

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 2019
Inventaire des marées vertes sur le littoral breton

Année 2019

Contrat AELB : 16S0030 - avril 2020

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 surveillance, financé en dehors de ce programme).....	9
2.2.	Estimation quantitative surfacique	12
2.3.	Indices d'eutrophisation.....	16
2.4.	Missions réalisées.....	18
3.	RESULTATS	20
3.1.	Dénombrement des sites en Bretagne (suivi DCE surveillance, financé en dehors de ce programme).....	20
3.1.1.	Sites touchés par des échouages d'ulves en 2018	20
3.1.2.	Comparaison inter-annuelle 1997-2018	29
3.1.3.	Mise en évidence de la particularité des sites sur vase	38
3.1.4.	Détermination des espèces proliférantes	41
3.1.5.	Conclusion	43
3.2.	Résultats de l'estimation surfacique sur les côtes bretonnes.....	44
3.2.1.	L'importance relative des sites (sites sableux).....	45
3.2.2.	Evolution annuelle de la marée verte	52
3.2.3.	Evolutions de la marée verte sur la période 2002-2018	56
3.2.5.	Conclusions.....	76
3.3.	Suivi d'indices d'eutrophisation	77
3.3.1.	Résultats de suivi des quotas azotés dans les différents sites	77
3.3.2.	Eléments d'interprétation des profils saisonniers	77
3.3.3.	Résultats :	79
3.3.4.	Evaluation des stocks totaux	99
4.	CONCLUSION	100
	ANNEXES.....	102



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 2019.....	14
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.....	15
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 2019 apparaissent en bleu. Les masses d'eau et les sites pour lesquels les données surfaciques n'ont pas été acquises en 2019 apparaissent en violet (uniquement acquisition des photographies aériennes).....	15
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 2019 (juillet ou septembre).....	22
Figure 5 : Nombre de sites touchés par département par des échouages d'ulves au moins une fois en 2019 (mai, juillet, septembre).....	24
Tableau 3 : Sites touchés par des échouages d'ulves sur les trois inventaires de 2019 comparés aux années 2002-2018 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 2019 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 2019 a été classé dans ces sites « ulves ».....	26
Figure 7 : Nombre de sites touchés entre 2000 et 2019 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 2019). Le site de la Fresnaye, touché par des échouages d'Ulvaria (« ulvoïde ») sur les années 2007-2009 puis 2015-2019 a été classé dans ces sites. .	30
Figure 8 : Nombre de sites touchés par des échouages d'ulves en Bretagne entre 1997 et 2019 pour la période estivale sur les secteurs de plage (haut) et de vasières (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 2015-2019 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 2015-2019 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 2015-2019 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 2015-2019 a été classé dans ces sites.	34
Figure 12 : Proportion de vasières dans les sites touchés par des échouages d'ulves sur les années 1997 à 2019. 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.....	39
Tableau 4 : Répartition des sites sur secteur de plage par classe de taille maximum atteinte en 2019 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 2019 et ont fait l'objet d'évaluation surfacique. ..	45
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 2019 ; le site de la Fresnaye, touché	



par des échouages d’Ulvaria (« ulvoïde ») de 2007 à 2009 puis de 2015 à 2019 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)..... 46

Tableau 5 : Répartition des sites sur secteur de plage touchés en 2019 par des échouages d'ulves par département et par classe de taille (taille maximale atteinte sur les 3 inventaires généraux). 46

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 et 2018 s’expliquent par : des températures de l’eau plus froides en hiver/printemps que la moyenne (environ 1 mois de retard sur les températures de l’eau sur avril-mai-juin pour 2006, 2010 et 2013) ; le caractère particulièrement dispersif de l’hiver (pour 2007, 2013, 2015, 2016, 2018 et surtout 2014 : 3 fois plus de jours de houle de plus de 3.5 mètres qu’en moyenne). Le caractère plus précoce qu’attendu en 2017 s’explique par l’hiver le moins dispersif et parmi les plus lumineux. La position de 2019 (encerclé de vert) est liée à une forte précocité en baie de Saint Briec et faible sur la plupart des autres sites importants en surfaces. 65

Figure 21 : écart (pourcentage) entre les heures d’ensoleillement sur les stations MétéoFrance littorales suivies et les normales pour ces stations..... 68

Figure 26 : ensoleillement sur les stations Météo France suivi sur la fin 2018 (octobre-décembre) et le début 2019 (janvier-septembre)..... 80



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.

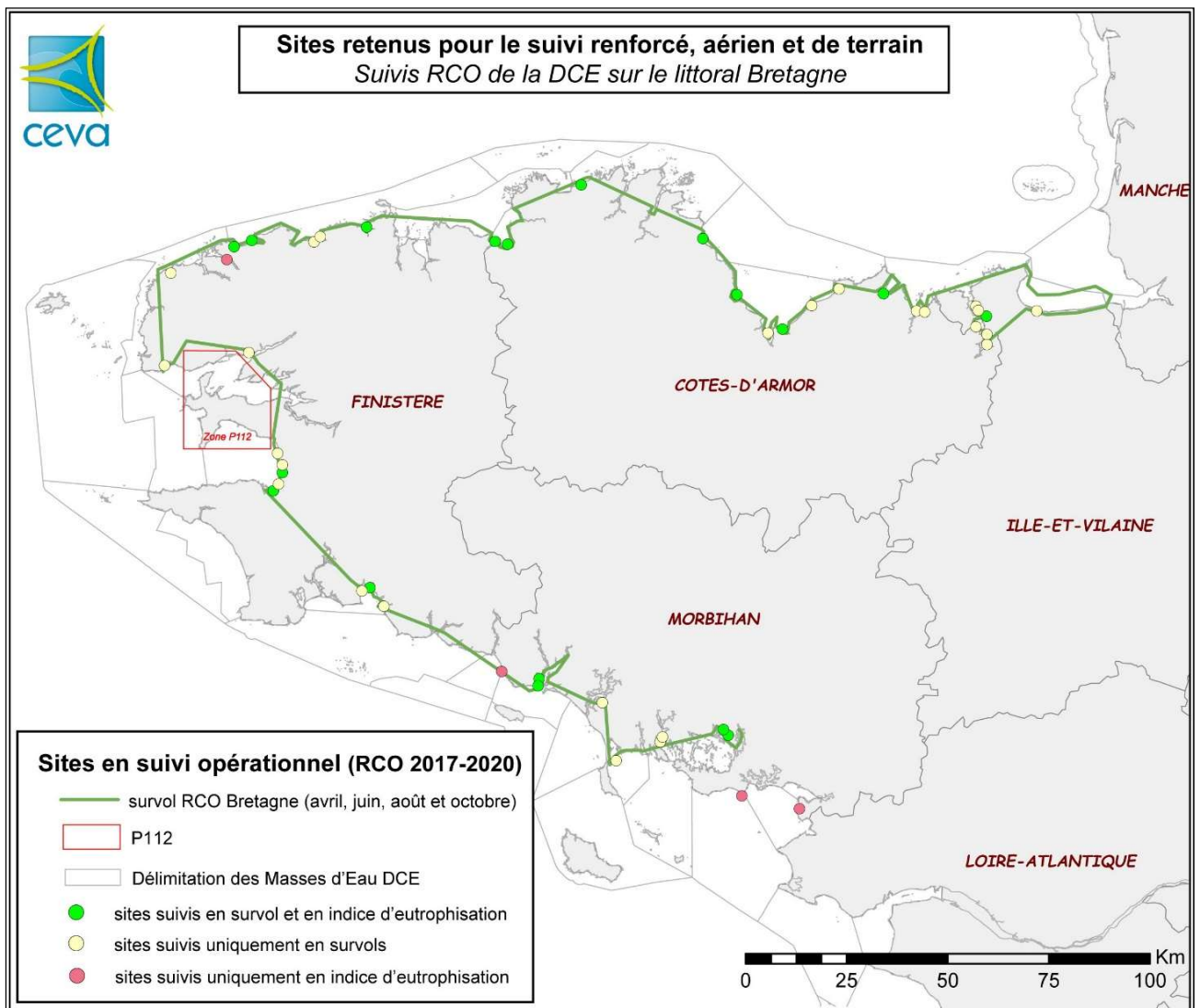


Figure 1 : plan de vol RCO Bretagne et localisation des sites intégrés au suivi



- ✓ 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 Briec
Baie de Binic
Bréhec,
Trestel,
Baie de Saint Michel en Grève
Baie de Locquirec
Baie du Dossen (« Horn/Guillec »)
Baie de Guisseny
Moguéran,
Aber Wrac'h
Baie de Douarnenez / Sainte Anne la Palud
Baie de Douarnenez / le Ry
Baie de la Foret / 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 surveillance, 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 :

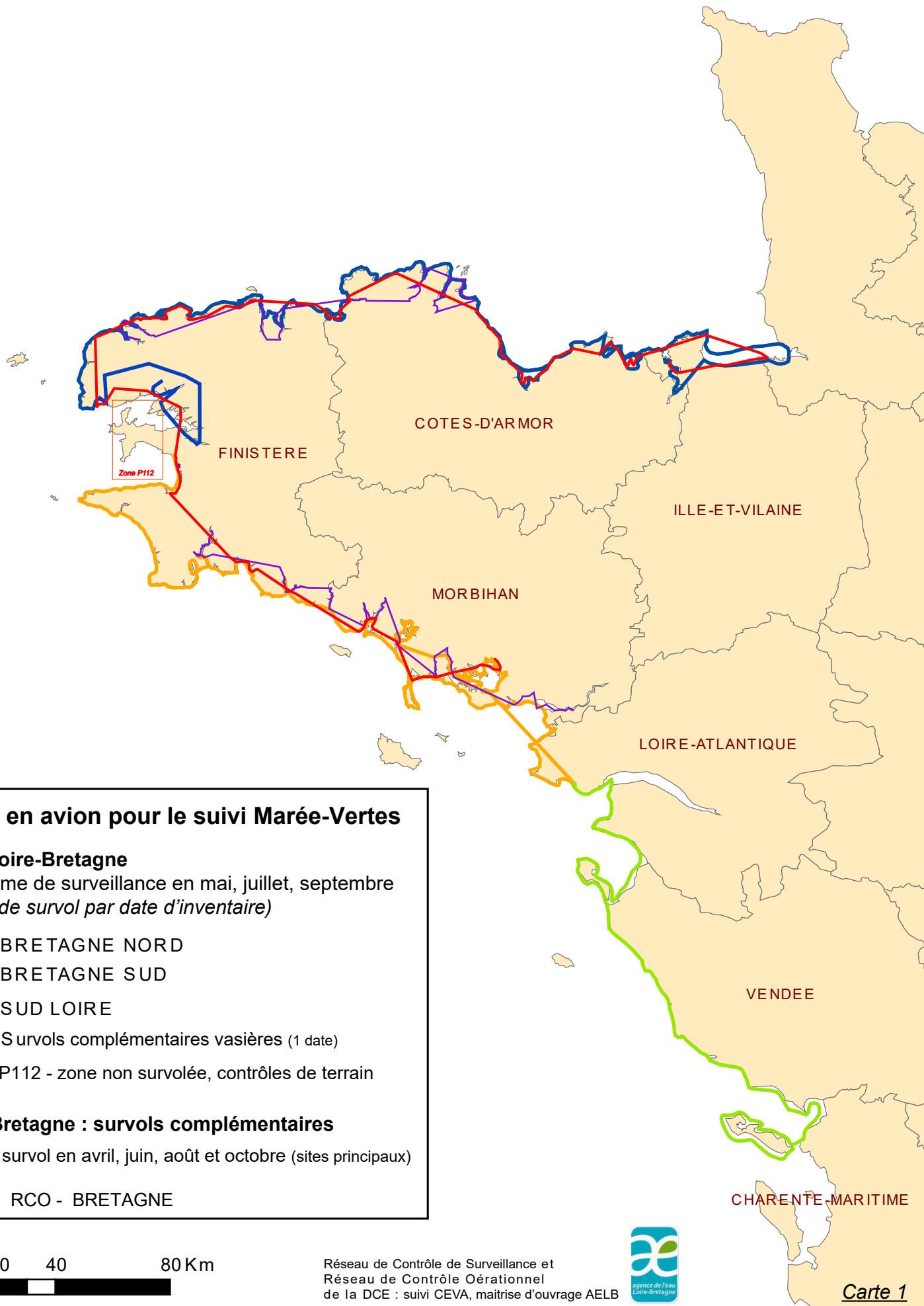
- un seuil de quantité anormale d'algues vertes détectable par avion,
- un contrôle de terrain qui vérifie que ce sont bien des ulves, qu'elles sont libres et représentent visuellement plus d'un tiers des échouages (ou d'un rideau de bas de plage).

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

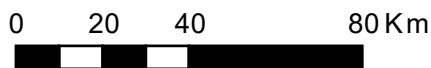
programme de surveillance en mai, juillet, septembre
(3 jours de survol par date d'inventaire)

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

- RCO-Bretagne : survols complémentaires

1 jour de survol en avril, juin, août et octobre (sites principaux)

- RCO - BRETAGNE





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 2019, 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 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.

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



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

En 2008, pour converger vers les grilles de classement européennes de la DCE des **masses d'eau de type « abritées » (vasières)**, mises au point par les Anglais et les Irlandais, le CEVA a tracé, toujours pour la date semblant présenter le maximum annuel de biomasse (ou présentant le plus de photos exploitables des dépôts), **toutes les surfaces couvertes par les algues vertes** (filamenteuses ou en lame) pour les sites qui sont classés comme « touchés par des échouages d'ulves ». Cela évite d'avoir à distinguer les deux types d'algues mais cela suppose aussi un travail nettement plus important en termes de couverture photographique aérienne, de géoréférencement des photos et de digitalisation des dépôts (surface beaucoup plus étendue si on ne se limite plus aux seuls dépôts épais de morphologie ulve). Ce changement dans le traitement 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 2019, 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 2019

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 de l'année 2011 (ni années postérieures). 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 »).

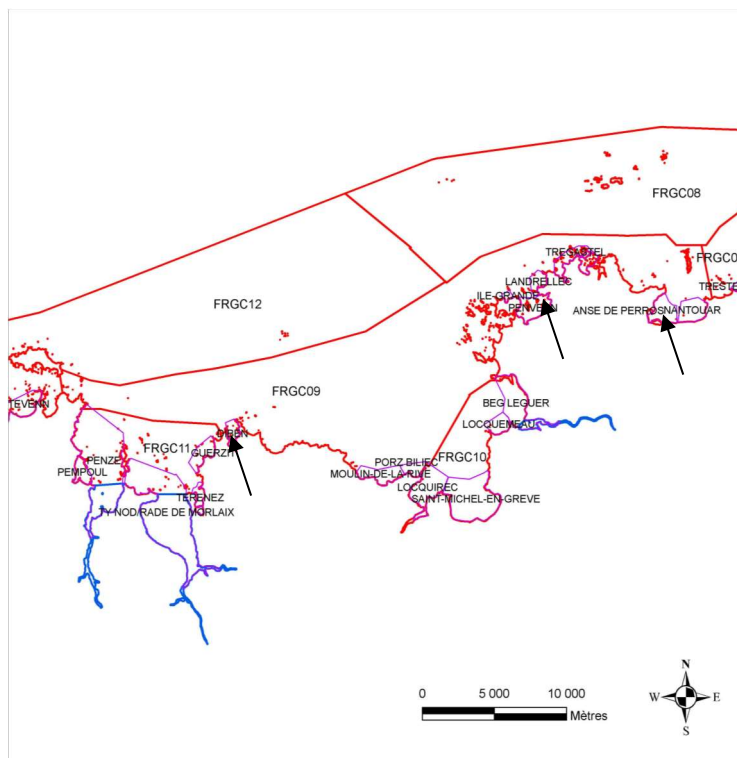


Figure 2 : Découpage des masses d'eau sur la côte nord de la Bretagne (FRGC en rouge et FRGT en bleu) combiné au découpage par sites à « échouage d'ulves » (violet). Les trois sites de vase à « échouage d'ulves » sont indiqués par les flèches

Pour une vision complète de l'inventaire 2019 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 vase à « échouage d'ulves » des masses d'eau côtières sur lesquels aucune digitalisation n'a été effectuée sont également signalés.

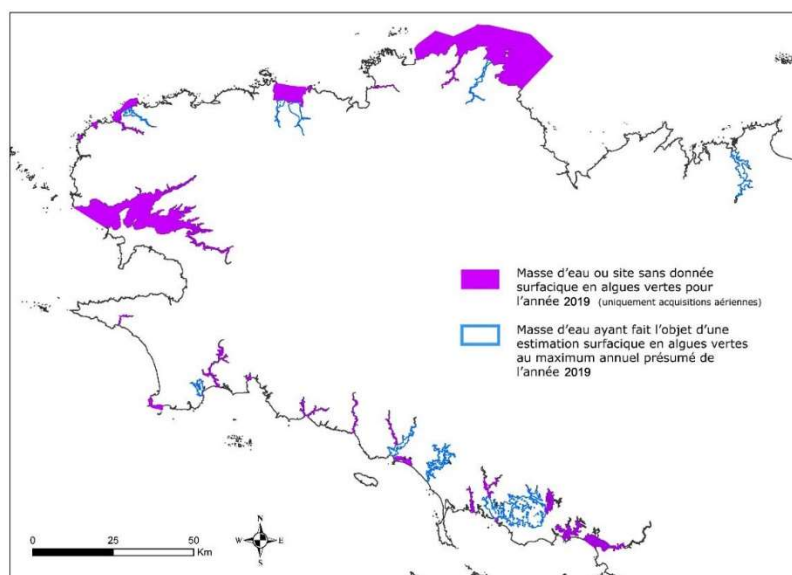


Figure 3 : Illustration des masses d'eau et des sites à « échouages d'ulves » de milieux vaseux. Les masses d'eau pour lesquelles les données ont été complètement acquises en 2019 apparaissent en bleu. Les masses d'eau et les sites pour lesquels les données surfaciques n'ont pas été acquises en 2019 apparaissent en violet (uniquement acquisition des photographies aériennes).

Les résultats sont présentés dans le rapport RCS DCE Loire-Bretagne 2019.



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 214 prélèvements effectués dès l'apparition nette et régulière des algues sur l'estran des sites. Les premiers prélèvements ont été réalisés du 18 au 23 avril (18 prélèvements sur 16 sites ; 2 sites ayant fait l'objet de 2 prélèvements distincts) et les derniers le 5 septembre. Le démarrage plus précoce qu'en 2018 explique le plus grand nombre de prélèvements réalisés cette année (189 en 2018). 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. 7 à 10 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 (25) 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 pour des échantillons d'autres algues que les ulves (Ectocarpales en majorité).

