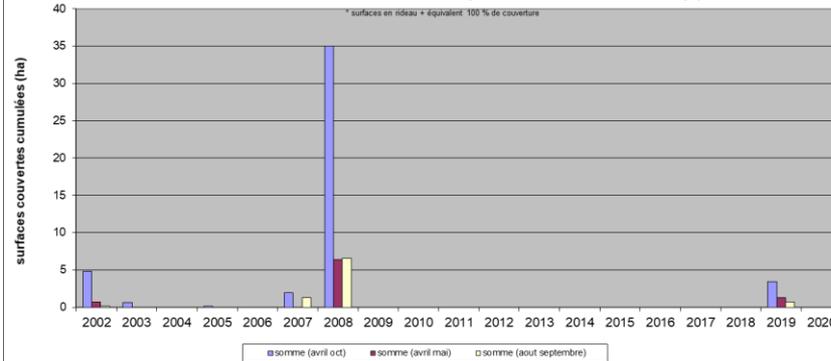


16/10/2020



Evolutions interannuelles 2002-2020 par saison

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



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2020 sur le site VAL ANDRE

22/04/2020



21/05/2020



23/06/2020



21/07/2020



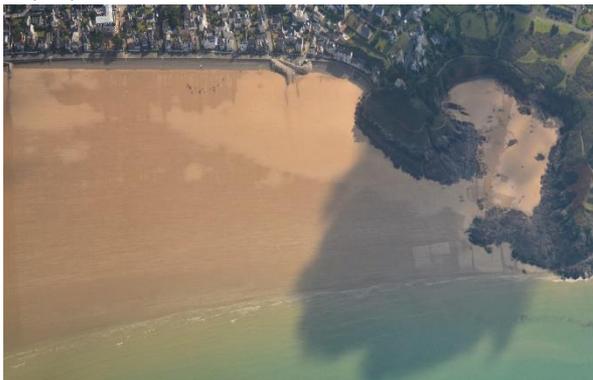
18/08/2020



17/09/2020



16/10/2020



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2020 sur le site MORIEUX

22/04/2020 : 60% *Ulva sp.*/ 30% *Ectocarpales sp.*



21/05/2020 : 40-85% *Ulva sp.*/5% *Enteromorpha sp.*/5-10% *Ectocarpales*



23/06/2020 : 10-90% *Ulva sp.*/0-6% *Enteromorpha sp.*/5-85% *Ectocarpales* /5% *Polysiphonia sp.*



21/07/2020 : 80-100% *Ulva sp.*/0-20% *Ectocarpales*



18/08/2020 : 85% *Ulva sp.*



17/09/2020 : 98% *Ulva sp.*/1% *Ectocarpales*

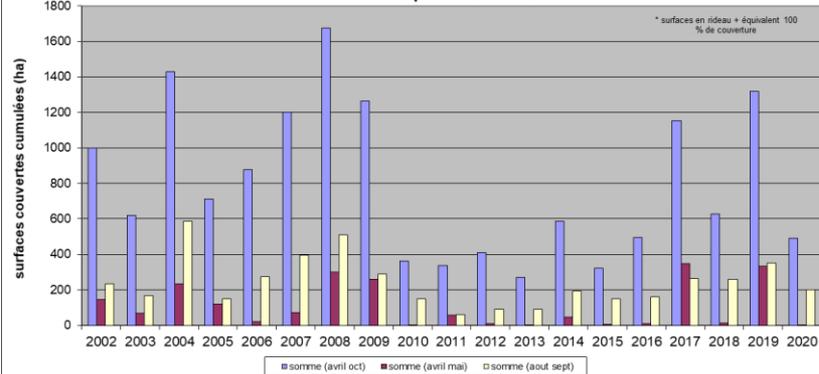


16/10/2020 : 100% *Ulva sp.*



Evolutions interannuelles 2002-2020 par saison

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



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2020 sur le site YFFINIAC

22/04/2020 : 60% *Ulva sp.*/ 30% *Ectocarpales sp.*



21/05/2020 : 20-80% *Ulva armoricana*/5-70% *Enteromorpha sp.*/2-5% *Ectocarpales*



23/06/2020 : 65% *Ulva sp.*/35% *Enteromorpha sp.*



21/07/2020 : 80-98% *Ulva sp.*/2-20% *Ectocarpales*



18/08/2020 : 98% *Ulva sp.*



17/09/2020 : 99% *Ulva sp.*/1% *ectocarpales*

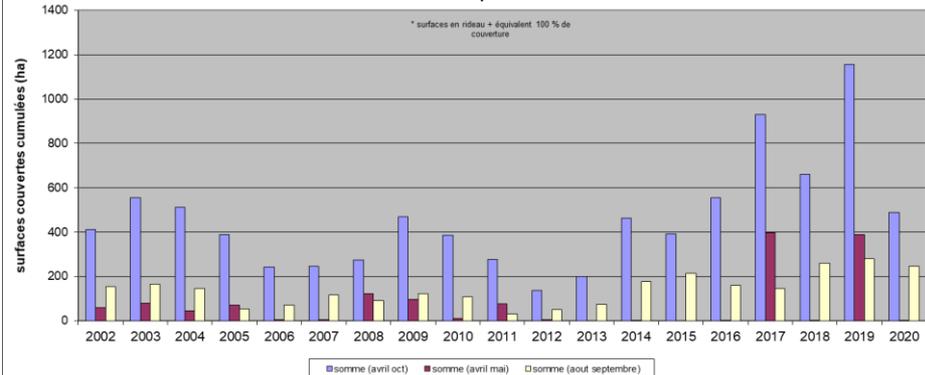


16/10/2020 : 100% *Ulva sp.*



Evolutions interannuelles 2002-2020 par saison

Cumul des surfaces couvertes par les ulves sur la baie d'Yffiniac



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2020 sur le site BINIC

22/04/2020 : 4% *Ulva sp.*/1% *Enteromorpha sp.*



21/05/2020 : 20-85% *Ulva sp.*/10-50% *Enteromorpha sp.*



23/06/2020 : 95% *Ulva sp.*



21/07/2020 : 80-95% *Ulva sp.*/2-2,5% *Ectocarpales*/15% *Enteromorpha sp.*



18/08/2020 : 100% *Ulva sp.*



17/09/2020 : 95% *Ulva sp.*

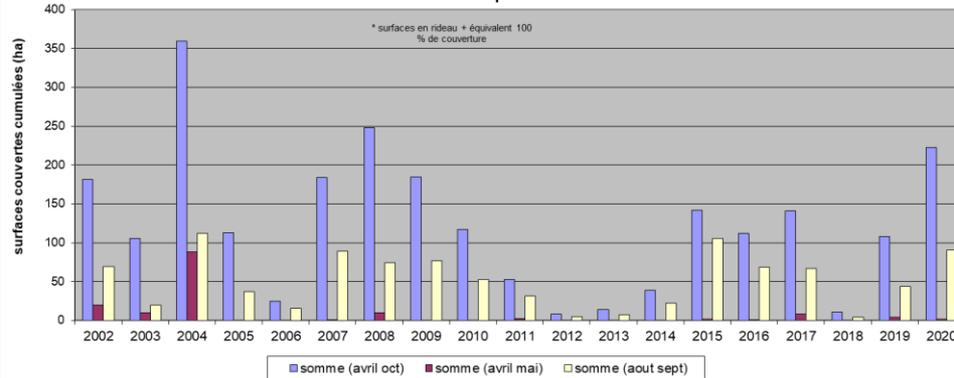


16/10/2020 : 70-80% *Ulva sp.*



Evolutions interannuelles 2002-2020 par saison

Cumul des surfaces couvertes par les ulves sur Binic/Etables



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2020 sur le site BREHEC

22/04/2020 : 4% *Ulva sp.*/1% *Enteromorpha sp.*



21/05/2020



23/06/2020



21/07/2020 : 95% *Ar (Soleria sp./Brongiartella byssoides/Gracilaria bursa-pastoris)* 18/08/2020



17/09/2020

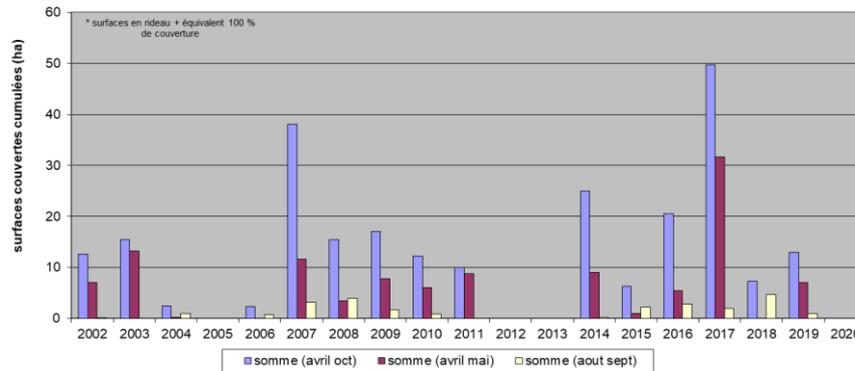


16/10/2020



Evolutions interannuelles 2002-2020 par saison

Cumul des surfaces* couvertes par les ulves sur Bréhec



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2020 sur le site LEDANO

22/04/2020 : 100% *Enteromorpha* sp.



21/05/2020



23/06/2020



21/07/2020 : 50% *Ulva* sp./50% *Enteromorpha* sp.



18/08/2020



17/09/2020 : 60% *Ulva* sp./40% *Enteromorpha* sp.



16/10/2020



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2020 sur le site TRESTEL

22/04/2020 : 60% *Ulva sp.*



21/05/2020 : 35-50% *Ulva sp.*, 5% *Enteromorpha sp.*



23/06/2020 : 40-70% *Enteromorpha sp.*, <5-40% *Ulva sp.*



21/07/2020 : 95% *Ulva sp.*



18/08/2020 : 100% *Ulva sp.*



17/09/2020 : 10-90% *Ulva sp.*

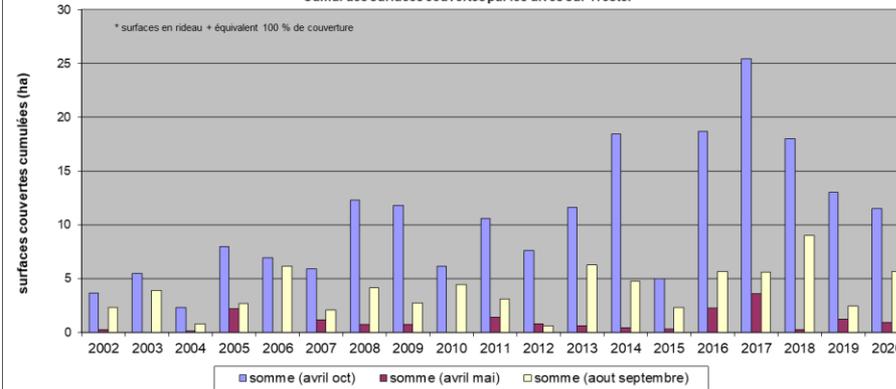


16/10/2020 : 100% Algues brunes



Evolutions interannuelles 2002-2020 par saison

Cumul des surfaces couvertes par les ulves sur Trestel



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2020 sur le site BEG LEGUER

22/04/2020



21/05/2020



23/06/2020 : 60% *Ulva sp.*/3% *Enteromorpha sp.*



21/07/2020 : 25-65% *Ulva sp.*/15-55% *Enteromorpha sp.*



18/08/2020 : 100% *Ulva sp.* (résidus d'échouages observés)



17/09/2020 : 50% *Ulva sp.*

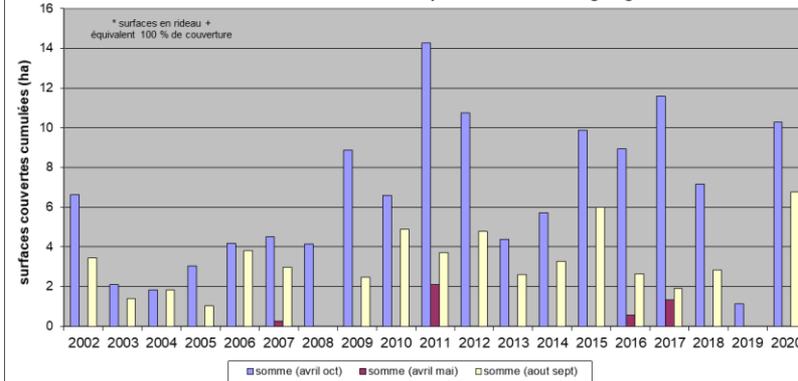


16/10/2020



Evolutions interannuelles 2002-2020 par saison

Cumul des surfaces couvertes par les ulves sur Beg Lèguer



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2020 sur le site SAINT MICHEL EN GREVE

22/04/2020 : rares fragments d'*Enteromorpha* sp.



21/05/2020



23/06/2020 : 3-20% *Ulva* sp./60-65% *Enteromorpha* sp.



21/07/2020 : 95% *Ulva* sp.



18/08/2020 : 100% *Ulva* sp.



17/09/2020 : 100% *Ulva* sp.

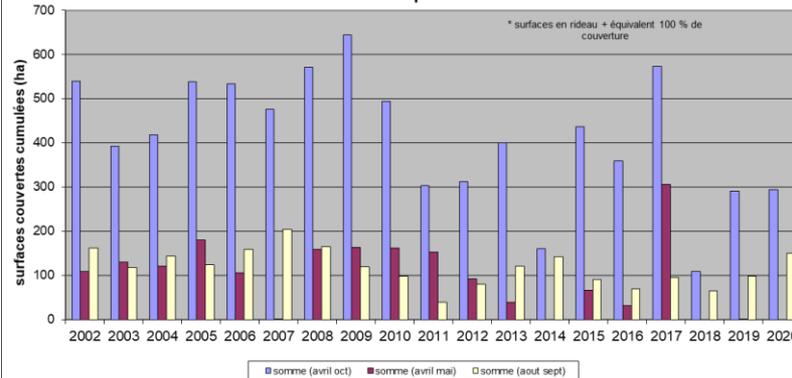


16/10/2020 : 95% *Ulva* sp.



Evolutions interannuelles 2002-2020 par saison

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



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2020 sur le site LOCQUIREC

22/04/2020 : 90% *Ulva* sp.



21/05/2020 : 60-90% *Enteromorpha* sp.



23/06/2020 : 70-100% *Ulva* sp./0-13% *Enteromorpha* sp.



21/07/2020 : 95% *ulva* sp.



18/08/2020 : 70-98% *Ulva* sp./0-30% *Enteromorpha* sp.



17/09/2020 : 100% *Ulva* sp.

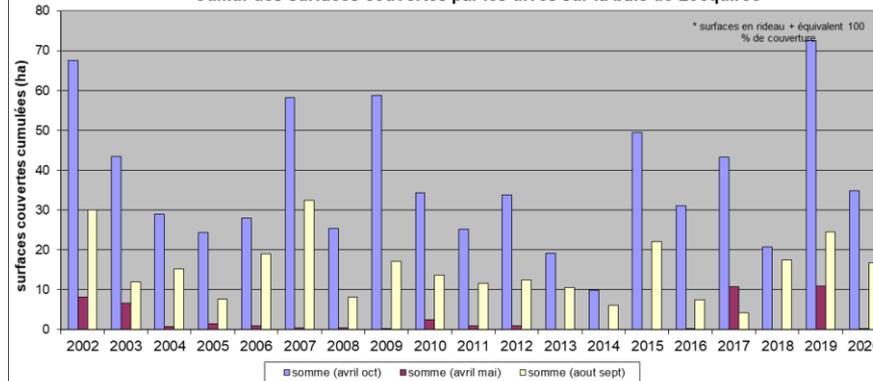


16/10/2020 : 30% *Ulva* sp.