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

- ✓ Les sites suivis (Tableau 1) sont ceux du 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 bimensuelles 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 2019, 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 :

- 16 mai : côtes de Bretagne Nord ; coeff. 84
- 17 mai : côtes de Bretagne Sud ; coeff. 92
- 20 mai : côtes Sud Loire ; coeff. 91

Juillet :

- 16 juillet : côtes de Bretagne Nord ; coeff. 75
- 18 juillet : côtes de Bretagne Sud ; coeff. 77
- 17 juillet : côtes Sud Loire ; coeff. 77
- 2 juillet : survol complémentaire des vasières du Sud Bretagne (Estuaire de la Vilaine, de Penferf, de la rivière d'Auray, Golfe du Morbihan, de la rivière de Crac'h, de la Ria d'Étel, du Blavet et du Scorff, de la Laïta, de l'Aven et du Belon, de l'Odet et de la rivière de Pont L'Abbé) ; coeff. 85
- 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. 73

NB : 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 :

- 14 septembre : côtes de Bretagne Sud ; coeff. 84
- 16 septembre : côtes du Sud Loire ; coeff. 85
- 13 septembre : côtes de Bretagne Nord ; coeff. 80

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 :

- 18 avril ; coeff. 102,
- 17 juin ; coeff. 83,
- 15 août ; coeff. 78,
- 15 octobre ; coeff. 87.

➤ **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 18 avril pour les premiers prélèvements et jusqu'au 5 septembre pour les derniers prélèvements.



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 2019, 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 2019

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 2019 n'ayant comporté, comme c'était déjà le cas depuis l'année 2007, 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 2019 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 2000-2019 concernées par au moins deux survols en période estivale, ne sont considérés ici que les dénombrements de juillet et septembre 2019.

On comptabilise alors sur le littoral breton :

- 59 sites touchés par des échouages d'ulves en juillet 2019 (carte en annexe 1)
- 61 sites touchés en septembre 2019 (carte en annexe 1)
- 75 sites au total touchés en juillet ou en septembre 2019 (carte 2)

Sur ces 75 sites recensés, en période estivale, 45 sont touchés lors des deux inventaires et 30 lors d'un des deux inventaires.

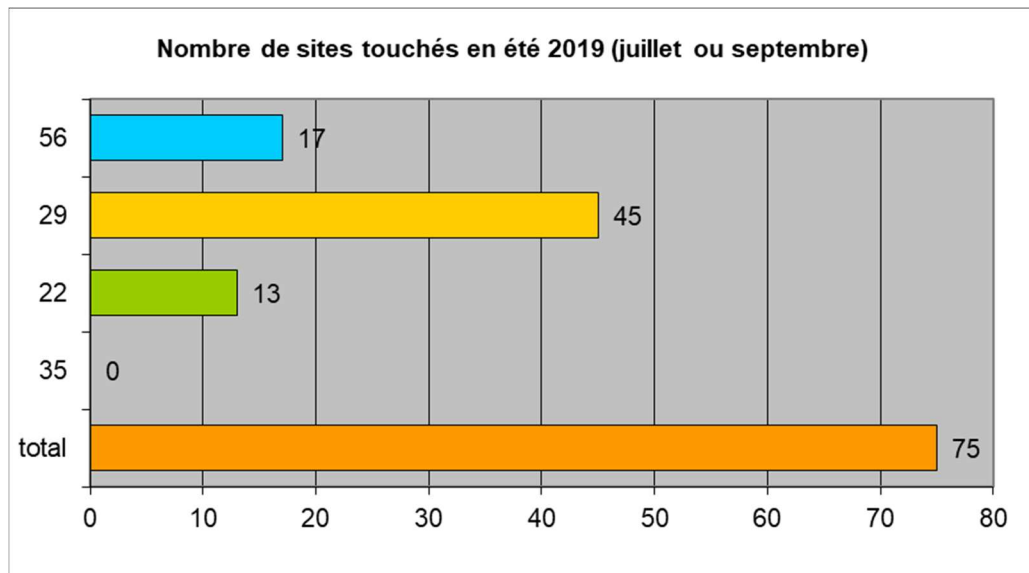


Figure 4 : Nombre de sites touchés par département (Côtes d'Armor (22), Finistère (29), Ille et Vilaine (35) et Morbihan (56)) par des échouages d'ulves au moins une fois pour les inventaires estivaux en 2019 (juillet ou septembre).

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 (60 %) du total des sites des côtes bretonnes ; suit, avec 2.6 fois moins de sites, le département du Morbihan puis celui des Côtes d'Armor qui totalise 3.5 fois moins de sites. En 2019, 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 de la Rance ont été concernés par des développements d'algues vertes filamenteuses mais n'ont pas été classés pour présence anormale d'ulves). Cet indicateur ne tient pas compte de l'importance relative des sites ; l'analyse des surfaces des sites (cf. § 3.2) donne une image très différente de l'importance relative du phénomène par département.

Echouages d'ulves observés en juillet ou septembre 2019

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".

75 sites touchés

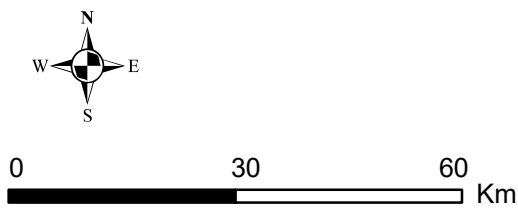
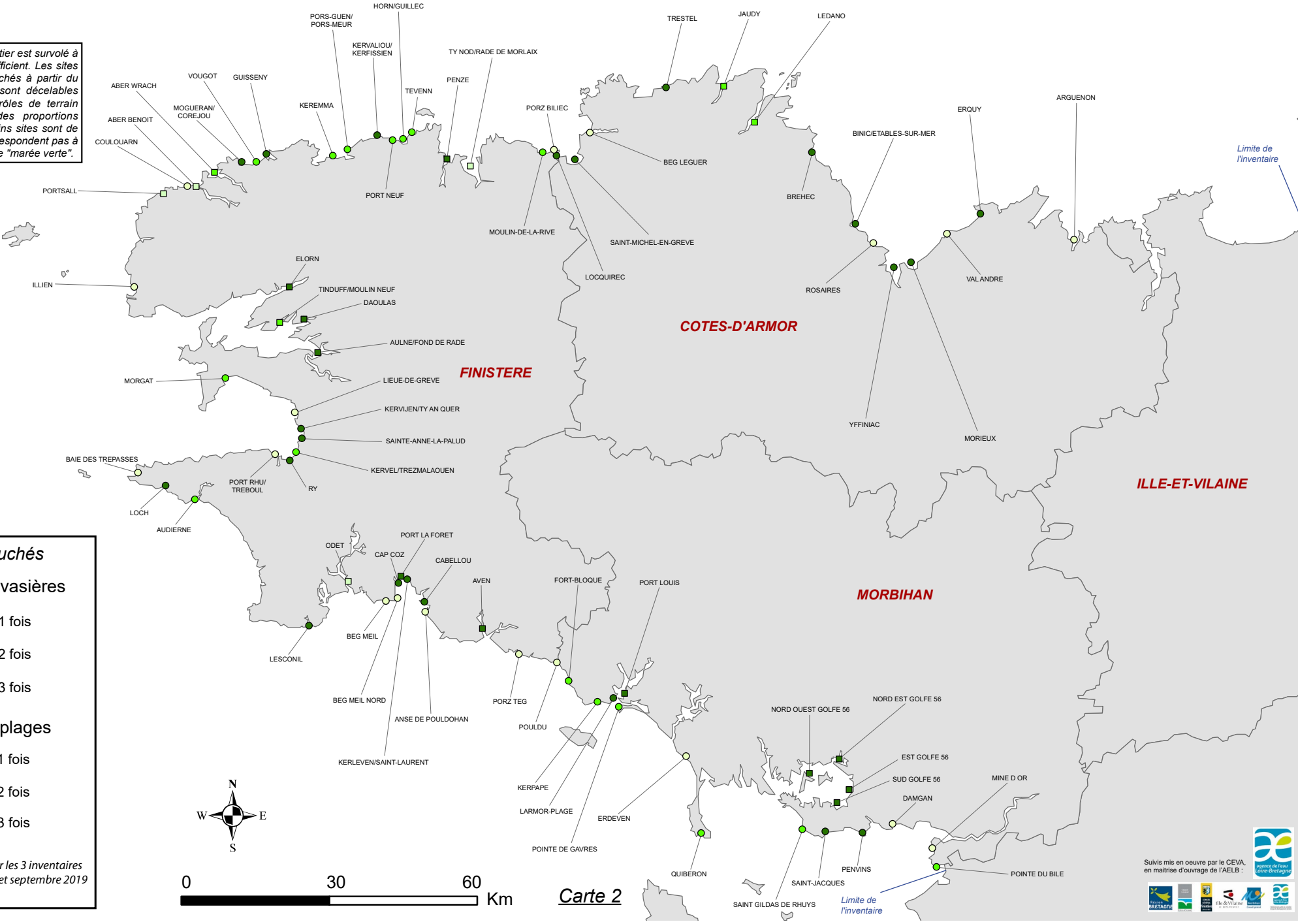
Sites de type vasières

- 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 2019



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). Le paragraphe précédent présentait les résultats des suivis de 2019 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, 55 sites ont été classés comme touchés par des échouages d'ulves. Le mois de mai 2019 est donc le mois d'inventaire annuel présentant le nombre le moins élevé de sites touchés par des ulves. En 2019, le nombre de sites touchés en mai est au niveau moyen pluriannuel (54 sites sur la moyenne 2002-2018 de mai) mais très en-dessous du niveau de mai 2017 (79 sites), année particulièrement précoce. Sur ce critère « dénombrement » l'année 2019 apparaît donc comme « moyenne » en termes de précocité. Cet inventaire de début de saison, a permis de repérer 14 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 puis des quantités d'ulves trop faibles ensuite pour être classés (cas notamment de Minihic sur Rance, de la Fresnaye, de Térénez, du Moulin-Blanc et de la Ria d'Étel). A noter que l'analyse des surfaces couvertes donne une image différente de la précocité de l'année 2019, du fait principalement de la situation de la baie de Saint Brieuc.

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

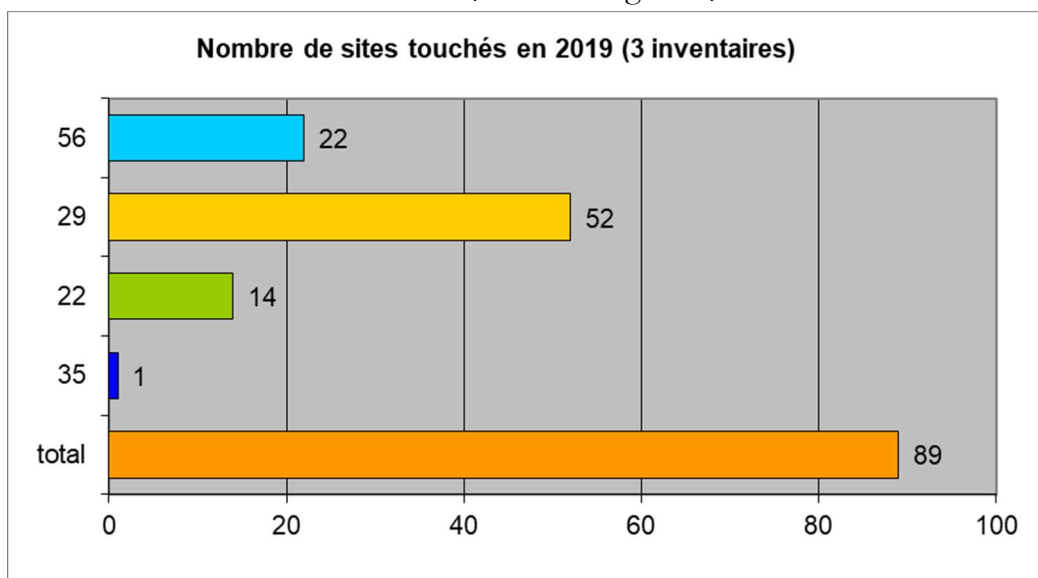


Figure 5 : Nombre de sites touchés par département par des échouages d'ulves au moins une fois en 2019 (mai, juillet, septembre).



Parmi les 14 sites classés uniquement au mois de mai, 5 étaient localisés sur les côtes du Morbihan, 7 sur les côtes du Finistère et 1 sur les Côtes d'Armor et 1 sur l'Ille et Vilaine (Rance).

Sur l'ensemble de l'année, le département du Finistère comprend plus de la moitié des sites répertoriés en Bretagne (58 %). Viennent ensuite les départements du Morbihan (25 %) puis des Côtes d'Armor (16%). Le département d'Ille et Vilaine n'a présenté qu'un site « classé » pour des échouages d'ulves en 2019 (pour autant, d'autres secteurs de la Rance présentaient des tapis d'algues vertes filamenteuses mais les ulves ne constituant pas de tapis continus, ces autres sites de la Rance n'ont été classés).

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.

L'ensemble des résultats des 3 inventaires de 2019 est présenté dans le Tableau 3 avec le rappel des résultats des années antérieures (3 inventaires également pour les années 2007 à 2018, 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 2019 comparés aux années 2002-2018 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 2019 a été classé dans ces sites « ulves ».

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

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

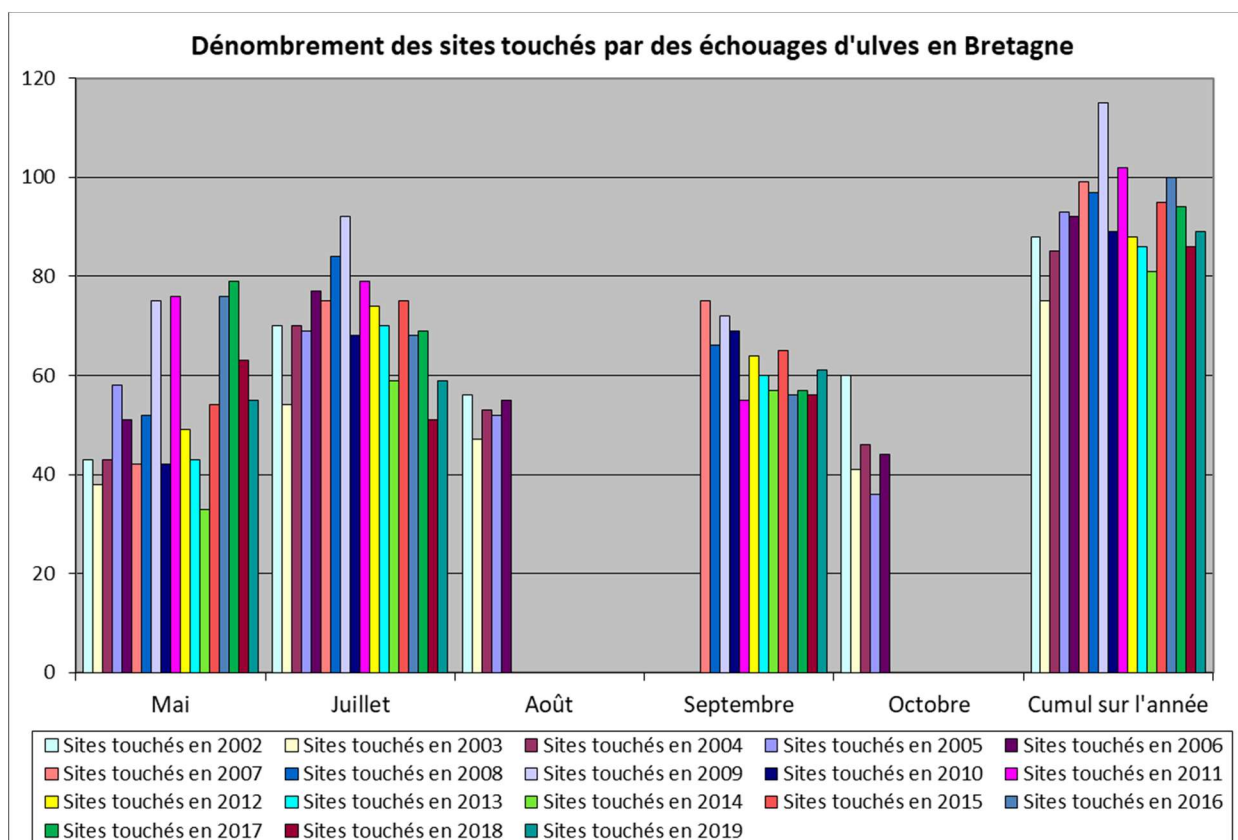


Figure 6 : Nombre de sites touchés par des échouages d'ulves par date d'inventaire sur l'ensemble du linéaire breton. Le site de la Fresnaye, touché par des échouages d'*Ulvaria* (« ulvoïde ») de 2007 à 2009 puis de 2015 à 2019 a été classé dans ces sites « ulves ».