Evolutions interannuelles 2002-2020 par saison

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



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2020 sur le site HORN GUILLEC

22/04/2020 : 1% *Ulva sp.*



21/05/2020 : 30% *Ulva sp.*/20-40% *Enteromorpha sp.*



23/06/2020



21/07/2020 : 100% *Ulva sp.*



18/08/2020 : 100% *Ulva sp.*



17/09/2020 : 100% *Ulva sp.*

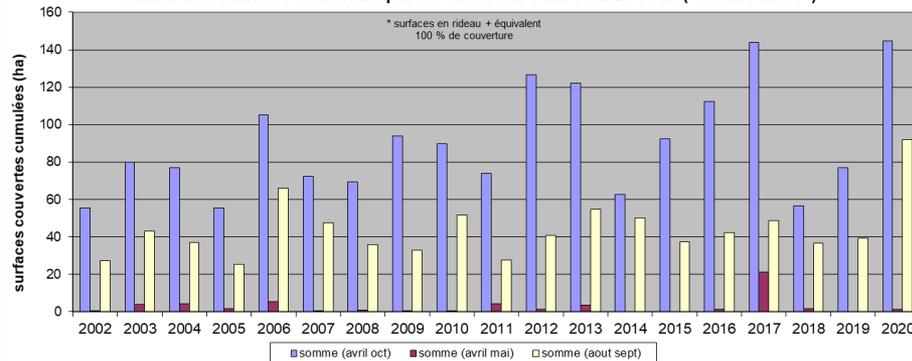


16/10/2020 : 60% *Ulva sp.*/10% *Enteromorpha sp.*



Evolutions interannuelles 2002-2020 par saison

Cumul des surfaces couvertes par les ulves sur l'anse du Dossen ("Horn/Guillec")



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2020 sur le site PORS GUEN

22/04/2020 : 15-50% *Ulva sp.*



21/05/2020 : 0-25% *Ulva sp.*/10-20% *Enteromorpha sp.*



23/06/2020 : 85% *Ulva sp.*



21/07/2020 : 95% *Ulva sp.*



18/08/2020 : 95% *Ulva sp.*



17/09/2020 : 90% *Ulva sp.*

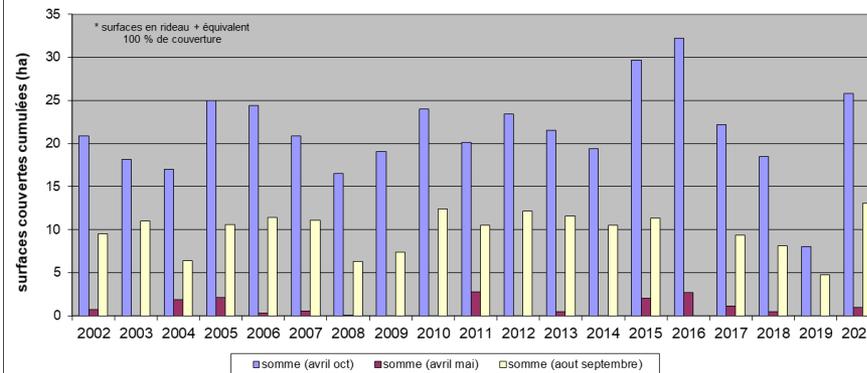


16/10/2020 : 15-40% *Ulva sp.*



Evolutions interannuelles 2002-2020 par saison

Cumul des surfaces couvertes par les ulves sur Pors Guen



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2020 sur le site KEREMMA

22/04/2020 : 10% *Ulva sp.*



21/05/2020 : 5% *Ulva sp.*



23/06/2020 : 40-65% *Ulva sp.* / 0-20% *Enteromorpha sp.*



21/07/2020 : 65% *Ulva sp.*



18/08/2020 : 90% *Ulva sp.*



17/09/2020 : 80% *Ulva sp.*

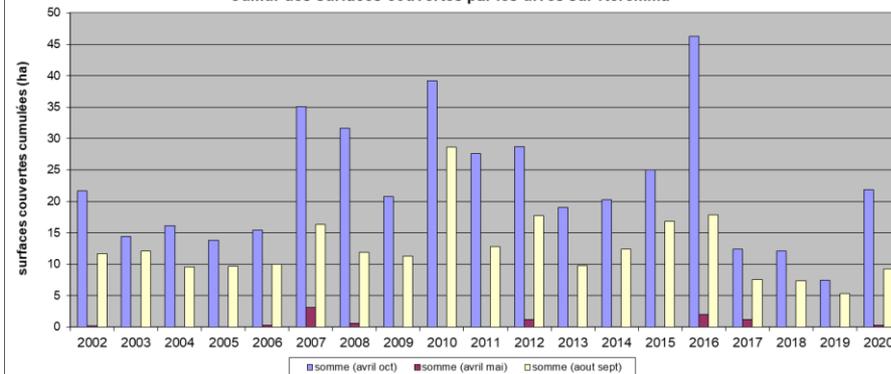


16/10/2020 : 20% *Ulva sp.* / 5% *Enteromorpha sp.*



Evolutions interannuelles 2002-2020 par saison

Cumul des surfaces couvertes par les ulves sur Keremma



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2020 sur le site GUISSENY

22/04/2020 : 0% *Ulva sp.*



21/05/2020 : 60-70% *Ulva sp.*



23/06/2020 : 85-90% *Ulva sp.*



21/07/2020 : 100% *Ulva sp.*



18/08/2020 : 98% *Ulva sp.*



17/09/2020 : 95% *Ulva sp.*

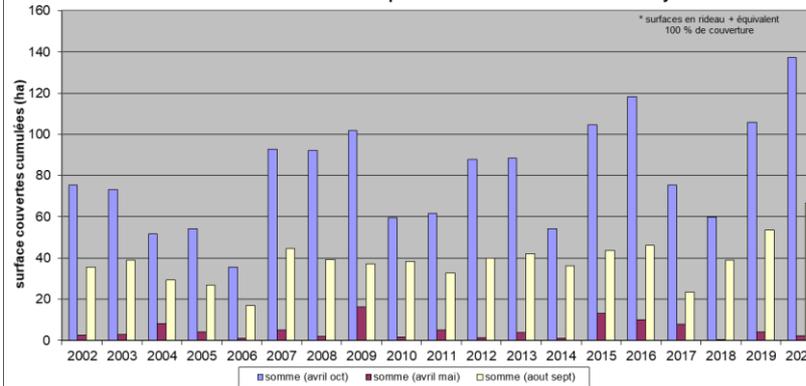


16/10/2020 : 10-55% *Ulva sp.*



Evolutions interannuelles 2002-2020 par saison

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



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2020 sur le site MOGUERAN COREJOU

22/04/2020 : 20% *Ulva sp.*/6% *Enteromorpha sp.*



21/05/2020 : 25% *Ulva sp.*



23/06/2020 : 35-70% *Ulva sp.*/0-10% *Enteromorpha sp.*



21/07/2020 : 85-90% *Ulva sp.*



18/08/2020 : 8-95% *Ulva sp.*/12% *Enteromorpha sp.*



17/09/2020 : 60% *Ulva sp.*

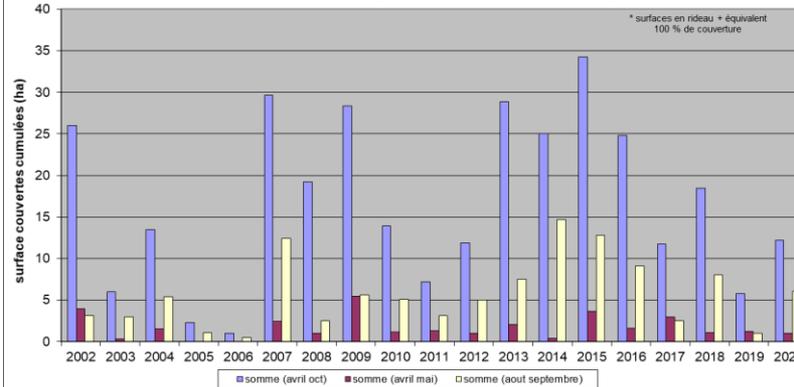


16/10/2020 : 10% *Ulva sp.*



Evolutions interannuelles 2002-2020 par saison

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



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2020 sur le site PORTSALL

22/04/2020 : 10% *Ulva sp.*/90% *Enteromorpha sp.*



21/05/2020



23/06/2020



21/07/2020 : 70-80% *Ulva sp.*/10-20% *Enteromorpha sp.*



18/08/2020 : 65% *Ulva sp.*/35% *Enteromorpha sp.*



17/09/2020 : 100% *Ulva sp.*



16/10/2020



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2020 sur le site TREZ HIR

22/04/2020 : 50% *Ulva sp.*



21/05/2020 : 0-15% *Ulva sp.* / 35-60% *Enteromorpha sp.*



23/06/2020 : 35-75% *Ulva sp.* / 10-35% *Enteromorpha sp.*



21/07/2020 : 25-75% *Ulva sp.* / 10-55% *Enteromorpha sp.*



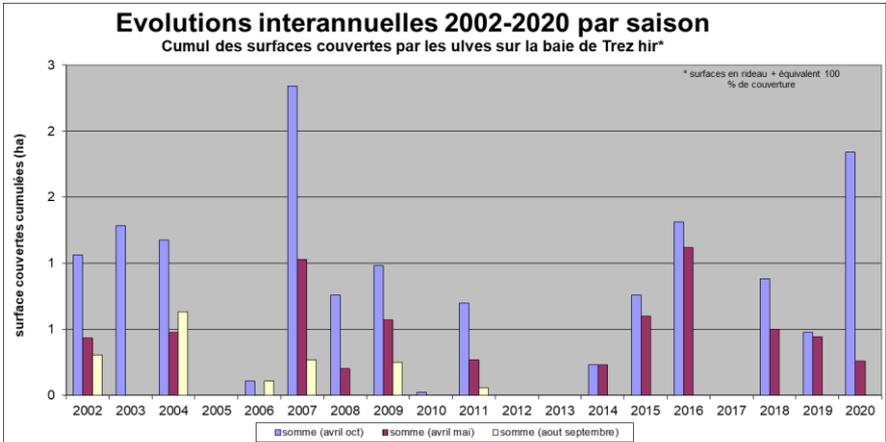
18/08/2020



17/09/2020 : 50% *Enteromorpha sp.*



16/10/2020 : 1% *Ulva sp.* / 15% *Enteromorpha sp.*



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2020 sur le site MOULIN BLANC

22/04/2020 : 90% *Ulva sp.*/10% *Enteromorpha sp.*



21/05/2020 : 20-90% *Ulva sp.*/40-55% *Enteromorpha sp.*



23/06/2020 : 45% *Ulva sp.*. 55%/*Enteromorpha sp.*



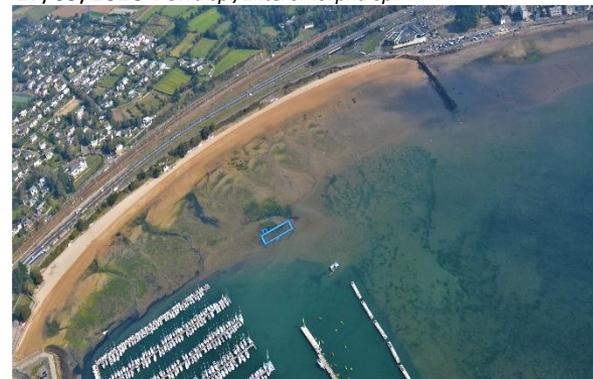
21/07/2020 : 10% *Ulva sp.*/85% *Enteromorpha sp.*



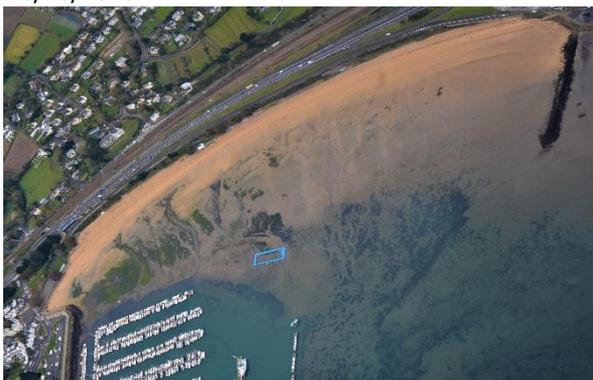
18/08/2020 : 100% *Enteromorpha sp.*



17/09/2020 : *Ulva sp.*/*Enteromorpha sp.*



16/10/2020



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2020 sur le site LIEUE DE GREVE

22/04/2020



25/05/2020 : 100% *Enteromorpha* sp.



23/06/2020 : -



20/07/2020 : 40-85% *Ulva* sp.



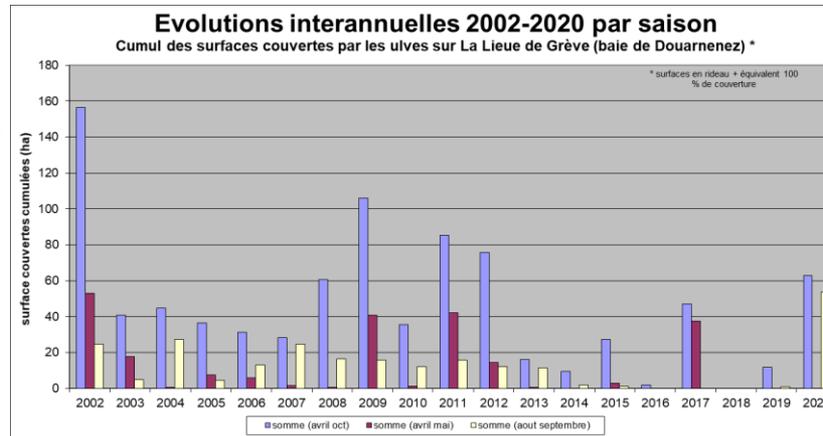
18/08/2020 : -



16/09/2020 : 50-80% *Ulva* sp.



16/10/2020



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2020 sur le site KERVIJEN - TY AN QUER

22/04/2020



25/05/2020



23/06/2020 : 90-95% *Ulva sp.*



20/07/2020 : 15% *Ulva sp.*/15% *Enteromorpha sp.* (peu représentatif)



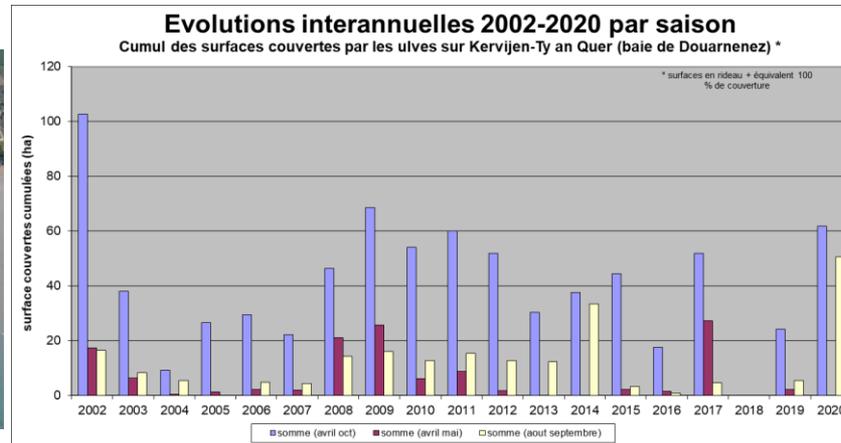
18/08/2020 : 60% *Ulva sp.*/40% *Enteromorpha sp.*



16/09/2020 : 40% *Ulva sp.*/60% *Enteromorpha sp.*



16/10/2020



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2020 sur le site SAINTE ANNE LA PALUD

22/04/2020



25/05/2020 : 100% *Ectocarpus* sp.



23/06/2020 : -



20/07/2020 : 95% *Ulva* sp.



18/08/2020 : traces d'*Enteromorpha* sp.



16/09/2020 : 85% *Ulva* sp./10% *Enteromorpha* sp.

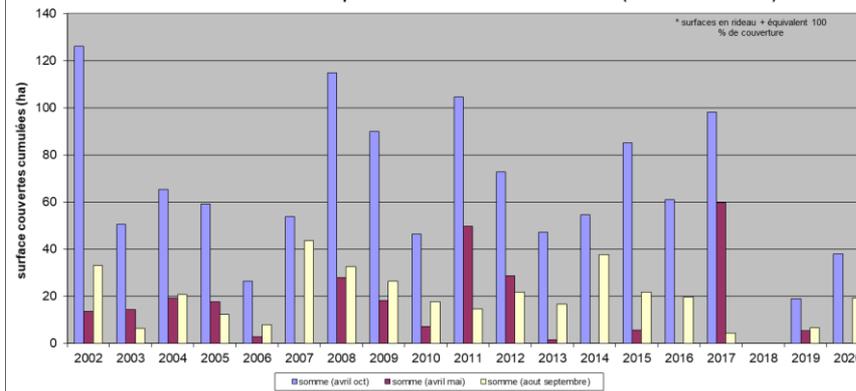


16/10/2020 : 15-30% *Ulva* sp.