Pour l'ensemble des années, on retrouve globalement une augmentation forte entre mai et juillet (+ 31 %), 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 2019, le profil n'est pas conforme à la situation « moyenne ». Le niveau de mai est déjà relativement important, quasiment identique en juillet (4 sites de plus) et maximal en septembre (2 sites de plus qu'en juillet). La « relative précocité » de 2019 semble en partie liée au linéaire du Morbihan, le niveau plutôt bas en juillet est lié au linéaire finistérien (11 sites de moins qu'en moyenne 2002-2018) et le maintien du nombre de site en septembre le fait principalement du linéaire morbihannais. La prolifération, sur cet indicateur, apparaît comme précoce puis peu intense en juillet. Cependant, le profil de l'année est décrit de façon 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**

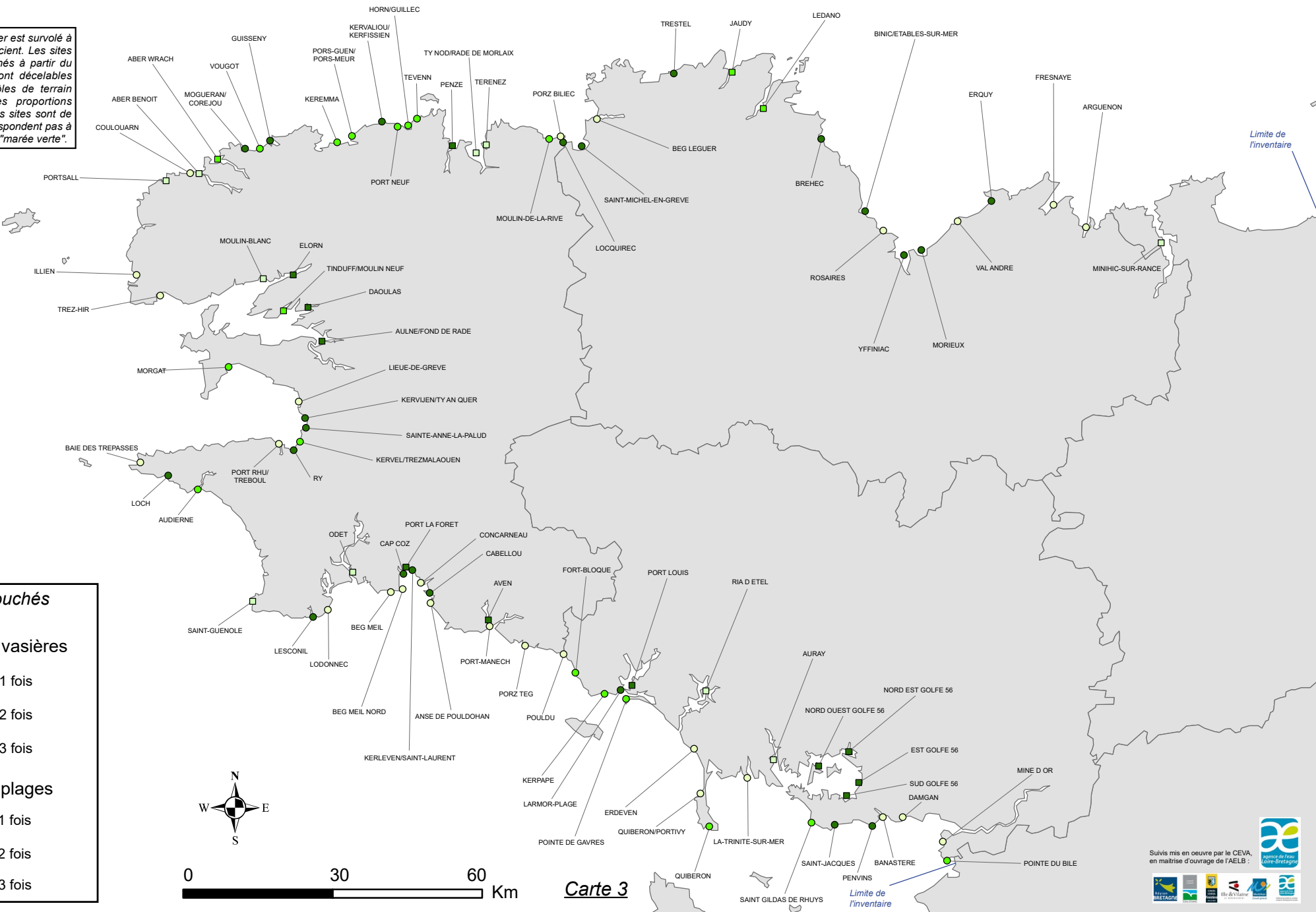
La carte des occurrences d'échouages d'ulves présente les 89 sites repérés dans l'année (carte 3). L'analyse des occurrences par site permet de percevoir :

- 33 sites touchés lors des trois inventaires,
- 20 sites touchés lors de deux des trois inventaires,
- 36 touchés uniquement une fois dans l'année.

En 2019, un peu plus du tiers des sites (37 %) est touché lors des 3 dates d'inventaire (contre 48 % en 2017 et 36 % en moyenne 2012-2018). Ces sites sont généralement les plus problématiques, la prolifération y étant longue (probablement au moins de mai à septembre ; parfois même bien au-delà). Outre ces sites touchés systématiquement, on relève également 23% 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 2019, près des deux tiers des sites (60 %) 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 2019 (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".



89 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



3.1.2. Comparaison inter-annuelle 1997-2019

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 2019 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 13 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 (79 sites sur 2010-2018) 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 13 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 2019, avec 75 sites répertoriés** est en augmentation par rapport à 2018 tout en demeurant sous le niveau moyen 2010-2017 (-7 %).

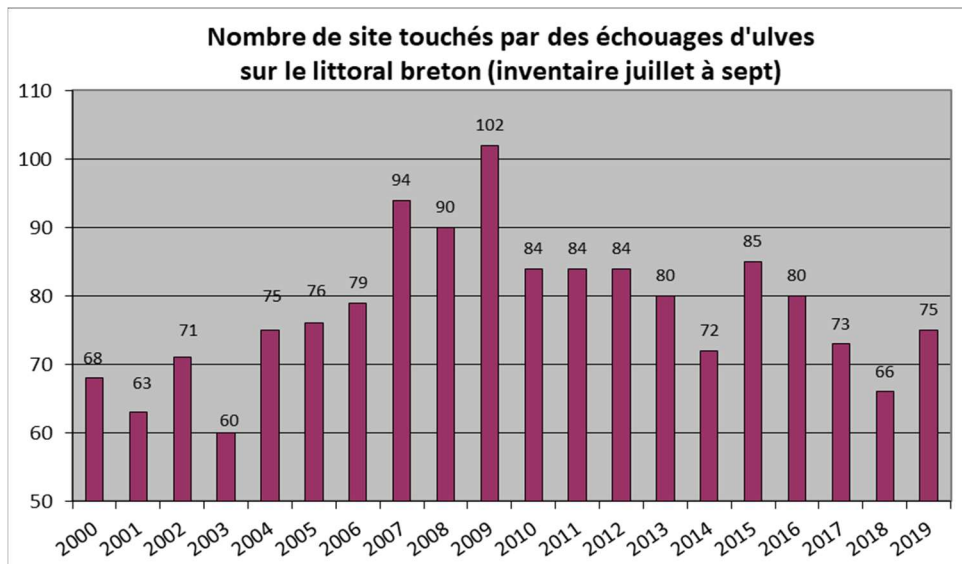


Figure 7 : Nombre de sites touchés entre 2000 et 2019 par des échouages d'ulves en période estivale (début juillet et fin août pour 2000 ; fin juin et début septembre pour 2001 ; juillet et / ou août pour 2002-2006 et mi-juillet et mi-septembre pour les années 2007 à 2019). Le site de la Fresnaye, touché par des échouages d'*Ulvaria* (« ulvoïde ») sur les années 2007-2009 puis 2015-2019 a été classé dans ces sites.

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

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

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 (20 sites de moins en 2019 qu'en 2009) est significative.

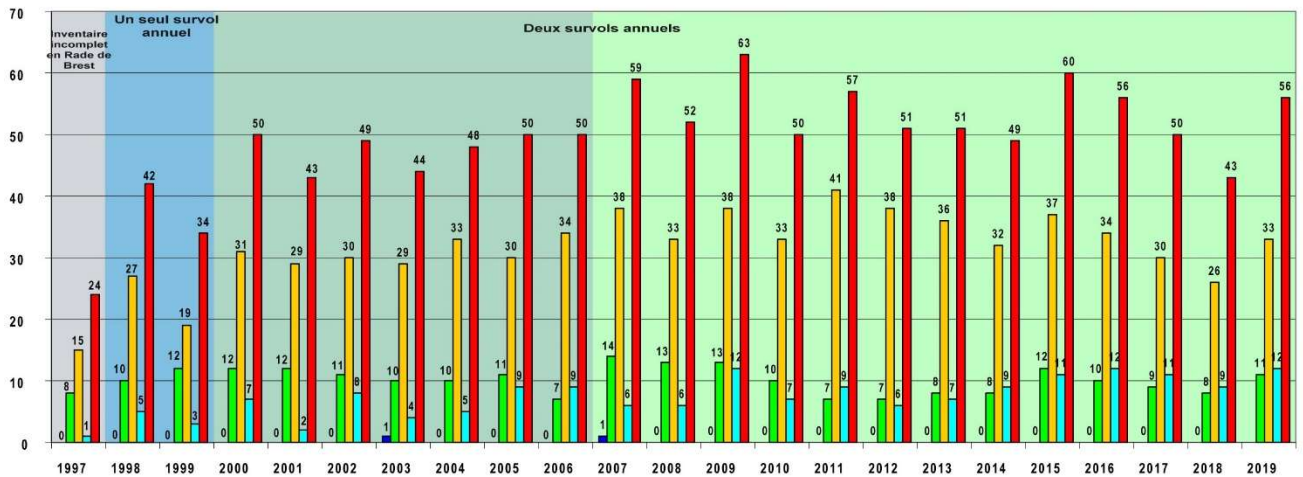


Comme précisé plus haut, le dénombrement des sites, ne concerne pas uniquement des sites qui peuvent être qualifiés de « marées vertes » et comprend des sites dont les dépôts sont peu étendus ; il convient donc de relativiser ce résultat et de se reporter à l'analyse des **surfaces d'échouage pour appréhender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

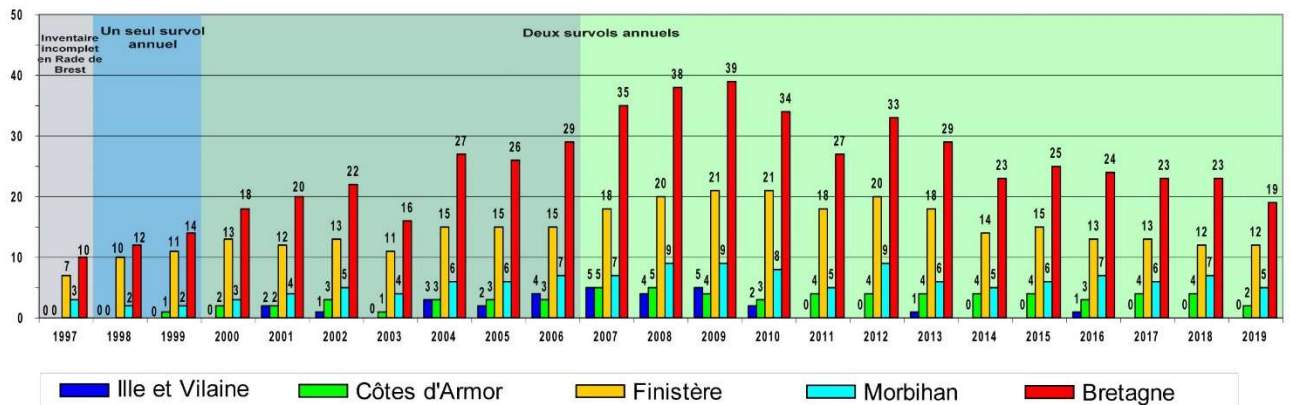


Nombre de sites concernés par des échouages d'ulves entre 1997 et 2019

Secteur de plage



Secteurs de vasières estuariennes



Date des inventaires						
1997*	1998	1999	2000**	2001**	2002**	2003**
19, 20 et 31 juillet	25, 28 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 6 et 7 août	14 et 15 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 6 et 9 septembre
2011**	2012**	2013**	2014**	2015**	2016**	2017**
14 et 15 juillet puis 13 et 15 septembre	20 et 22 juillet puis 16 et 18 septembre	22 et 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**					
11 et 12 juillet puis 8 et 11 septembre	16 et 18 juillet puis 14 et 16 septembre	* : inventaire incomplet en rade de Brest ** : données cumulées à partir de 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 2019 pour la période estivale sur les secteurs de plage (haut) et de vasières (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 2015-2019 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.

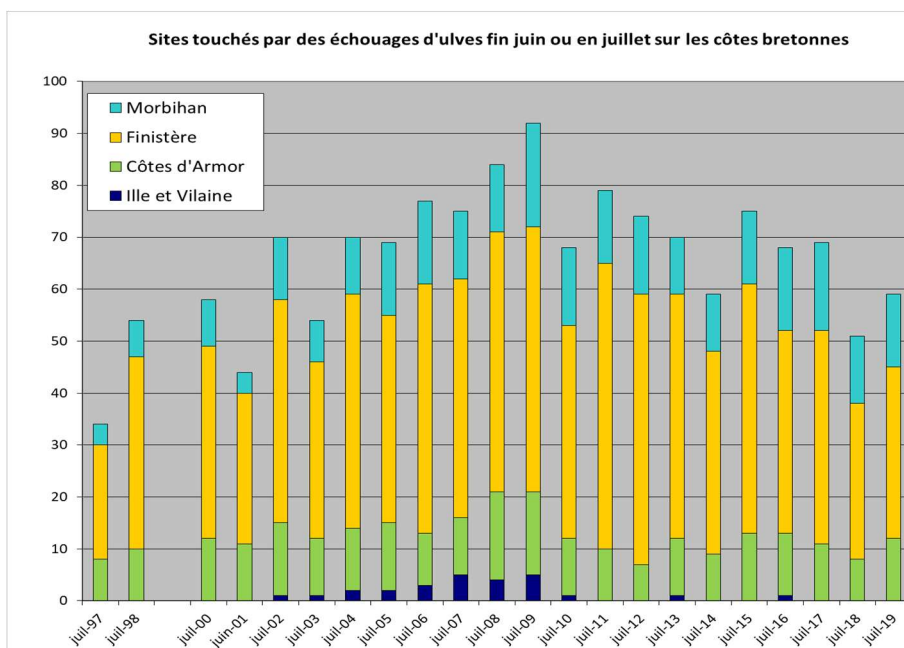


Figure 9 : Sites touchés par des échouages d'ulves en début de saison (fin juin ou juillet) sur les côtes bretonnes. Le site de la Fresnaye, touché par des échouages d'Ulvaria (« ulvoïde ») sur les années 2007-2009 puis 2015-2019 a été classé dans ces sites.

La Figure 9 met en évidence un nombre de sites (59) plutôt bas pour le début d'été 2019 (juillet) en net repli par rapport aux dernières années, exception faite de 2018, et à un niveau très inférieur à la moyenne des dernières années (71 sur 2002-2018).

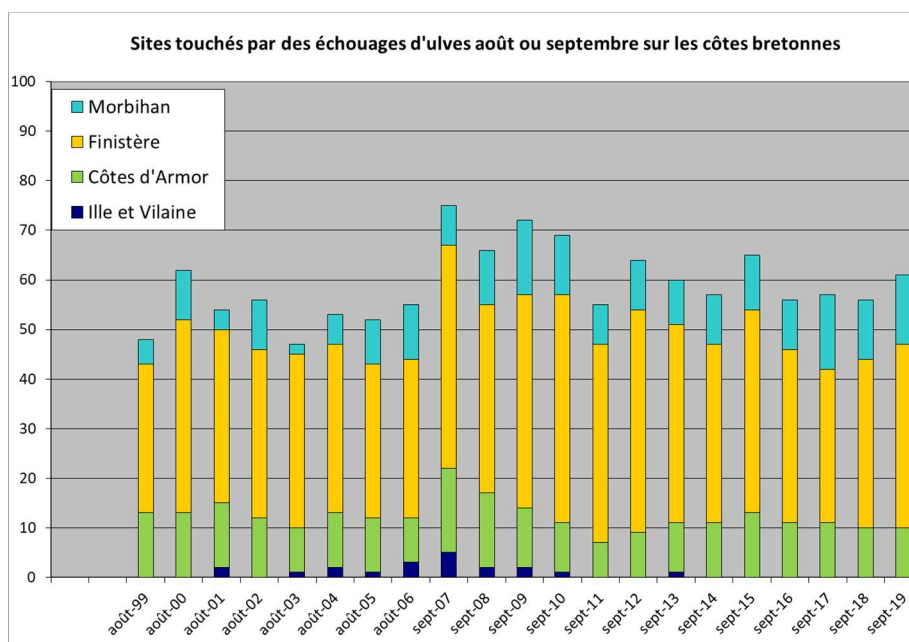


Figure 10 : Sites touchés par des échouages d'ulves en « fin de saison » (août ou septembre) sur les côtes bretonnes. Le site de la Fresnaye, touché par des échouages d'Ulvaria (« ulvoïde ») sur les années 2007-2009 puis 2015-2019 a été classé dans ces sites.



La Figure 10 indique, avec 61 sites, un niveau en septembre 2019 proche de la moyenne, mais légèrement inférieur si on ne considère que les années avec un inventaire en septembre (62.7 sur septembre 2007-2018 et 59.7 sur la fin de saison des années 2002 à 2018). 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'Étel 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'acquiescer 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

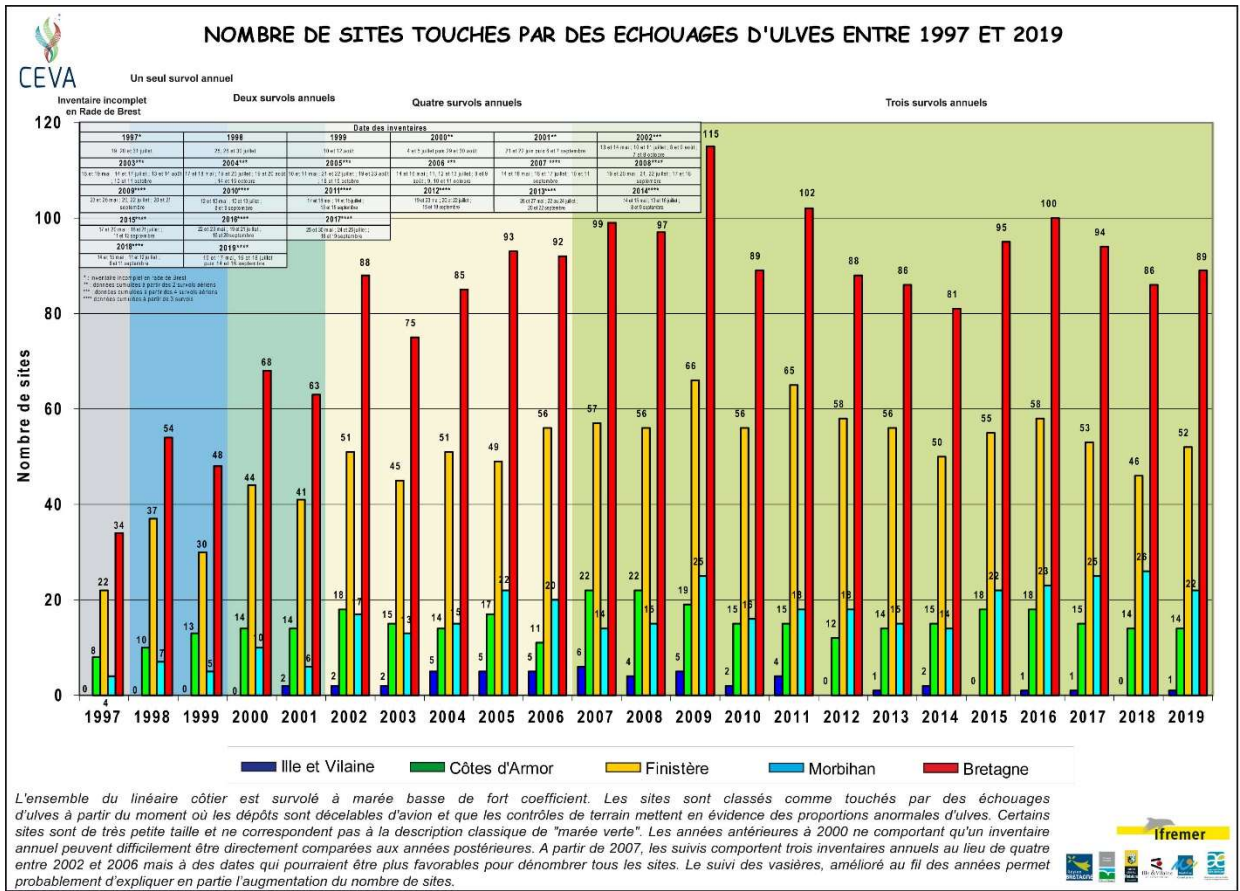


Figure 11 : Nombre de sites touchés par des échouages d'ulves sur l'ensemble de la saison sur les départements bretons entre 1997 et 2019 (nombre d'inventaires différents selon les années). Le site de la Fresnaye, touché par des échouages d'Ulvaria (« ulvoïde ») sur les années 2007-2009 puis 2015-2019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

- L'année 2019, si l'on considère les trois dates d'inventaire (Figure 11), compte 89 sites soit 3 de plus que l'année précédente (alors qu'en ne considérant que les inventaires de juillet et septembre l'augmentation était de 9 sites). Le niveau sur l'année 2019 reste cependant à un niveau inférieur au niveau moyen (94.5 sites sur 2007-2018). Après le rebond que représentait les années 2015 à 2017, l'année 2019 retrouve un niveau comparable aux années 2012-2014 et à l'année 2018. Les années 2007 à 2017, 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).

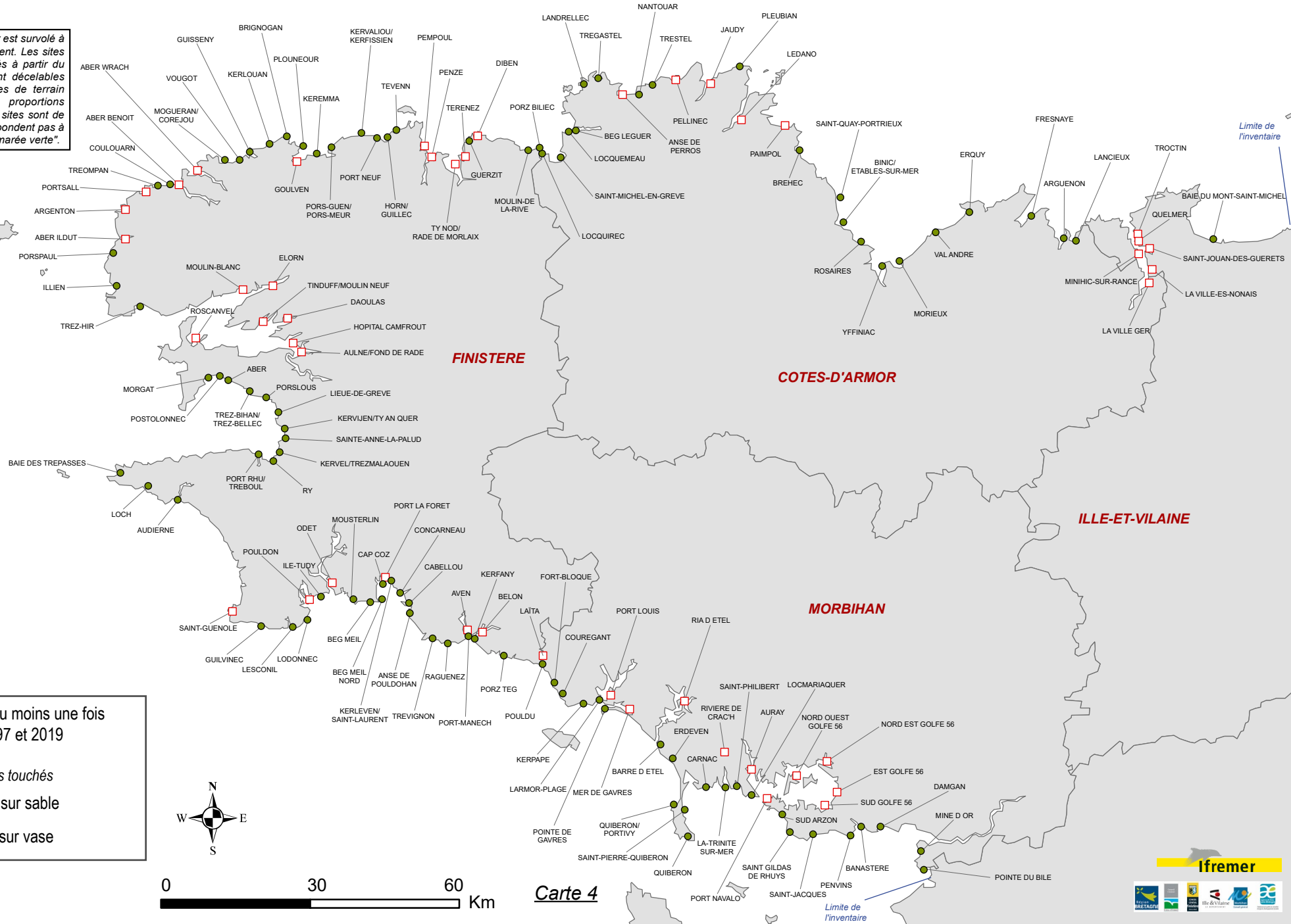


- L'augmentation du nombre de sites répertoriés peut également être mise en relation avec la meilleure connaissance des sites par le CEVA et par les efforts déployés pour visiter tous les sites, même de petite taille et en particulier les vasières.
- Aucun site n'a été classé pour la première fois en 2019 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 15 fois sur les 23 années d'inventaires sont représentés (soit près de 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 22 années sur 23 (3 sites de la baie de Douarnenez avaient quitté cette catégorie car sans ulves en 2018) et 9 l'ont été 21 années sur 23 (soit 33 sites qui ont été touchés au moins 21 années sur 23). 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 2019

141 sites touchés

- site sur sable
- site sur vase

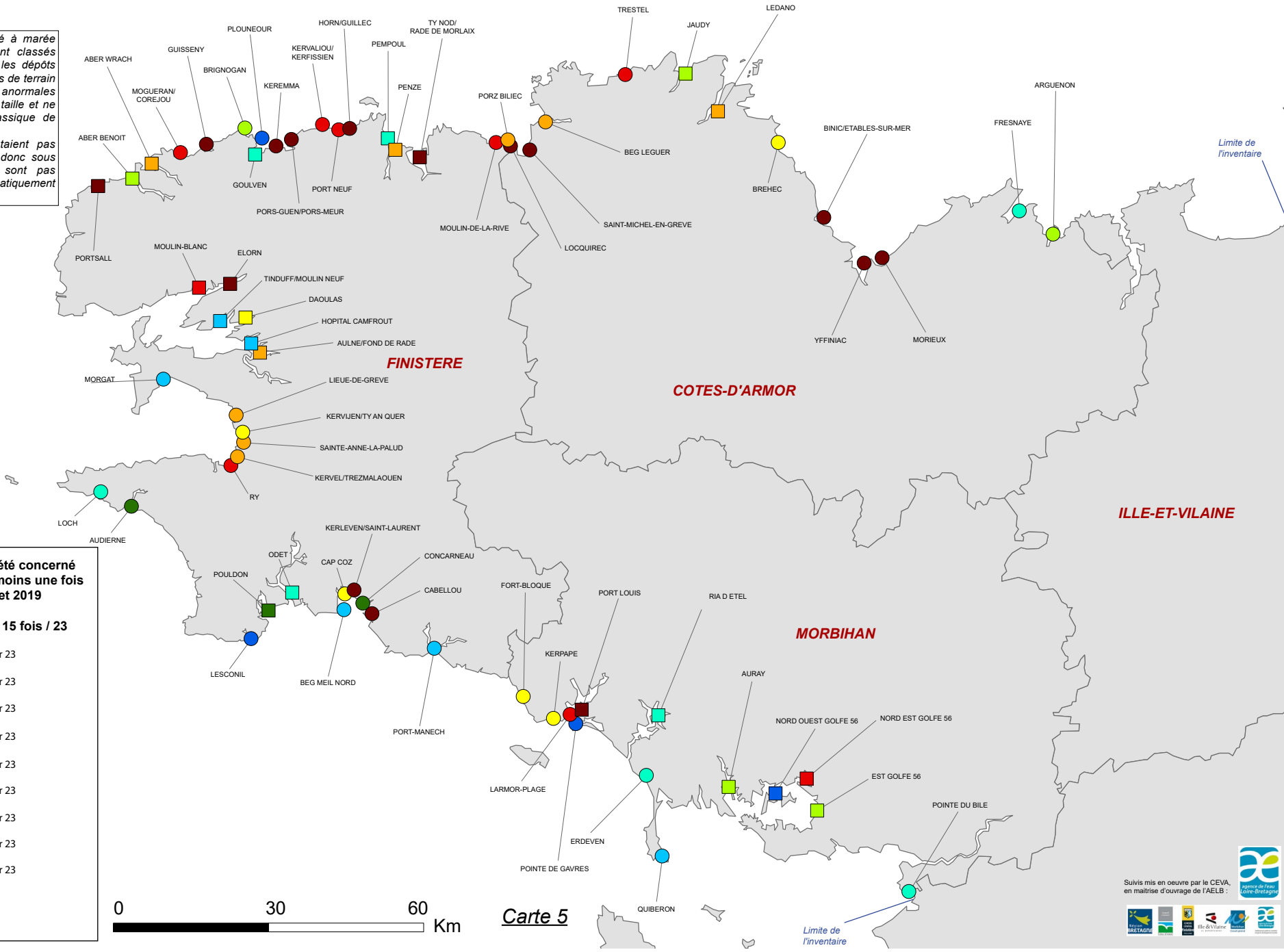


0 30 60 Km

Carte 4

Sites les plus fréquemment touchés par des échouages d'ulves sur la période 1997-2019

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 2019

66 sites concernés au moins 15 fois / 23

- site concerné 15 années sur 23
- site concerné 16 années sur 23
- site concerné 17 années sur 23
- site concerné 18 années sur 23
- site concerné 19 années sur 23
- site concerné 20 années sur 23
- site concerné 21 années sur 23
- site concerné 22 années sur 23
- site concerné 23 années sur 23

○ plage
□ vasière

Carte 5



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

Dans les sites repérés comme touchés par des échouages d'ulves, deux situations distinctes se rencontrent. Les sites « classiques » de « marées vertes », les plus connus du public, sont des secteurs de plage relativement ouverts où les ulves prolifèrent en « rideau » et se déposent en partie sur l'estran sableux à marée basse. A noter que cette catégorie « sites de plage » est elle-même constituée de deux sous-groupes : les sites « classiques » de prolifération d'ulves en suspension dans la masse d'eau (cas des grandes baies les plus connues comme affectées par des « marées vertes ») et des sites dits « d'arrachages » pour lesquels une partie importante de la biomasse s'est constituée alors que les ulves étaient encore fixées sur des substrats rocheux. 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 2019. 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 2019, **25 sites sur les 89 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 2019, 19 vasières sont concernées en juillet ou septembre ce qui représente donc **25 % du total des sites**. La forte baisse de la proportion de ces sites (35 % en 2018) est liée conjointement à la diminution du nombre de vasières touchées (de 23 en 2018 à 19 en 2019) et à l'augmentation du nombre de sites sableux (de 43 en 2018 à 56 en 2019). La **proportion de vasières touchées est très nettement inférieure au niveau moyen sur les années 2007-2017 (35 %) et au niveau le plus bas sur cette période**. 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 1997-201).
- **La prolifération sur la plupart de ces sites est assez longue** : près des deux tiers (60 %) des sites sont touchés deux ou trois fois sur les trois inventaires de 2019. 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 2019 également, 10 vasières se trouvent dans cette situation, de prolifération « courte ». Et sur ces 10 vasières, 6 ne sont touchées que sur le premier inventaire, de mai. On peut noter cependant pour 2019 que 11 vasières sont classées lors des trois inventaires (soit 44 % de l'ensemble des vasières classées).

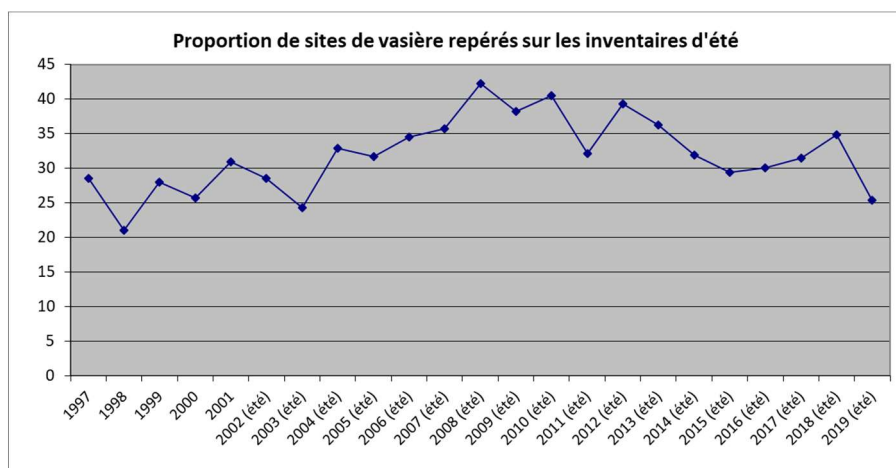
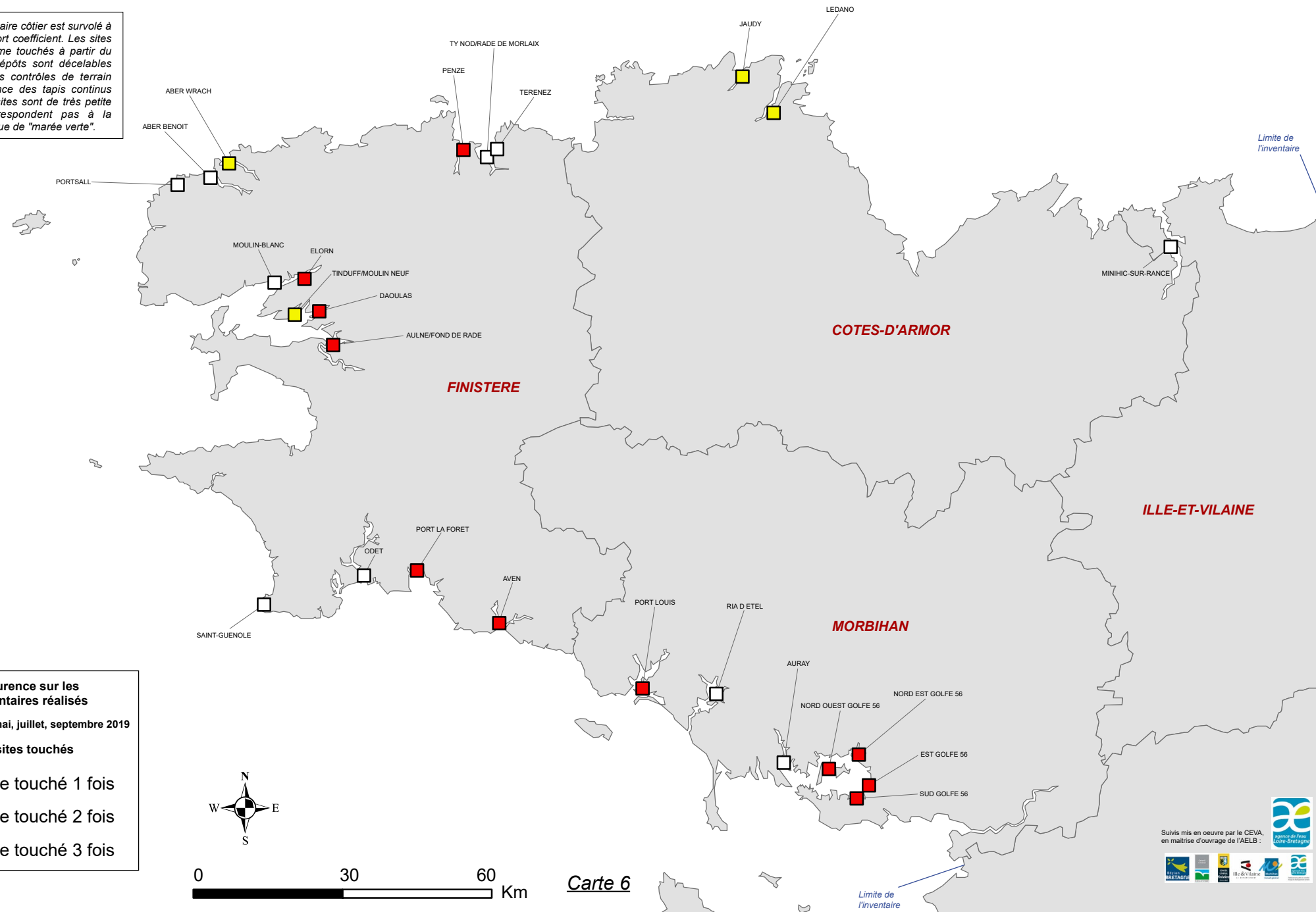


Figure 12 : Proportion de vasières dans les sites touchés par des échouages d’ulves sur les années 1997 à 2019. L’amélioration des suivis permet probablement d’expliquer, en partie au moins, l’augmentation de la proportion des vasières dans le total des sites inventoriés du début des suivis à 2008.

Vasières touchées par des échouages d'ulves au cours de la saison 2019

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. La plupart du temps, il s'agit soit d'*Ulva*, soit d'*Enteromorpha* (du moins des formes filamenteuse nommées classiquement entéromorphes, mais désormais rattachées au genre *Ulva*), soit, plus rarement, en particulier sur les vasières, de l'*Ulvaria* (antérieurement dénommée *Monostroma*). 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.. 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 et leur morphologie. Depuis 2014 de telles prospections et déterminations n'ont pas pu être réalisées (moyens à mobiliser importants et solidité « relative » des interprétations qui en découlent du fait de la simple analyse au microscope des algues et des difficultés d'échantillonnage 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.