Evolutions interannuelles 2002-2020 par saison

Cumul des surfaces couvertes par les ulves sur Sainte Anne la Palud (baie de Douarnenez) *



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2020 sur le site KERVEL-TREZMALAOUEN

22/04/2020



25/05/2020 : 10% *Enteromorpha sp.*/90% *Pylaiella littoralis*



23/06/2020 : 90-95% *Ulva sp.*



20/07/2020 : 95% *Ulva sp.*



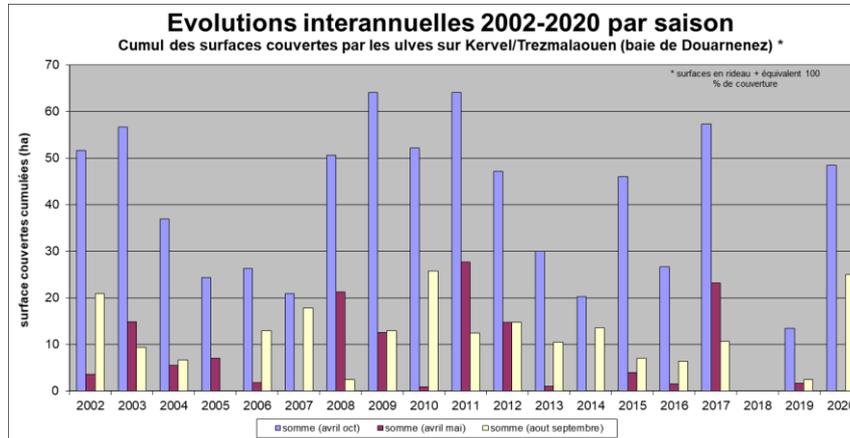
18/08/2020 : -



16/09/2020 : 25% *Ulva sp.*/75% *Enteromorpha sp.*



16/10/2020 : 40% *Ulva sp.*



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2020 sur le site RY

22/04/2020 : 0% *Ulva sp.* / 40% *Enteromorpha sp.*



25/05/2020 : 85-100% *Enteromorpha sp.* / 1-15% *Ectocarpus sp.*



23/06/2020 : 85-90% *Ulva sp.*



20/07/2020 : 25% *Ulva sp. Lames* / 65% *Ulva sp. filamenteuses*



18/08/2020 : -



16/09/2020 : 45% *Ulva sp.* / 55% *Enteromorpha sp.*

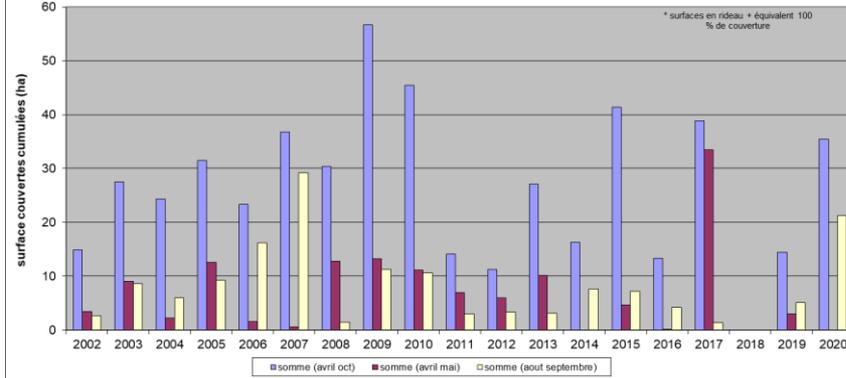


16/10/2020 : 60% *Ulva sp.* / 25% *Enteromorpha sp.*



Evolutions interannuelles 2002-2020 par saison

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



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2020 sur le site CAP COZ

22/04/2020 : 0% *Ulva sp.*



25/05/2020 : 50% *Ulva sp.*



23/06/2020 : 10% *Ulva sp.*/65% *Enteromorpha sp.*



20/07/2020 : 100% *Ulva sp. filamenteuses*



18/08/2020



16/09/2020 : 4% *Ulva sp.*/16% *Enteromorpha sp.*

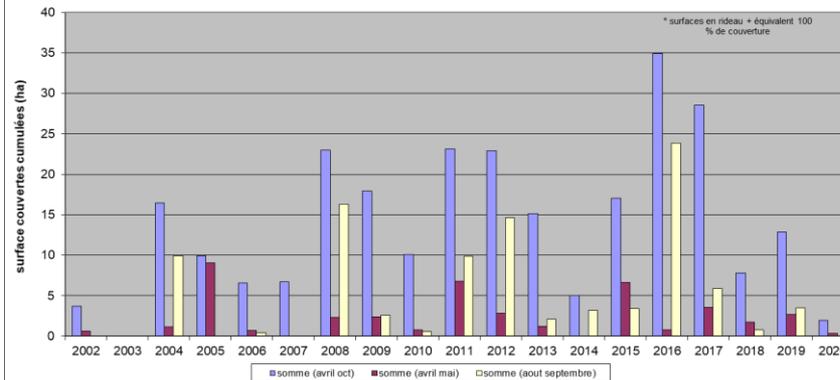


16/10/2020 : 10-40% *Ulva sp.* / 80% *Ar (Soleria sp.)*



Evolutions interannuelles 2002-2020 par saison

Cumul des surfaces couvertes par les ulves sur Cap Coz*



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2020 sur le site KERLEVEN SAINT LAURENT

22/04/2020 : 0% *Ulva* sp.



25/05/2020 : 30-60% *Ulva* sp./3-45% *Enteromorpha* sp.



23/06/2020 : 35% *Ulva* sp./ 55% *Enteromorpha* sp.



20/07/2020 : 8% *Ulva* sp./72% *Enteromorpha* sp.



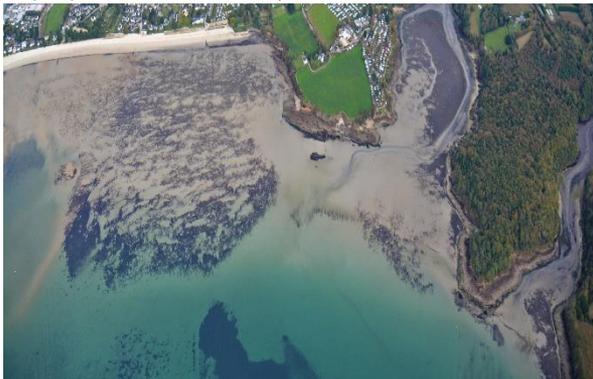
18/08/2020 : 15% *Ulva* sp./55% *Enteromorpha* sp.



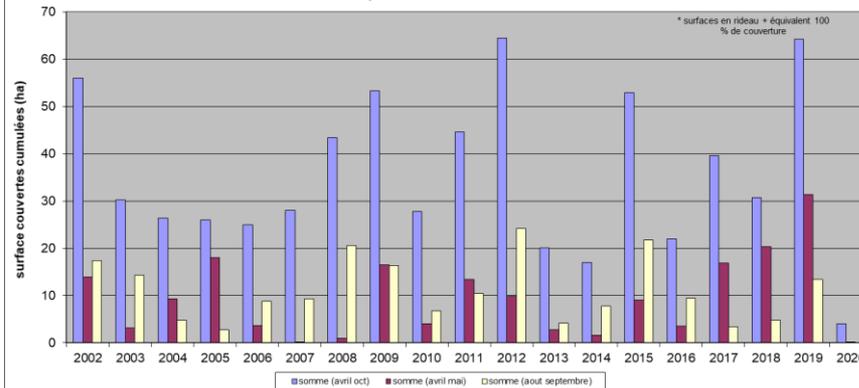
16/09/2020 : 10% *Ulva* sp.



16/10/2020 : 30-40% *Ulva* sp.