Les **algues vertes filamenteuses** ont été relevées sur certains sites encore en 2019, mais à un niveau moindre qu'en 2018. 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 2019**. En majorité, ces « autres algues » sont des **petites algues filamenteuses, vertes, brunes ou rouges** qui semblent avoir des capacités de prolifération dans des milieux dont le niveau trophique est plus bas que ceux favorables au développement des ulves (programme CARMA en cours au CEVA ayant pour objectif de caractériser l'écophysologie de ces « autres algues »). Cette thématique des « autres algues » est toujours d'actualité en 2019, mais un peu moins prégnante qu'en 2018 ou en 2016 et 2017 pour lesquelles certains sites avaient été très fortement touchés par des proliférations de ce type, en particulier la baie de Douarnenez (2018 : pas d'ulves sur cette baie, pour la première fois depuis le début des suivis) et les baies de l'est des Côtes d'Armor. A noter que dans certains cas, la prolifération d'algues « non ulves » comme par exemple les Ectocarpales (Est des Côtes d'Armor en 2019 et années précédentes) ou *Asparagopsis* (*Falkenbergia*) (baie de Douarnenez) semble avoir une forte incidence sur le développement des Ulves (compétition entre espèces, au moins pour le paramètre lumière), ce qui conforte l'intérêt de les suivre.



Les éléments marquants pour 2019 sont :

- Quelques sites (7) sont concernés par des **proliférations d'algues vertes filamenteuses**. Ces proliférations sont en 2019 plutôt ponctuelles (une seule date d'inventaire par site touché, en général juillet) et plutôt sur des petits sites de la côte nord Bretagne (en particulier Trégor et Léon, cas classiquement observé tous les ans). Les sites les plus vastes concernés sont sur l'est des Côtes d'Armor (Binic et Lancieux) mais les proliférations n'étaient pas très massives comme certaines années et toujours en mélange avec des ulves (Binic) ou des Ectocarpales (Lancieux en juillet). On note un inventaire (septembre) pour lequel la baie de la Forêt présentait des échouages dominés par les algues vertes filamenteuses (Kerleven ; ce qui est assez exceptionnel). En 2018 les algues vertes filamenteuses concernaient beaucoup plus de sites (13) ce qui était proche de ce qui avait été relevé en 2015 (14 sites) ou 2014 (17 sites). Le niveau de 2019 est plus conforme aux relevés de 2017 (5 sites) ou 2016 (9 sites).
- Pour la **première fois dans nos suivis, le site de Saint Michel en Grève** (exclusivement et systématiquement touché par des proliférations d'ulves) a connu en 2019 une prolifération d'*Ulvaria obscura*. Après un début de saison sans algues vertes (avril et mai exemptes d'algues), les ulves semblaient s'imposer en juin. Mais en juillet, on constatait, sans erreur possible la présence en certaines parties de la baie, d'*Ulvaria* en proportion supérieure aux ulves. Quand d'autres secteurs étaient dominés par les ulves. Dès le mois d'août, les ulves semblent s'être totalement imposées et ce jusqu'à la fin de la saison. Il n'est pas impossible que d'autres proliférations furtives de ce type aient déjà eu lieu sur cette baie dans les années antérieures et soient passées inaperçues, mais cela semble peu probable. Le contexte de quasi absence d'ulves sur les mois d'avril à fin mai pourrait expliquer en partie ce développement d'*Ulvaria* (« niche rendue disponible » par l'absence d'ulve). Par ailleurs, la baie de la Fresnaye a également présenté une prolifération d'*Ulvaria*, en mélange avec des Ectocarpales, en début de saison (mai et juin et dans une moindre mesure avril) ce qui est plus « habituel » sur cette baie (2015 à 2018 et 2007-2009).
- De nombreux sites ont encore été concernés par les **algues brunes filamenteuses** de types Ectocarpales (*Pylaiella littoralis* ou autres Ectocarpales, la distinction sur simples critères morphologiques n'étant pas toujours possible). Comme relevé depuis de nombreuses années (2006), **l'est des Côtes d'Armor** est fortement concerné par ces proliférations (Fresnaye et Lancieux ; en association avec des algues vertes et cette année la baie de l'Arguenon). Ces algues sont à nouveau retrouvées sur la **baie de Douarnenez** en mélange avec des proliférations d'ulves (*Falkenbergia*, algue rouge, en début de saison et Ectocarpales en septembre). Des Ectocarpales sont également massivement échouées sur Carantec en mai (site « Ty Nod rade de Morlaix ») et sur le Nord de l'anse de Pempoull (site « Penzé ») et en quantité moindre sur Brouenou (« Aber Benoit ») en mai et juillet. A noter également des Ectocarpales, en quantité modeste mais dominant l'échouage sur la baie de Quiberon en juillet.
- La **prolifération d'algues rouges filamenteuses** concerne en premier lieu la **baie de Douarnenez** (mai et juillet). On note aussi des proliférations importantes d'*Asparagopsis* (*Falkenbergia*) sur l'anse de Dinan en mai et juillet mais en septembre les algues qui y sont trouvées sont des *Aglaothamnion* sp.
- En 2019, les **échouages de *Solieria chordalis* sont surtout massifs en août** (suite, très probablement au coup de vent du début août qui aurait entraîné des arrachages et échouages sur plage) et septembre sur la **presqu'île de Rhuys** jusqu'à Penvins (en putréfaction importante, dès le mois d'août et encore plus en septembre). Ces algues sont également retrouvées en échouages sur quelques sites du littoral sud (« Quiberon » et « Beg Meil Nord »). Ces échouages nuisants et massifs en 2019 font suite à une année 2018 qui avait présenté peu d'échouages de ces algues.



3.1.5. Conclusion

Les inventaires en dénombrement de sites sur le littoral breton en 2019 ont permis de repérer :

- Un nombre de sites touchés par des échouages d'ulves sur les 3 inventaires en **légère augmentation par rapport à 2018 (+ 3 sites)** : avec 89 sites repérés, l'année 2019 reste cependant **en dessous du niveau moyen 2007-2018** (94.5 sites).
- Un nombre de sites **en mai** (55 sites) qui est **inférieur au niveau des trois années antérieures** (2018 avec 63 sites et surtout 2017 qui comportait 79 sites touchés), mais conforme à la moyenne 2002-2018 (54 sites). Sur ce critère, l'année **2019 apparaît donc comme « normalement précoce »**.
- **Un niveau de juillet** (59 sites) qui augmente légèrement et se situe à **un niveau très inférieur au niveau moyen** (70.8 sur 2002-2018 soit 17 % inférieur).
- **Un niveau en septembre** (61 sites) qui est le niveau maximum atteint en 2019 et légèrement inférieur au niveau moyen (62.7 sur 2002-2018). La prolifération est donc relativement peu soutenue y compris en fin de saison, sur ce critère de dénombrement.
- L'analyse sur la seule **période « estivale » juillet à septembre** (75 sites) confirme la position de l'année 2019 nettement en dessous du niveau moyen 2007-2018 (82.8 sites) mais supérieur à l'année précédente qui était au niveau le plus bas depuis 2007.
- Au travers de ce dénombrement on perçoit donc une année de **prolifération « moyennement précoce » et relativement peu intense en été puis à l'automne**.
- Une **proportion des sites de vasière** dans le total des sites (25 %) qui est particulièrement faible (32.5 % sur les années 2007-2018) indiquant que le niveau inférieur à la moyenne est en bonne partie en lien avec le moindre nombre de vasières touchées.
- De nombreux sites touchés par des proliférations **d'algues autres que les ulves** : quelques sites, surtout sur le littoral nord, touchés par des **algues vertes filamenteuses ; Ectocarpales** principalement sur l'est du littoral costarmorcain et sur la baie de Douarnenez (en succession et/ou association avec des **algues rouges filamenteuses** et notamment du *Falkenbergia*). En 2019, l'algue rouge *Solieria chordalis* a généré des échouages massifs et des putréfactions localement intenses dès le mois d'août sur le littoral sud Bretagne (particulièrement sur la presqu'île de Rhuys).
- 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 2019 ; seules 10 masses d'eau 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 2018, 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 2019 comme pour les années 2009 à 2018, 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 2019 »)



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

Pour ce qui est des sites « sableux » touchés par des échouages d'ulves en 2019, 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 0,06 à 247.1 ha soit dans un rapport de 1 à 4 000, 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 de 2019 (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 2002-2018), et pour certains sites dont le maximum est en août (Finistère nord notamment) voire en octobre certaines années. En 2019, année précoce sur la baie de Saint Briec, le maximum annuel des sites de plus fort poids régional est en juin (le maximum du cumul des sites sableux est en juin). Pour une partie des sites, le maximum sur 7 inventaires est supérieur au maximum sur 3 inventaires (Morieux, Binic/Etables, Fresnaye mais aussi Kervijen/Ty an Quer pour lesquels les maxima sont en juin) mais pour la plupart des sites le maximum sur 3 ou 7 inventaires est identique (pour les sites de plus fort poids régional, en surface). On perçoit bien, à travers ces représentations, les grandes disparités rencontrées (seuls 3 sites au-dessus de 31.1 ha dont 2 sont autour de 200 ha sur les maximum 3 inventaires) 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 » (mai, juillet et septembre) :

Tableau 4 : Répartition des sites sur secteur de plage par classe de taille maximum atteinte en 2019 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 2019 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	28
de 1 à 10 hectares	26
de 10 à 50 hectares	7
de 50 à 200 hectares	2
plus de 200 hectares	1

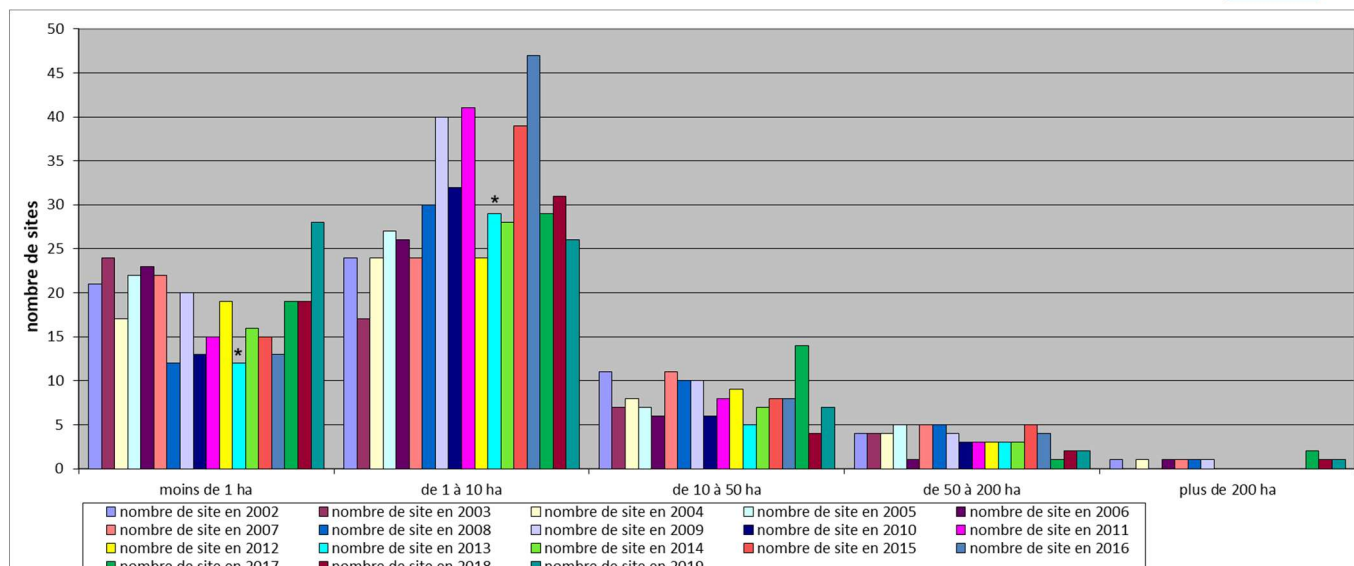


Figure 13 : Répartition par classe de taille (maximum annuel sur les trois inventaires « généraux ») des sites présentant des échouages d'ulves sur secteur de plage entre 2002 et 2019 ; le site de la Fresnaye, touché par des échouages d'*Ulvaria* (« ulvoïde ») de 2007 à 2009 puis de 2015 à 2019 a été 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 2019 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	14	12	28
de 1 à 10 ha	0	5	18	3	26
de 10 à 50 ha	0	2	5	0	7
de 50 à 200 ha	0	2	0	0	2
plus de 200 ha	0	1	0	0	1

L'analyse de la Figure 13 et du Tableau 4 et Tableau 5 permet de conclure pour la saison 2019 :

- Les sites les plus petits sont les plus nombreux (près de 44 % sont des sites de moins de 1 ha en maximum annuel)
- La catégorie des sites de 1 à 10 ha arrive en deuxième position avec 41 % du nombre de sites.



- La catégorie des sites « moyens », **entre 10 et 50 ha regroupe 7 sites en 2019** (contre 8.2 en moyenne 2002-2018). Ce niveau relativement peu élevé s'explique en partie par des maximums peu élevés sur la baie de Douarnenez dont le plus souvent une partie des sites se trouve dans cette catégorie (cette année ils sont tous sous les 10 ha).
- Seul 1 site (Saint Michel en Grève) se trouvent entre **50 et 200 ha** alors qu'ils étaient au nombre de 3.5 en moyenne sur 2002-2018. A noter que le chiffre moyen de 3.5 sites dans cette catégorie est, certaines années, augmenté par l'absence de sites de plus de 200 ha (qui les années de plus faible prolifération se trouve dans la catégorie des 50-200 ha). La fusion des deux dernières classes (donc plus de 50 ha) donne pour 2019 3 sites contre 4 en moyenne sur 2002-2018.
- La catégorie « plus de 200 ha » ne **compte qu'1 site en 2019**, comme c'était le cas en 2018 (« Yffiniac » avec 247 ha alors que « Morieux » avec 198 ha est juste sous ce seuil sur la base des maximums sur 3 inventaires, mais nettement au-dessus -269 ha en juin- sur les 7 inventaires). A noter que les 2 sites de la baie de Saint Brieuc étaient dans cette catégorie en 2017 mais qu'aucun site n'y figuraient entre 2010 et 2016).
- 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**, aucun site n'atteint en 2019 le seuil de 50 ha. Les sites de « Horn/Guillec » (anse du Dossen) et de « Guissény » sont les 2 sites de plus grande surface maximale en 2019 avec un peu moins de 29 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 4 sites de plus grande surface d'échouage se trouvent sur ce département (« Yffiniac », « Morieux », « Saint-Michel-en-Grève » et « Binic/Etables-sur-Mer » pour le maximum sur les 3 inventaires annuels. Ce littoral compte même les 5 sites de plus grande surface maximale si on se base sur les 7 inventaires annuels (ajout de la baie de la « Fresnaye » pour ces surfaces de juin). 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 2019, le département **du Morbihan** (seuls les sites sableux sont considérés ici) ne présente aucun site au-dessus de 10 ha en maximum annuel et seuls 3 sites sont au-dessus d'1 ha (maximum 2.5 ha pour le site de « Penvins » suivi de « Saint Jacques » et « Larmor-Plage » ; « Kerpape » ayant un maximum de 0.99 ha, juste en dessous du seuil de 1 ha). 12 sites sableux présentent des maxima annuels (3 inventaires) de moins de 1 ha.
- Le département **d'Ille et Vilaine** ne comprend encore en 2019 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 », concernant l'ensemble du littoral 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 cependant les mêmes trois plus gros sites du littoral cote armoricain « Yffiniac », « Morieux » (baie de Saint Brieuc) et « Saint-Michel-en-Grève », puis se distinguent, à des niveaux inférieurs et proches, les sites de « Guissény », « Horn/Guillec », « Binic/Etables sur Mer », « Locquirec » puis un peu en dessous les sites de « Kerleven/Saint-Laurent », « Cabellou », « Fresnaye » et « Sainte Anne la Palud ». Les sites morbihannais sableux (vasières non analysées ici) sont moins visibles du fait de leurs surfaces plus modestes (« Penvins » et « Saint Jacques » autour de 4 ha devant « Larmor Plage » en dessous de 3 ha). A noter que ces surfaces, même peu importantes peuvent

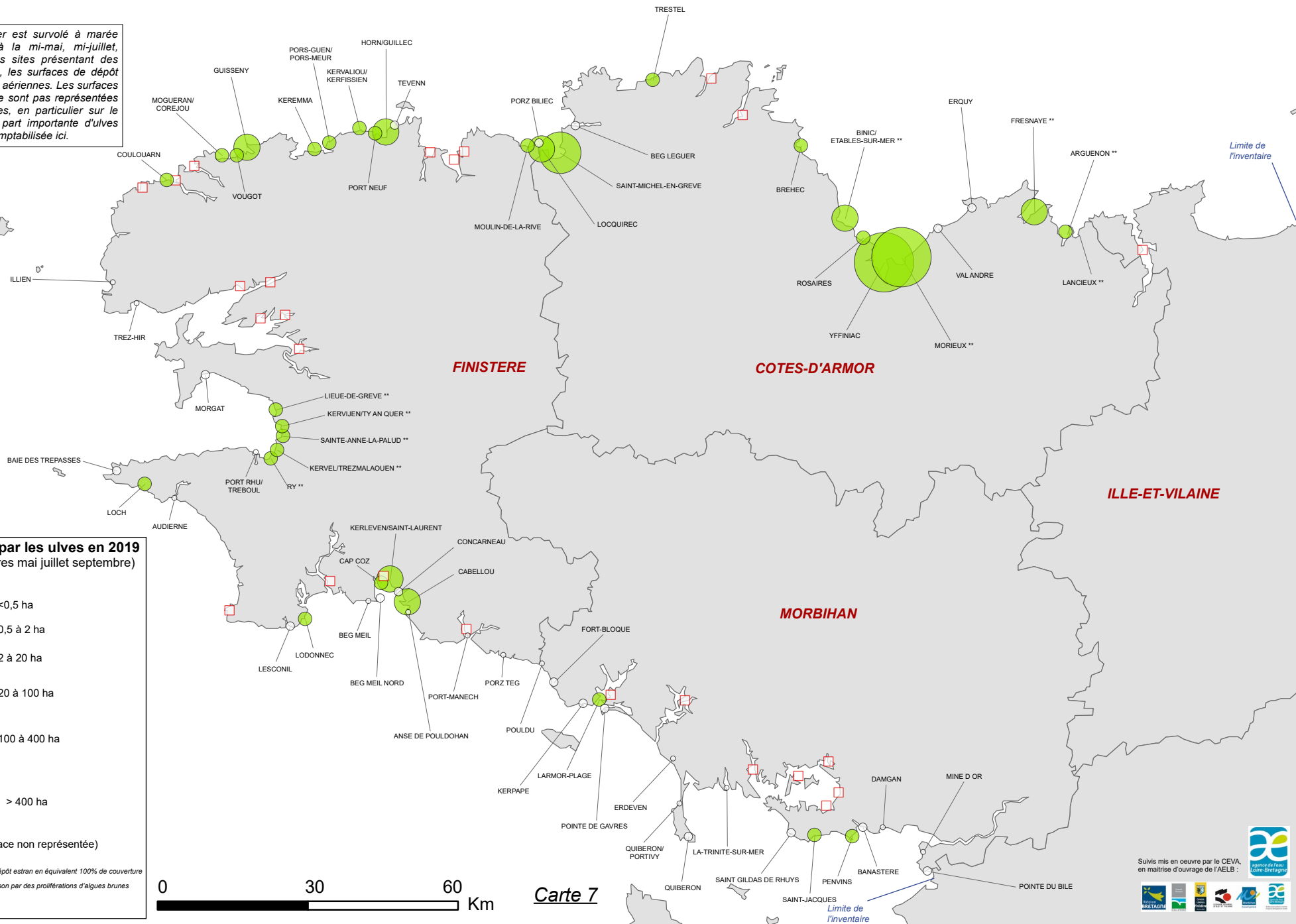


néanmoins localement engendrer une perception d'atteinte importante quand elles se localisent sur des plages, elles même de petite taille et de forte affluence touristique. On peut noter, contrairement à la situation des années 2010-2014, que l'Est des Côtes d'Armor est en 2019 (comme de 2015 à 2018) 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). Alors que les cartes font apparaître sur la baie de Douarnenez, des surfaces d'ulves relativement limitées (absence d'ulves sur cette baie, pour la première fois, en 2018) et en mélange avec d'autres algues filamenteuses rouges ou brunes. 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 ont été cumulées. Les surfaces de vasières colonisées par les ulves n'y sont pas incluses. On y distingue la prédominance de la ME du fond de baie de Saint Briec puis la ME de l'Ouest des Côtes d'Armor (baie de Lannion ; niveau près de 6 fois inférieur) puis ME du Trégor (Léon-Trégor) et enfin la ME de la Baie de la Forêt. La ME « Baie de Douarnenez », non concernée en 2018 par des proliférations d'ulves se place en cinquième position cette année (en 2017 elle était la troisième ME la plus concernée derrière la ME de la Baie de Saint Briec et celle de la baie de Lannion). 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 2019