Evolutions interannuelles 2002-2020 par saison Cumul des surfaces couvertes par les ulves sur Kerleven/Saint Laurent*



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2020 sur le site CABELLOU

22/04/2020 : 1% *Ulva sp.*/99% *Enteromorpha sp.*



25/05/2020 : 20-30% *Ulva sp.* 50-70% *Enteromorpha sp.*



23/06/2020 : 35% *Ulva sp.*/ 55% *Enteromorpha sp.*



20/07/2020 : 0-5% *Ulva sp.*/85% *Enteromorpha sp.*



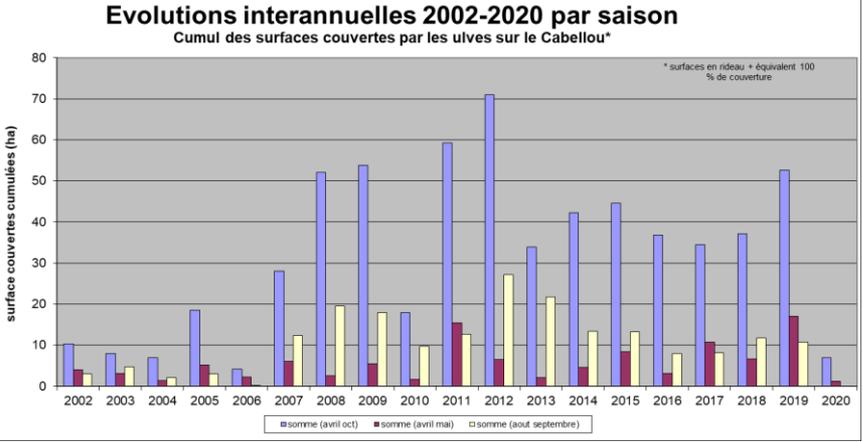
18/08/2020 : 25% *Ulva sp.*/25% *Enteromorpha sp.*



16/09/2020 : 3% *Ulva sp.*/52% *Enteromorpha sp.*



16/10/2020



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2020 sur le site LARMOR PLAGE

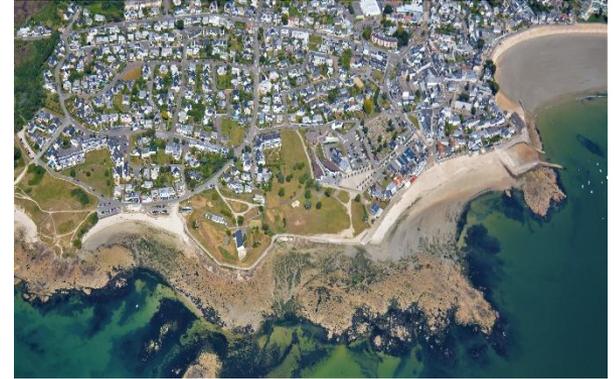
22/04/2020 : 65-75% *Ulva sp.*/10% *Enteromorpha sp.*



25/05/2020 : 65-85% *Ulva sp.*/5-20% *Enteromorpha sp.*



23/06/2020 : 75-85% *Ulva sp.*/0-10% *Enteromorpha sp.*



20/07/2020 : 10-25% *Ulva sp.*/0-60% *Enteromorpha sp.*



20/08/2020 : 40-60% *Ulva sp.*



16/09/2020 : 75-90% *Ulva sp.*/0-4% *Enteromorpha sp.*

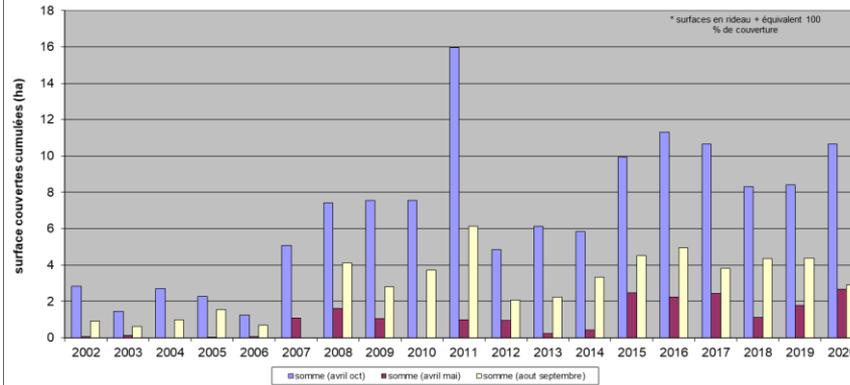


16/10/2020 : 70% *Ulva sp.*



Evolutions interannuelles 2002-2020 par saison

Cumul des surfaces couvertes par les ulves sur Larmor Plage*



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2020 sur le site PORT LOUIS

22/04/2020 : 80% de couv *Ulva sp.* / 90% *Enteromorpha sp.*



25/05/2020 : 20-100% de couv *Ulva sp.* / 10-100% *Enteromorpha sp.*



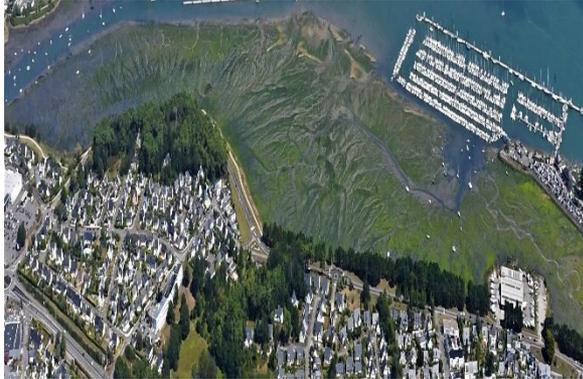
23/06/2020 : 35% *Ulva sp.* / 65% *Enteromorpha sp.*



20/07/2020 : 50% *Ulva sp.* / 50% *Enteromorpha sp.*



20/08/2020 : 50% *Ulva sp.* / 50% *Enteromorpha sp.*



16/09/2020 : 50-100% *Ulva sp.* / 0-50% *Enteromorpha sp.*



16/10/2020 : 100% *Ulva sp.*



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2020 sur le site RIA D'ETEL

22/04/2020 : 100% *Ulva* sp. (+*Ulvaria obscura*)/0% *Enteromorpha* sp.



25/05/2020 : *Ulva* sp. / *Enteromorpha* sp.



23/06/2020 : 10% *Ulva* sp./90% *Enteromorpha* sp.



20/07/2020 : 0-100% *Ulva* sp./0-100% *Enteromorpha* sp.



20/08/2020 : 10% *Ulva* sp./90% *Enteromorpha* sp.



16/09/2020 : 0-35% *Ulva* sp./65-100% *Enteromorpha* sp.



16/10/2020 : 60% *Ulva* sp. / 40% *Enteromorpha* sp.

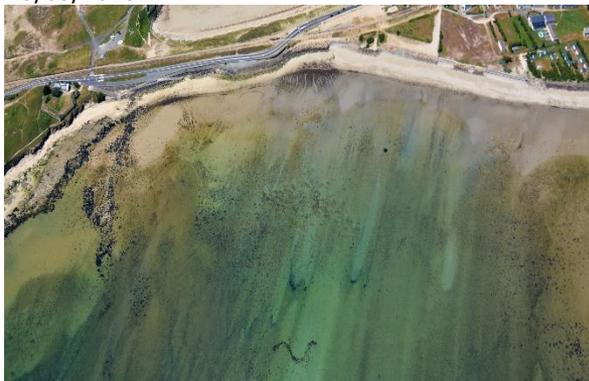


Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2020 sur le site QUIBERON SABLES BLANCS

22/04/2020



25/05/2020



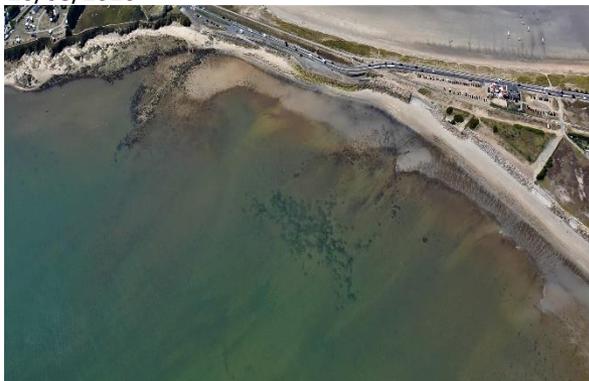
23/06/2020 : 10-20% *Ulva* sp.



20/07/2020 : 3% *Enteromorpha* sp.