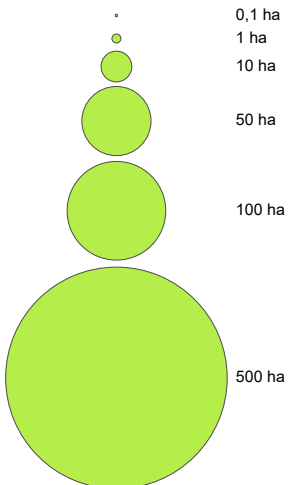
L'ensemble du linéaire côtier est survolé à marée basse de fort coefficient à la mi-mai, mi-juillet, mi-septembre. Pour tous les sites présentant des échouages d'ulves sur sable, les surfaces de dépôt sont mesurées sur les photos aériennes. Les surfaces de dépôts sur les vasières ne sont pas représentées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



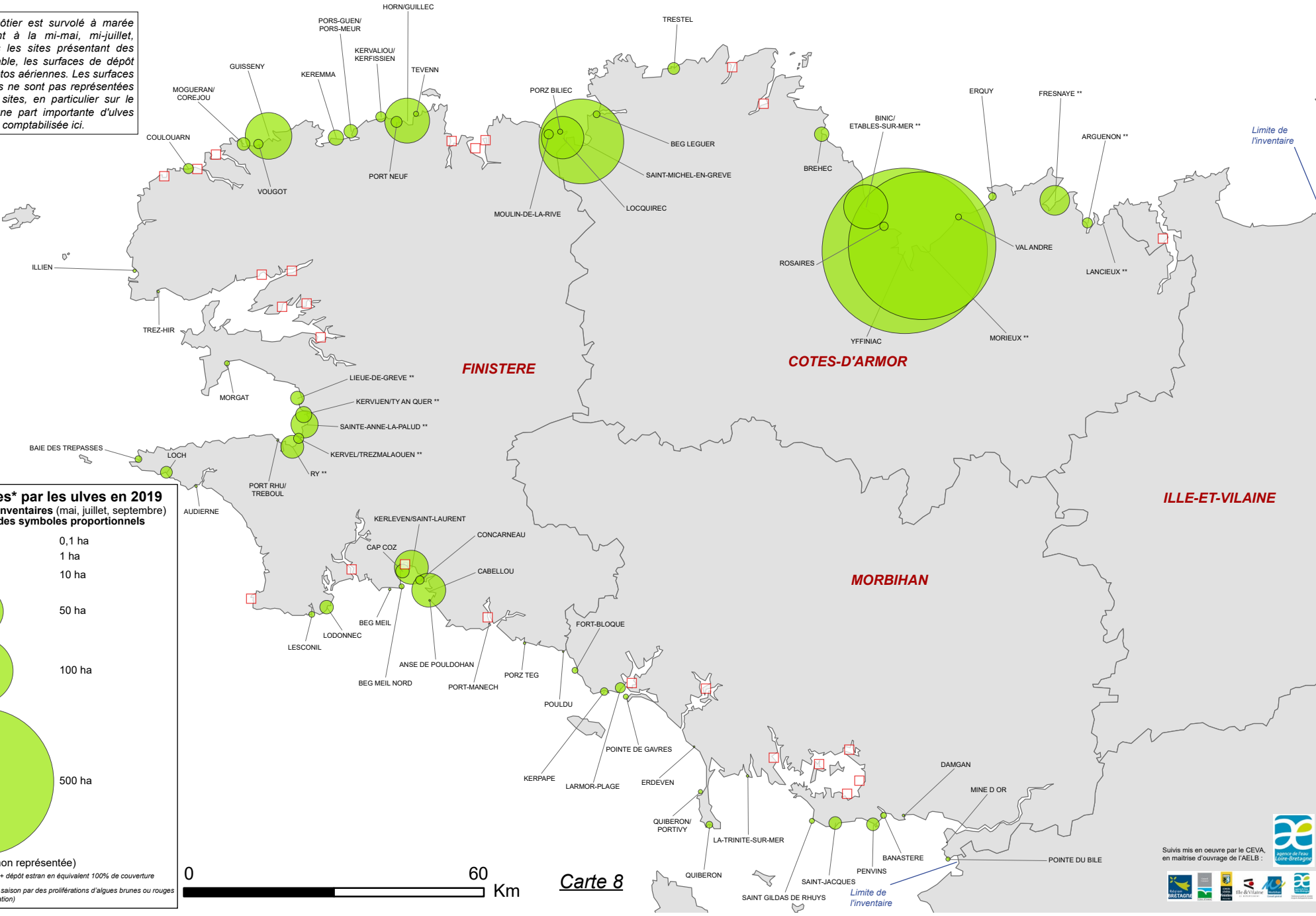
Surfaces couvertes par les ulves cumulées lors des 3 inventaires de surveillance de la saison 2019

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 2019
Plages : cumul sur les 3 inventaires (mai, juillet, septembre)
représentation avec des symboles proportionnels



□ site sur vase (surface non représentée)
* Surface totale couverte = surface riveau + dépôt estran en équivalent 100% de couverture
** Sites touchés au moins une partie de la saison par des proliférations d'algues brunes ou rouges filamenteuses (non intégrées dans l'évaluation)



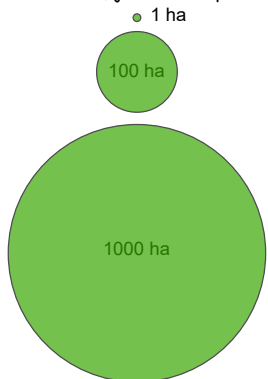
Carte 8

Surfaces couvertes par les ulves sur les plages Cumul par Masse d'Eau en 2019 (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.

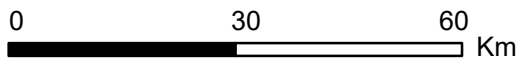
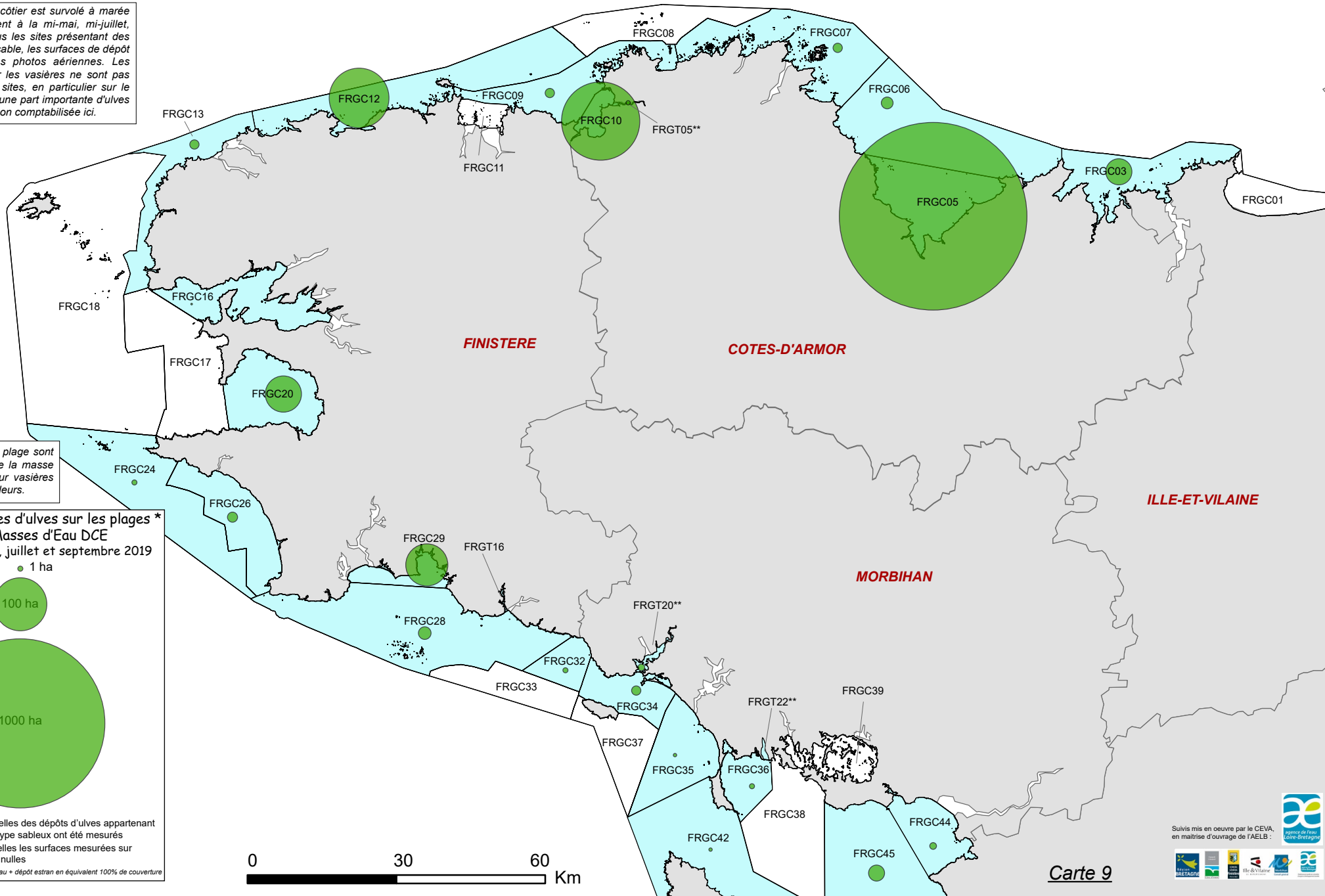
Seuls les échouages sur plage sont reportés ici à l'échelle de la masse d'eau. Les échouages sur vasières sont comptabilisés par ailleurs.

Cumul des surfaces d'ulves sur les plages *
sur les Masses d'Eau DCE
inventaires de mai, juillet et septembre 2019



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 riveau + dépôt estran en équivalent 100% de couverture



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





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 2019 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 2019 par rapport aux années antérieures. On relève :

- En avril, la situation est exceptionnelle avec des surfaces en ulves très élevées sur les 2 sites de la baie de Saint Briec (et dans une moindre mesure Bréhec) et sur la « baie de la Forêt » (surfaces importantes par rapport aux sites de cette baie mais très loin de celles de la baie de Saint Briec qui représentait en avril 92 % de la surfaces de l'ensemble des sites sableux).
- En mai, les sites de la baie de Saint Briec prennent encore de l'importance, comme ceux de la baie de la Forêt. Les proliférations deviennent significatives sur la baie de la Fresnaye, les sites de la baie de Douarnenez, les sites de « Locquirec » et « Lodonsec » mais toujours inexistantes sur la baie de « Saint Michel en Grève ».
- En juin, le site de « Morieux » se distingue particulièrement, tout comme celui de « Saint Michel en Grève ». On peut également noter, au centre des Côtes d'Armor, les surfaces importantes en baie de « Binic/Etables-sur-Mer » et, ce qui est moins fréquent, sur « Val André » et « Erquy ». Les surfaces augmentent fortement sur la baie de la « Fresnaye », de « Guissény » et les sites de la baie de Douarnenez.
- En juillet, les surfaces progressent nettement sur le Dossen (« Horn/Guillec »), sur « Saint Michel en Grève » et « Locquirec » mais régressent très fortement sur la baie de la « Fresnaye » (proportion d'ulvaria autour de 5% ; inférieur à 30 %, en dessous du niveau de classement du site pour les « ulves ») et l'anse de « Binic/Etables sur Mer ».
- En août, les surfaces diminuent sensiblement sur la baie de « Saint Michel en Grève », le site d'« Yffiniac », le Dossen et les sites de la baie de Douarnenez mais augmentent encore sur « Guissény ».
- En Septembre les surfaces diminuent sur la plupart des sites mais présentent un léger rebond sur « Saint Michel en Grève » (phénomène assez classique sur ce site), sur « Guissény » (date du maximum annuel) et « Yffiniac ».
- En Octobre les surfaces diminuent partout, exception faite de l'anse de « Morieux » (progression mais au détriment d'Yffiniac ; l'ensemble baie de Saint Briec étant à un niveau significativement inférieur au niveau de septembre). A cette date, la baie de Saint Briec retrouve une proportion très importante des sites sableux bretons, presque équivalente à avril (84 %).

➤ 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 2019 ; 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 6 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. En 2019, les surfaces couvertes étaient surtout importantes sur les sites de la baie de Saint Brieuc (et « Bréhec ») et de la Forêt qui ont donc été les seuls réellement précoces. Les autres sites étaient quasiment exempts d'ulves en avril. La Baie de la Fresnaye présente cependant un profil plutôt précoce tout comme la baie de Douarnenez, malgré un démarrage qui n'est effectif qu'en mai et significatif surtout en juin.

La précocité des sites est très probablement à relier au maintien à proximité de ces sites de **stocks infralittoraux hivernaux importants**. Et la plus ou moins **grande précocité d'une année** est ensuite liée **aux conditions hivernales et à l'importance de la prolifération de l'année précédente** (cf. paragraphe 3.2.3). Ainsi, au printemps, lorsque les conditions de lumière et de température deviennent progressivement favorables, l'existence de stocks résiduels importants devant ces sites provoque une explosion des quantités d'ulves en situation environnementale saisonnière de non limitation de la croissance des algues par l'azote. La configuration de ces sites constitués de grandes baies peu profondes induit probablement également un réchauffement de l'eau plus important qu'ailleurs ce qui est favorable à la croissance des ulves en début de saison. Pour ce qui est du démarrage précoce de la prolifération 2019 en baie de Saint Brieuc, il peut être mis en relation avec une prolifération 2018 qui a été soutenue notamment en fin de saison (surface en octobre 2018 50 % supérieures à la moyenne d'octobre 2002-2017) et un hiver « relativement peu dispersif (à l'échelle de ce site abrité et très vaste donc difficilement destockable).

- **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**, 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 2019, ces sites ont été plutôt tardifs même si « Guissény » ou « Locquirec » ont présenté une relative précocité, ce qui pourrait être lié à la température de l'eau restée élevée et à l'excédent d'ensoleillement marqué notamment sur février et mars (a priori peu d'impact de la houle sur ces sites du fait de la faible reconduction par les stocks).

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 « Muguéran/Coréjou ») sont concernés par cette hypothèse d'ensemencement par un site voisin. Leurs marées



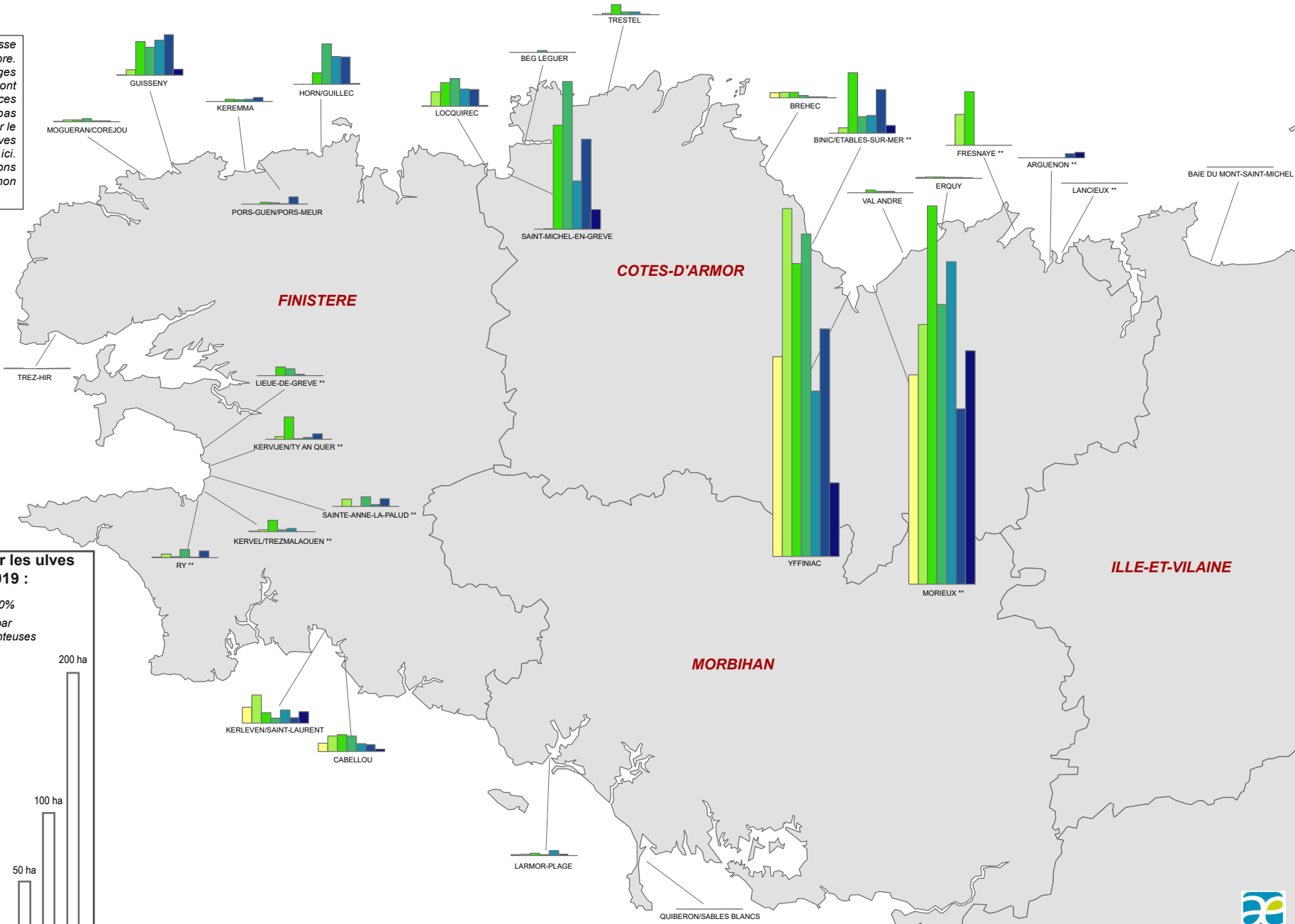
vertes seraient donc dépendantes, au moins en début de saison, des proliférations des sites voisins (« Saint-Michel-en-Grève » pour « Locquirec » et « Yffiniac/Morieux » pour « Binic/Etables »). La situation mesurée en 2014 semble encore conforter cette hypothèse avec des proliférations qui ont été presque 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 tardifs 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). Par contre, l'année 2019 semble faire exception sur la baie de « Locquirec » qui a présenté un démarrage précoce alors même que la baie de « Saint Michel en Grève » était indemne d'ulves. Il se pourrait que pour 2019, l'amorçage de l'anse de Locquirec soit plutôt lié à des algues d'arrachage, à la faveur d'une fin d'hiver particulièrement ensoleillée.

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.

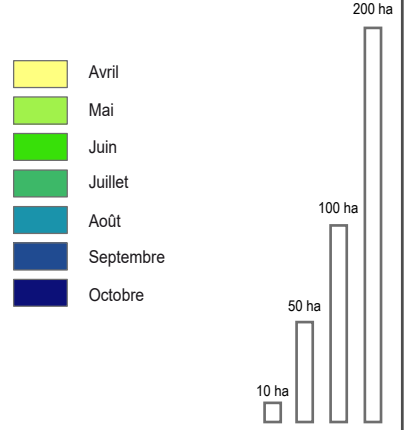
Variation des échouages d'ulves en 2019 entre avril et octobre

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

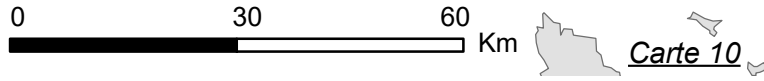


Surfaces* couvertes (en hectares) par les ulves pour les 7 inventaires de 2019 :

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



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





3.2.3. Evolutions de la marée verte sur la période 2002-2019

De 2002 à 2006 dans le cadre de Prolittoral puis de 2007 à 2019, 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 2019, 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 (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 en 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 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 Briec, 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 Briec (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 Briec (+ 47 % par rapport 2015 mais inférieur à la moyenne 2002-2015 de 8 %), baisse sur les autres sites des Côtes d'Armor et niveau proche du niveau moyen sur les côtes du Finistère. Ce niveau moyen sur le cumul des sites du Finistère est lié à des surfaces très faibles sur la baie de Douarnenez (on note même la présence, massive pour la première fois sur ce site, d'algues brunes filamenteuses) qui ne sont pas totalement contrebalancées par des surfaces élevées sur les sites du Léon (« Guissény », « Dossen », « Keremma »).

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

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



comme indicatrice de la précocité de l'année est alors 3.6 fois plus élevée qu'en moyenne 2002-2016 et 50 % supérieure à 2009, année jusqu'à présent la plus précoce.

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

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

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



reconduction très limitée des stocks d'ulves de l'année précédente. La croissance importante des algues en juin-juillet, sur certains secteurs est quant à elle liée à des **conditions de croissance très favorables notamment sur le centre et l'est des Côtes d'Armor** (flux soutenus en juin du fait de pluviosité très importantes en fin mai-début juin et ensoleillement intense à partir de mi-juin).

Evolutions surfaciques relevées en 2019 :

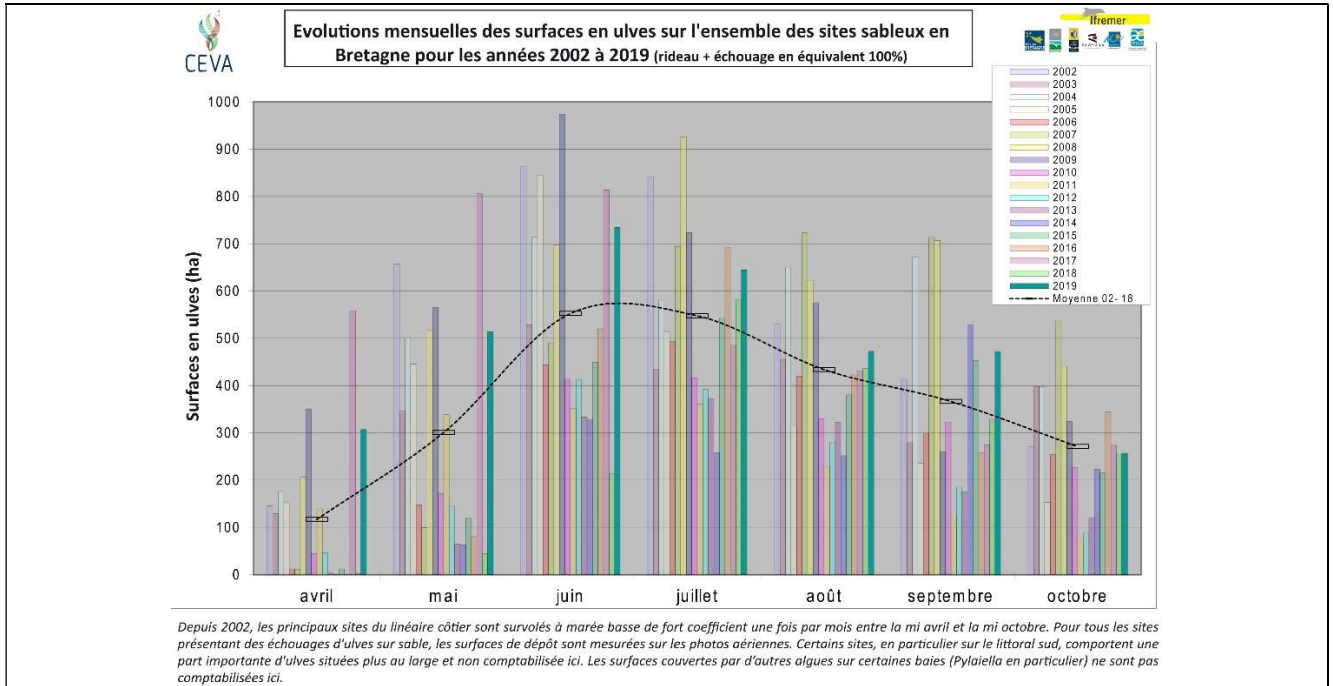


Figure 14 : évolutions mensuelles des surfaces en ulves sur l'ensemble des sites sableux en Bretagne faisant l'objet de suivis mensuels sur la période 2002-2019.

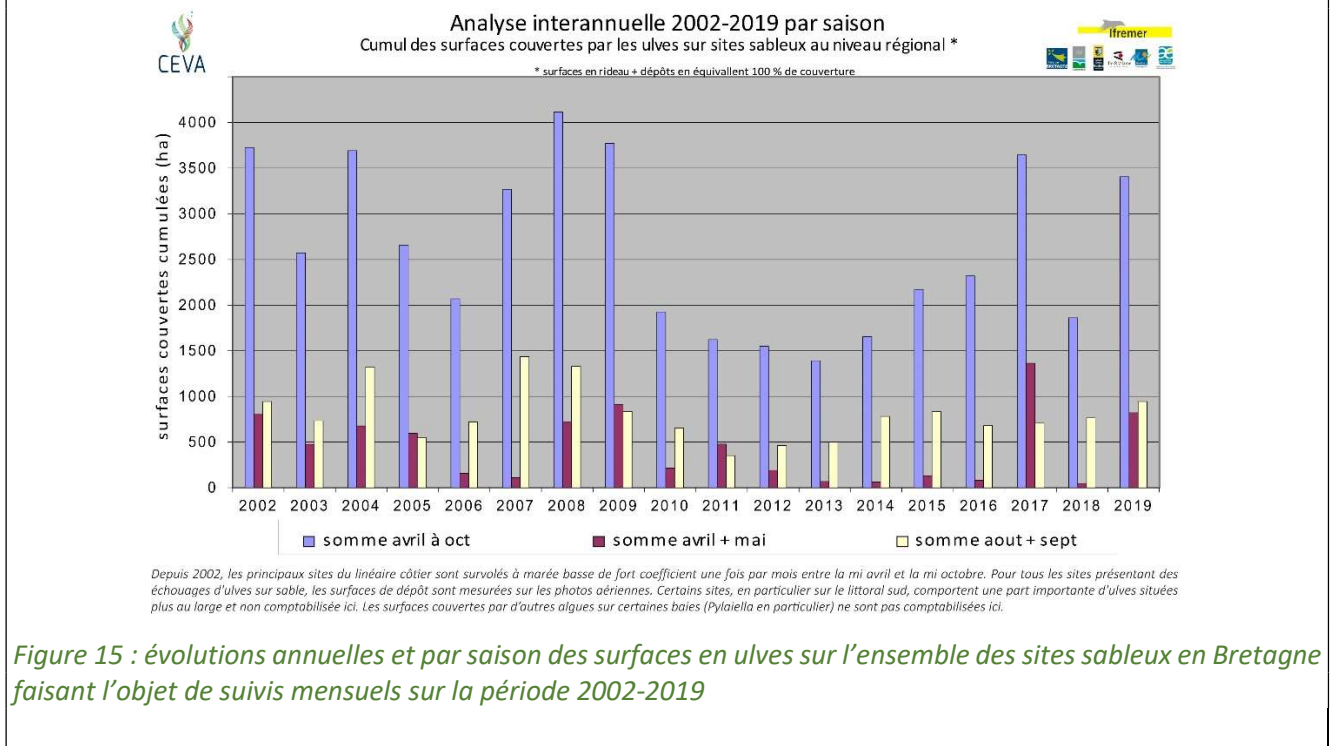
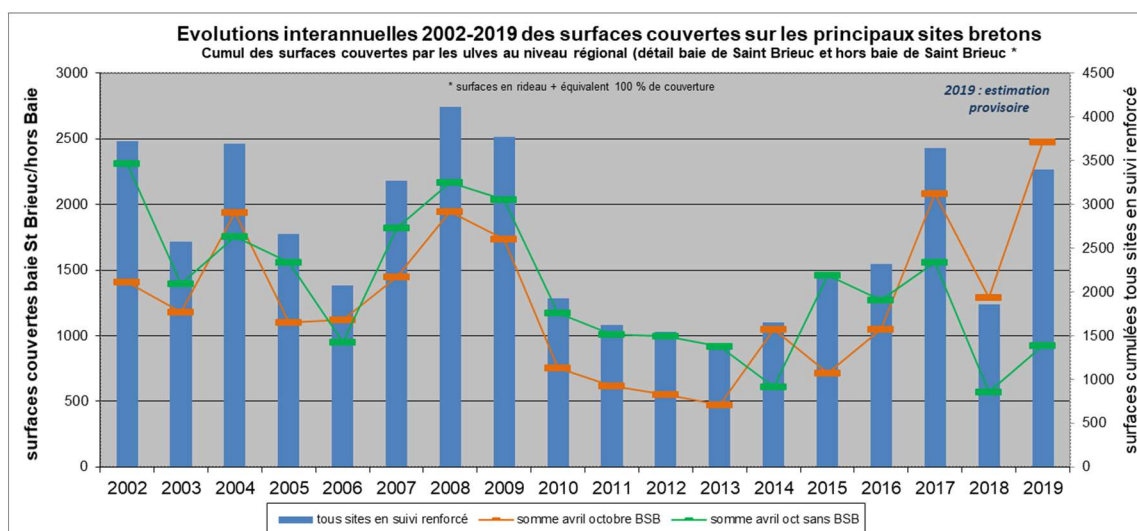


Figure 15 : évolutions annuelles et par saison des surfaces en ulves sur l'ensemble des sites sableux en Bretagne faisant l'objet de suivis mensuels sur la période 2002-2019



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

- **L'année 2019 apparaît comme précoce au niveau régional** (troisième année pour les surfaces d'avril, derrière 2017 et 2009), ce qui est en très **grande majorité lié à la baie de Saint Briec, extrêmement précoce en 2019** (95 % de la surface d'avril se trouve sur cette baie). Les surfaces en avril sont près de **trois fois supérieures** à la moyenne 2002-2018 (7.25 fois plus en ce qui concerne la baie de Saint-Briec).
- Les surfaces **culminent en juin et sont 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 résulte un **cumul annuel sur les 7 inventaires qui est nettement supérieur à la moyenne pluriannuel (+ 30 %)** et près du double de l'année 2018 dont la prolifération a été relativement faible.
- Cette situation annuelle **résulte du démarrage très précoce de la prolifération sur la baie de Saint Briec** 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 résulte **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 Briec est tardif sur la plupart des autres sites**. Exception faite de la baie de la Forêt (surfaces en avril et mai de 3 à 4 fois supérieures à 2002-2018) et de l'anse de Locquirec (site habituellement très tardif et dont les surfaces étaient en mai 6 fois supérieures au niveau moyen 2002-2018). **La prolifération régionale est donc très anormale en 2019 avec une très large domination des surfaces mesurées en baie de Saint Briec** (73 % sur l'année contre 46 % en moyenne sur 2002-2018) qui représentent 95 % de la surface régionale en avril et 60 % au minimum, en septembre. Ainsi l'analyse du niveau régional en distinguant la réaction de la baie de Saint Briec du reste des sites met en évidence une prolifération **limitée sur les baies « hors Saint Briec »** (- 33 % par rapport à 2002-2018) quand la surface sur la baie de Saint Briec apparaît très supérieure au niveau moyen (année de plus fort cumul et 105 % supérieur à la moyenne 2002-2018).

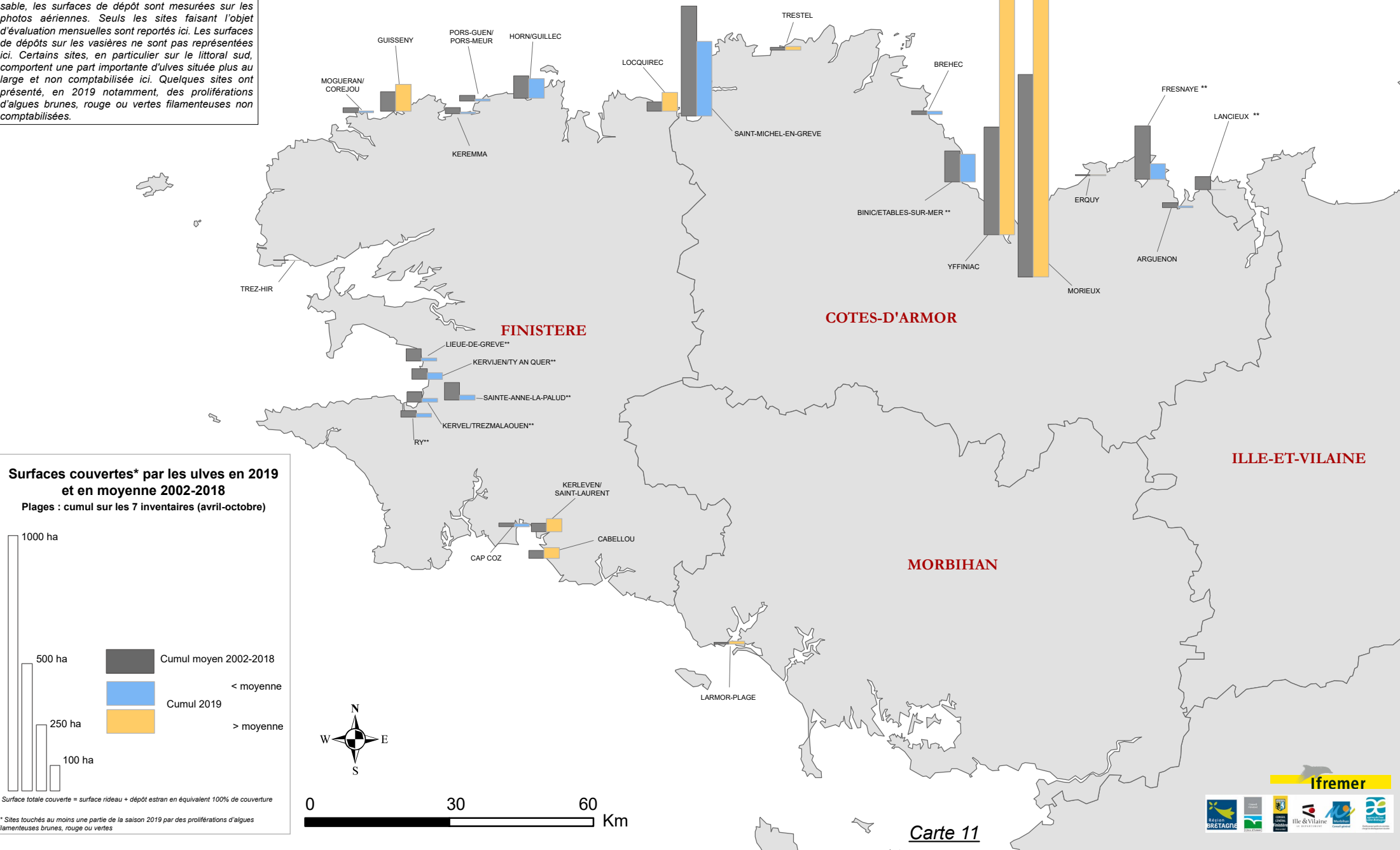




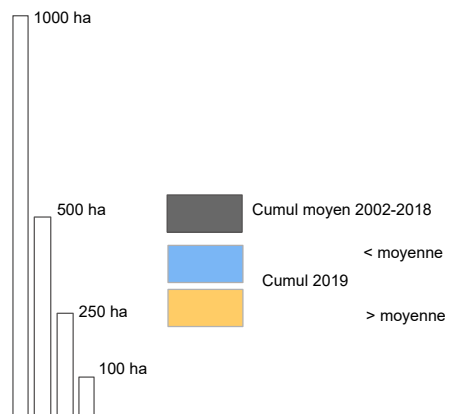
La carte 11 permet de situer l'importance de la prolifération sur l'ensemble de la saison sur chacun des sites faisant l'objet d'une surveillance mensuelle par rapport à la situation moyenne 2002-2018 et la **carte 10** permet de visualiser le détail des surfaces mensuelles sur ces mêmes sites pour l'année 2019.