20/08/2020



16/09/2020



16/10/2020



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2020 sur le site AURAY

22/04/2020 : 100% *Enteromorpha* sp.



25/05/2020 : 100% *Enteromorpha* sp.



23/06/2020 : 0-50% *Ulva* sp./50-100% *Enteromorpha* sp.



20/07/2020 : 100% *Enteromorpha* sp.



20/08/2020



16/09/2020



16/10/2020



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2020 sur le site ARCAL

22/04/2020 : 35% *Ulva sp.*/65% *Enteromorpha sp.*



25/05/2020 : 100% *Ulva sp.*



23/06/2020 : 50% *Ulva sp.*/50% *Enteromorpha sp.*



20/07/2020 : <5% *Ulva sp.*/95% *Enteromorpha sp.*



20/08/2020 : 50% *Ulva sp.*/50% *Enteromorpha sp.*



16/09/2020



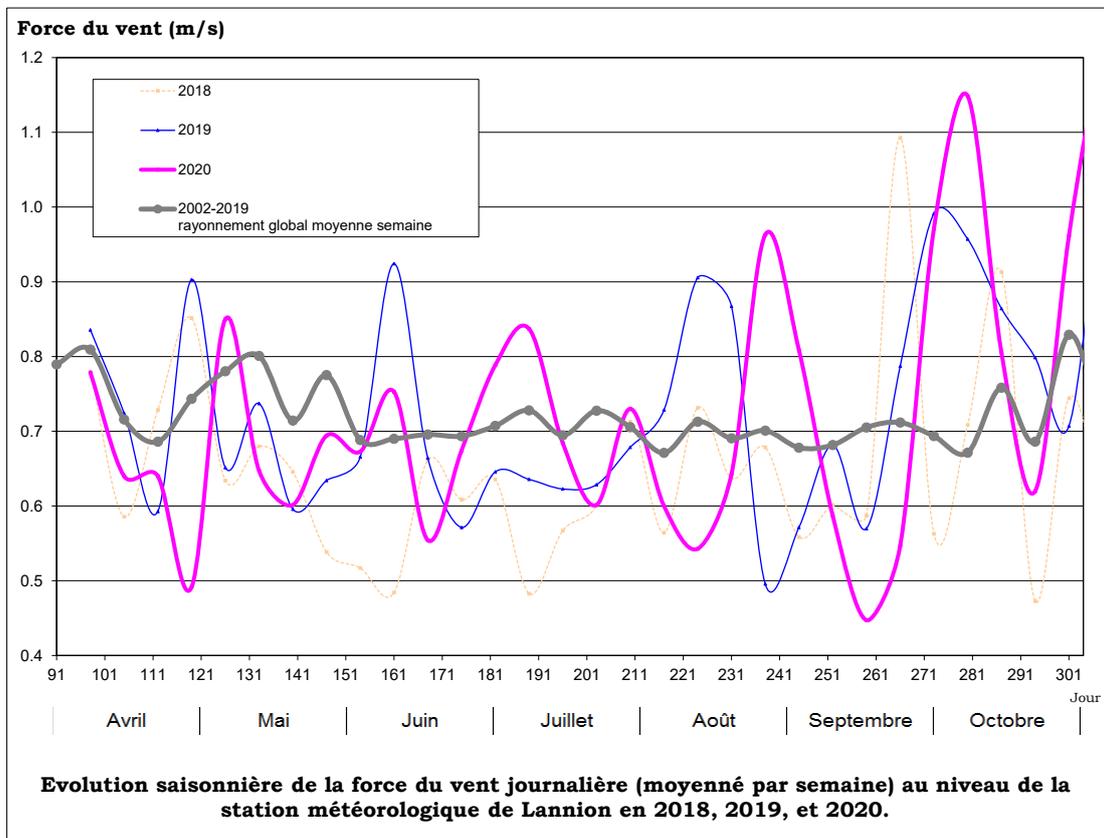
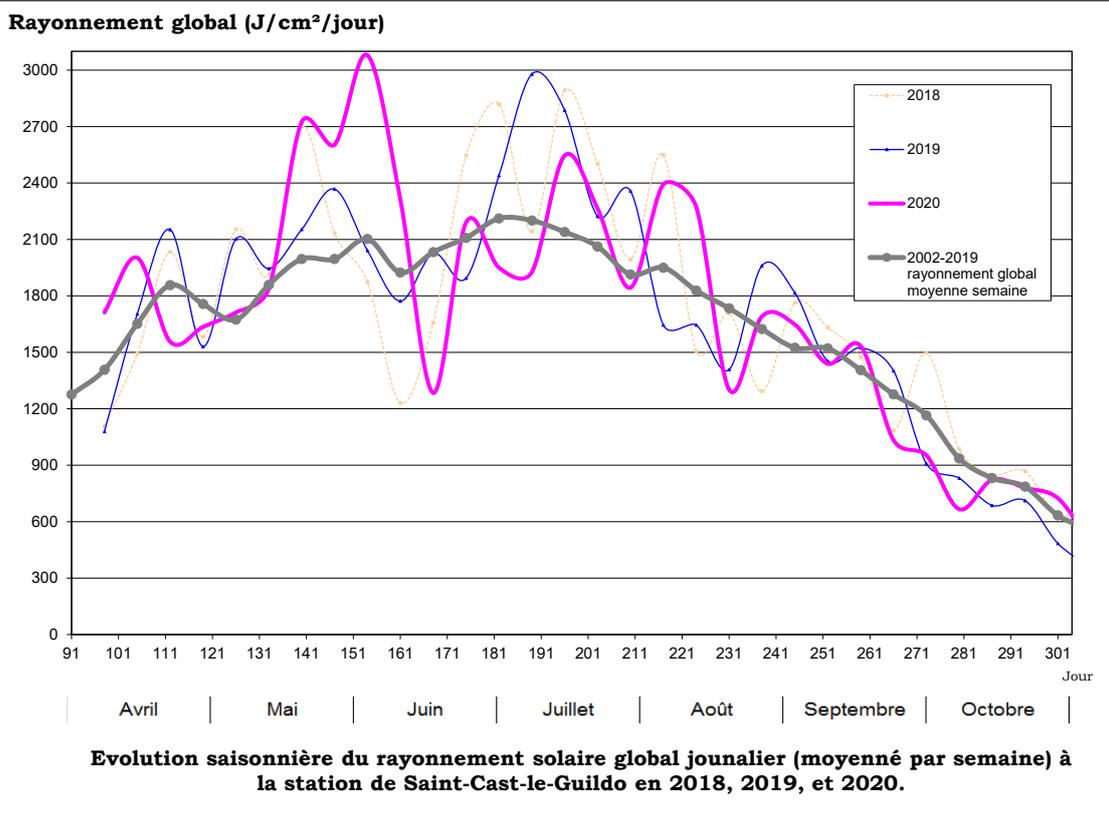
16/10/2020 : 100% *Ulva sp.*



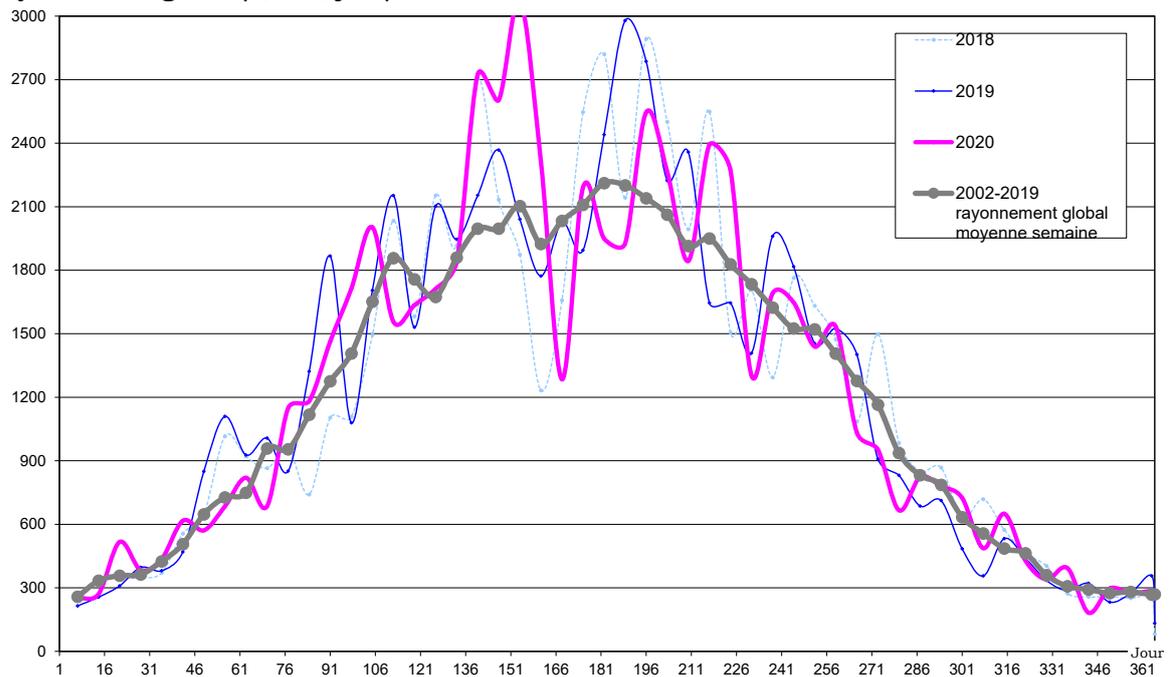


ANNEXE 7

DONNEES METEO

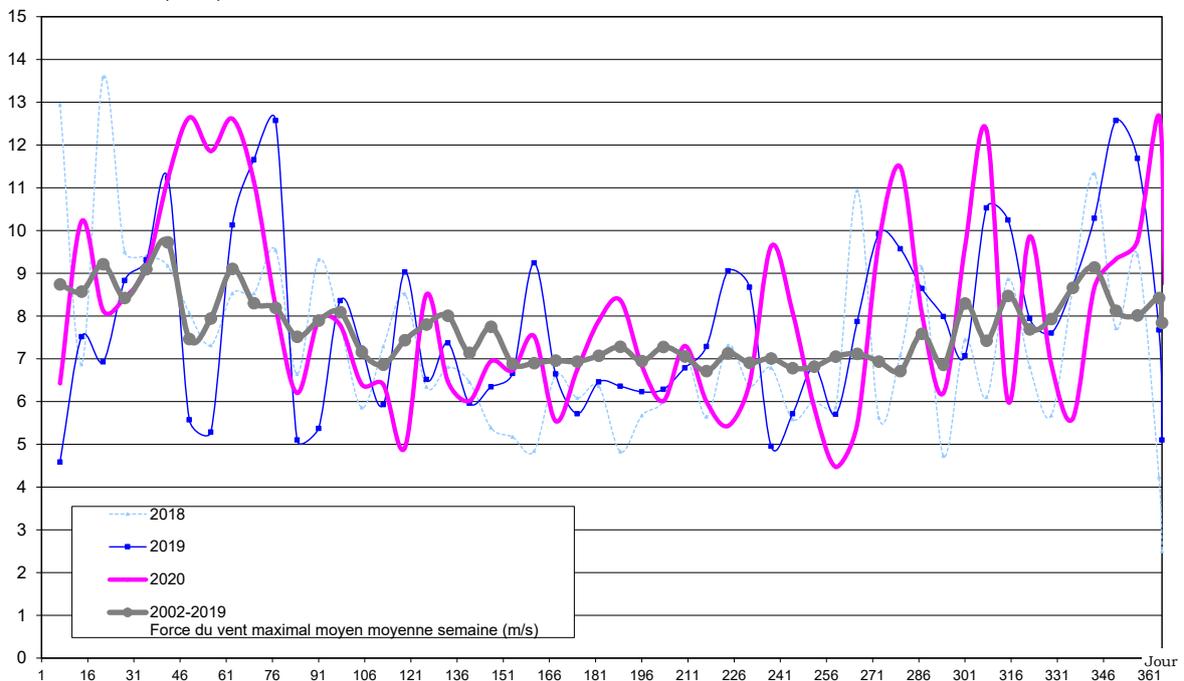


Rayonnement global (J/cm²/jour)



Evolution annuelle du rayonnement solaire global journalier (moyenné par semaine) à la station de Saint-Cast-le-Guido pour les années 2018, 2019, et 2020.

Force du vent (m/s)



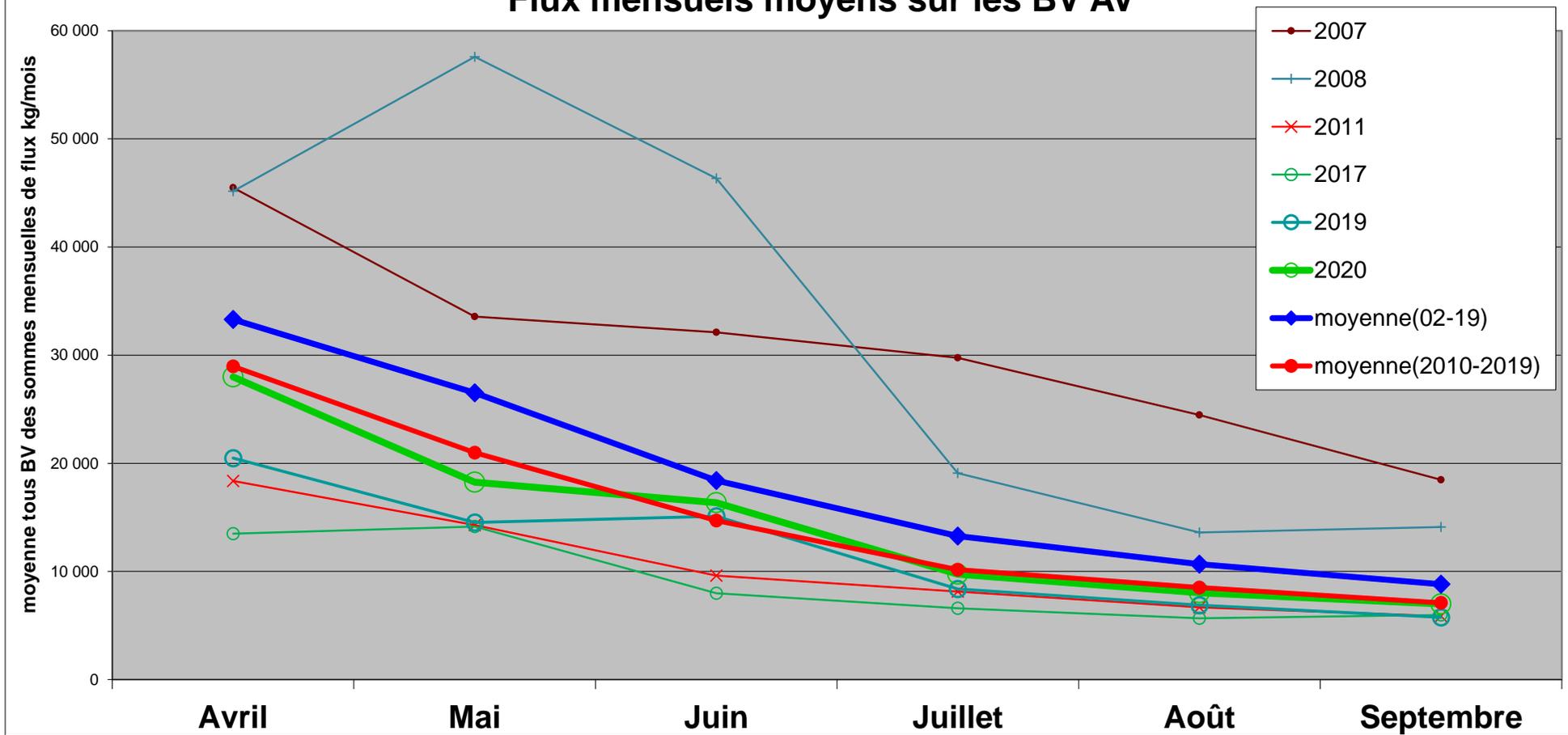
Evolution annuelle de la force du vent journalière (moyenné par semaine) au niveau de la station météorologique de Lannion pour les années 2018, 2019, et 2020.



ANNEXE 8

FLUX D'AZOTE

Flux mensuels moyens sur les BV AV



Flux mensuels moyens sur les BV AV