Surfaces couvertes par les ulves sur les principaux sites sableux cumul des 7 inventaires de la saison 2019 et moyenne 2002-2018

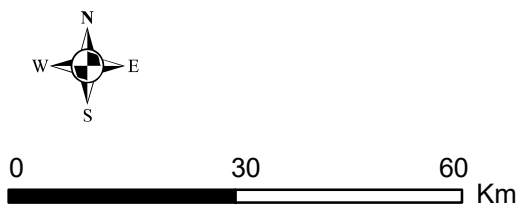
Les sites principaux sont survolés à marée basse de fort coefficient mensuellement d'avril à octobre. Pour tous les sites présentant des échouages d'ulves sur sable, les surfaces de dépôt sont mesurées sur les photos aériennes. Seuls les sites faisant l'objet d'évaluation mensuelles sont reportés ici. 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 2019 notamment, des proliférations d'algues brunes, rouge ou vertes filamenteuses non comptabilisées.



Surfaces couvertes* par les ulves en 2019 et en moyenne 2002-2018
Plages : cumul sur les 7 inventaires (avril-octobre)



** Sites touchés au moins une partie de la saison 2019 par des proliférations d'algues filamenteuses brunes, rouge ou vertes





Éléments d'explication des caractéristiques régionales de la marée verte observée en 2018 :

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.

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.
- **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*).

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).

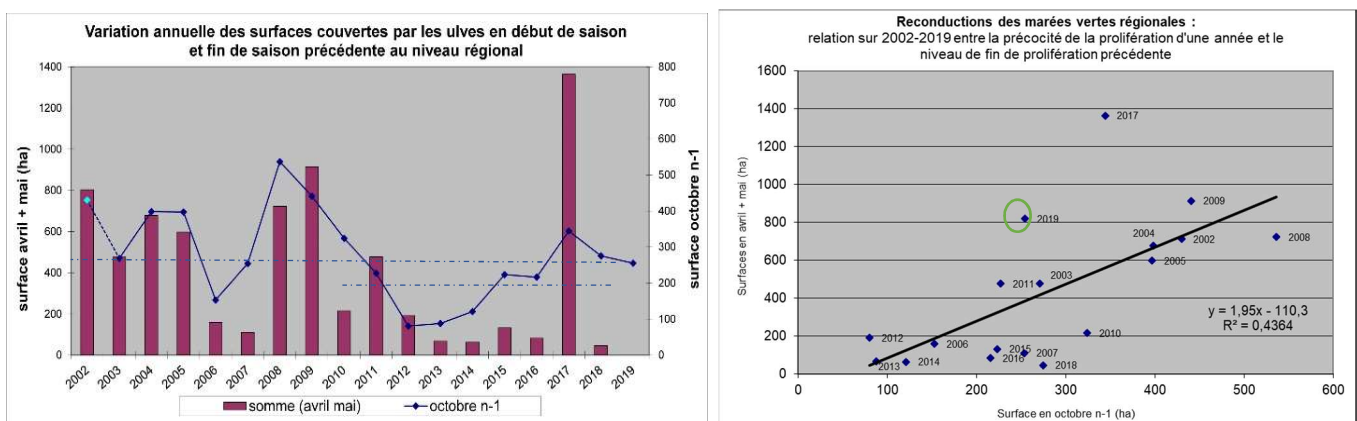


Figure 16 droite et gauche : Surfaces couvertes par les ulves en début de saison (avril+mai) et lien avec le niveau de couverture de la fin de l'année n-1. Les niveaux plus faibles qu'attendus en 2006, 2007, 2010, 2013, 2014, 2015, 2016 et 2018 s'expliquent par : des températures de l'eau plus froides en hiver/printemps que la moyenne (environ 1 mois de retard sur les températures de l'eau sur avril-mai-juin pour 2006, 2010 et 2013) ; le caractère particulièrement dispersif de l'hiver (pour 2007, 2013, 2015, 2016, 2018 et surtout 2014 : 3 fois plus de jours de houle de plus de 3.5 mètres qu'en moyenne). Le caractère plus précoce qu'attendu en 2017 s'explique par l'hiver le moins dispersif et parmi les plus lumineux. La position de 2019 (encerclé de vert) est



liée à une forte précocité en baie de Saint Briec et faible sur la plupart des autres sites importants en surfaces.

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 Briec et pas sur les autres sites majeurs). L'année 2018 est, à l'inverse exceptionnellement tardive (la plus tardive 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) et l'ensemble des années sans les 2 années très précoces en baie de Saint Briec, celle de droite.

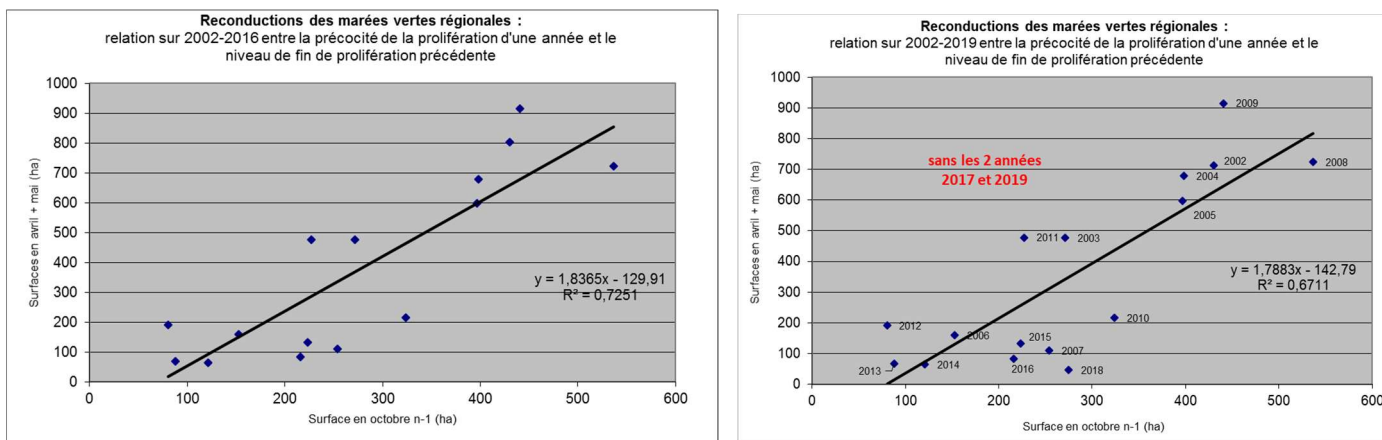


Figure 17 : relation entre les surfaces avril+mai d'une année n avec le niveau d'octobre n-1 sur la période 2002-2016 (figure de droite) et sur 2002-2019, en retirant les 2 années particulière sur la baie de Saint Briec 2017 et 2019 (figure de droite)

Sur les Figure 16 droite et gauche, les années 2006, 2010 et 2013 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.

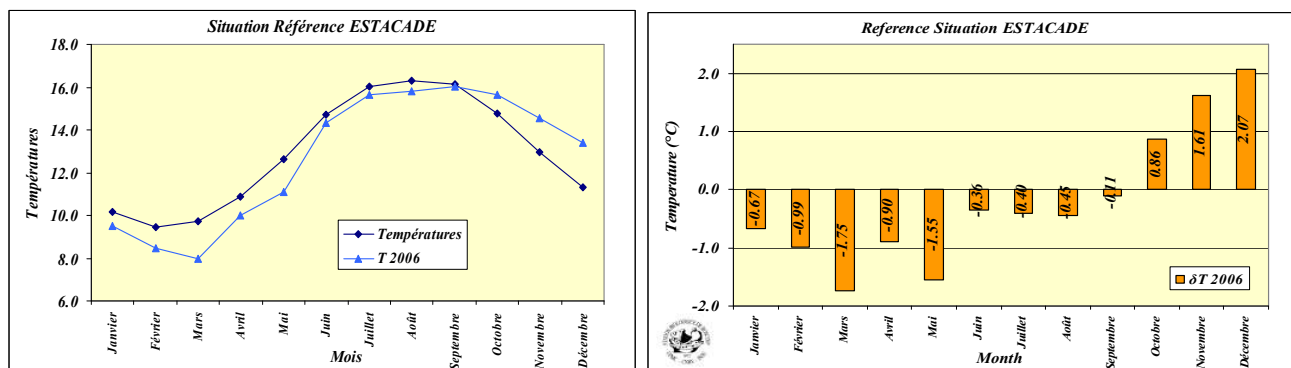


Figure 18 : données de température de l'eau en baie de Morlaix en 2006 par rapport à la moyenne 1985-2006 (données SOMLIT fournies par la Station Biologique de Roscoff)

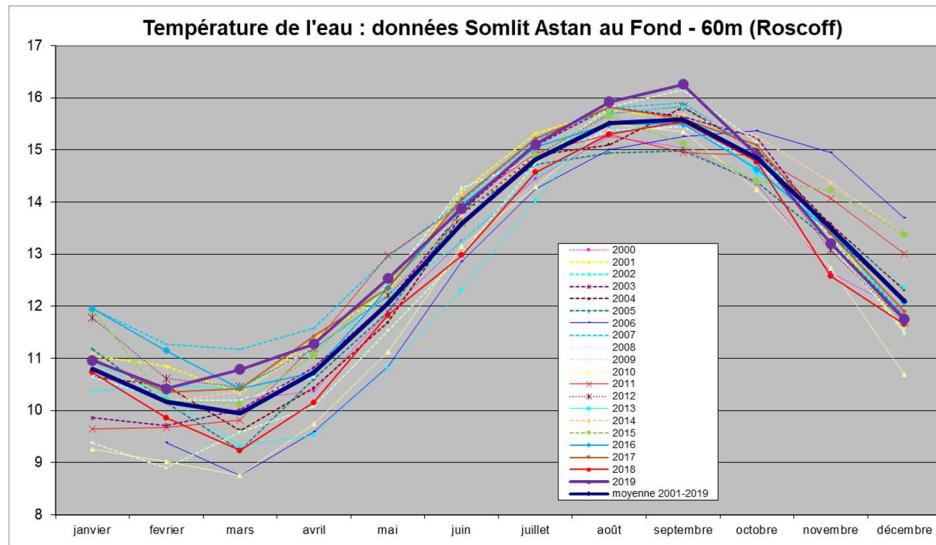


Figure 19 : données de température de l'eau en baie de Morlaix entre 2000 et décembre 2019 sur le point Astan au fond -60m (données SOMLIT fournies par la Station Biologique de Roscoff). On distingue l'année 2010 dont le profil est quasiment identique à l'année 2006 et l'année 2013 dont les températures de l'eau sont à partir d'avril et jusqu'en juillet encore inférieures à 2006 et 2010. L'hiver 2019 présente, à partir de février des températures supérieures aux normales. Les hivers 2006-2007, 2011-2012, 2013-2014, 2014-2015, 2015-2016, 2016-2017 et 2018-2019 présentent, des températures de l'eau demeurées élevées.

L'hiver 2018-2019 (Figure 19) présentait jusqu'en décembre des températures de l'eau inférieures aux normales (ce qui n'est a priori pas pénalisant à cette saison) ; températures qui deviennent légèrement supérieures aux normales en janvier et plus nettement (0.9 °C) en mars puis avril jusqu'à septembre (0.5 °C en moyenne et chaque mois entre 0.3 et 0.7). On peut donc estimer que les températures, plus élevées qu'en moyenne dès janvier, étaient plutôt favorables à un redémarrage précoce (ou au minimum, paramètre neutre, quand les valeurs ne sont pas sensiblement sous les normales).

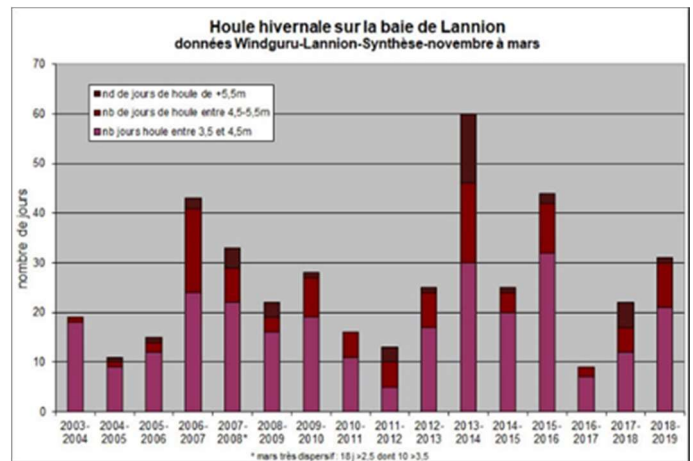
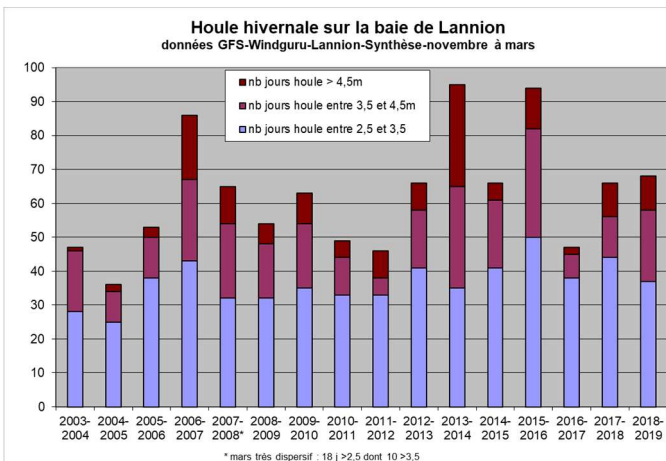


Figure 20 (a) et (b) : statistiques de houle du modèle GFS stockées sur le site Internet Windguru pour le site de Lannion (archivage de la dernière prévision tri-horaire) et compilation par catégorie de hauteur de vague pour la période de novembre à mars. (a), à gauche pour les houles de plus de 2.5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



L'hiver 2018-2019 peut être décrit comme **moyennement dispersif** (Figure 20) ; le nombre de jours de houle de plus de 2.5 m (novembre à mars) est **10 % plus élevé que la moyenne** 2003-2018. En revanche, on dénombre **très peu d'épisodes « très intenses »** (1 jour de + de 5.5 m contre 2.55 en moyenne soit près de 3 fois moins). On peut noter, enfin que les conditions ont été **très irrégulières** (novembre-décembre agités puis, après le 22 décembre, près d'un mois de calme suivi d'un épisode plus agité en fin janvier-mi-février, puis à nouveau une période de calme et un début mars agité pour finir sur une fin mars et un début avril très calme). Il est probable que de telles conditions hivernales suffisent à **éloigner les ulves des baies les plus exposées** (et les plus « petites ») mais ne suffisent pas pour les baies moins exposées et plus vastes (baie de Saint Brieuc).

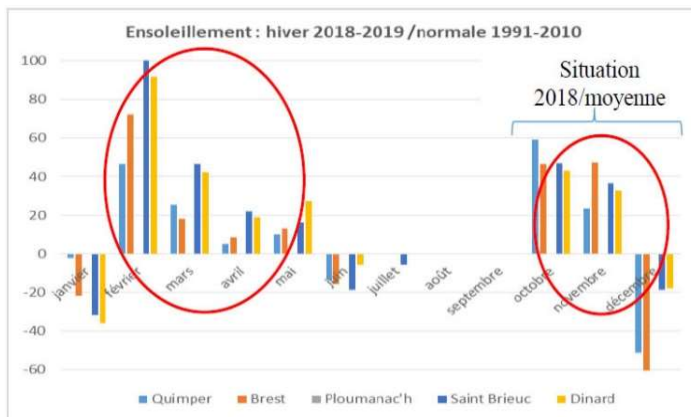


Figure 21 : écart (pourcentage) entre les heures d'ensoleillement sur les stations MétéoFrance littorales suivies et les normales pour ces stations.

L'hiver a été nettement plus lumineux que la normale (Figure 21) : sur novembre-mars les stations MétéoFrance analysées indiquent un excédent d'ensoleillement, particulièrement marqué dans l'est des Côtes d'Armor (respectivement 32 et 28 % d'heures de soleil en plus que la normale sur Saint Brieuc et Dinard ; 12 et 13 % sur Quimper et Brest). C'est notamment le cas des mois de février et mars, mois pour lesquels ce paramètre est probablement particulièrement sensible.



Pour ce qui est de la reconduction de la marée verte sur **l'hiver 2018-2019**, les éléments principaux sont :

- Les **quantités algales présentes en octobre 2018** étaient, pour la somme régionale, légèrement **inférieures au niveau de 2017 et à la moyenne 2002-2017** (-6 %), mais cependant **supérieures à la moyenne des dernières années** (+ 30 % par rapport à octobre 2010- octobre 2017). Cependant, les situations sont **très différentes selon les sites** (+ 50 % sur la baie de Saint Briec, mais – 50 % sur Saint Michel en Grève),
- La température de l'eau **était, à partir de janvier supérieure à la moyenne pluriannuelle** devenant très supérieure à partir de mars (0.9 °C en mars puis en moyenne 0.5 °C sur avril-septembre). Ce paramètre est donc neutre ou favorable à la reconduction,
- **L'hiver a été moyennement dispersif** ; le nombre de jours de houle de plus de 2.5 m (novembre à mars) est **10 % plus élevé que la moyenne 2003-2018**. En revanche, on dénombre **très peu d'épisodes « très intenses »** (1 jour de + de 5.5 m contre 2.55 en moyenne). On peut noter, enfin que les conditions ont été **très irrégulières** (novembre-décembre agités puis, après le 22 décembre, près d'un mois de calme suivi d'un épisode plus agité en fin janvier-mi-février, puis à nouveau une période de calme et un début mars agité pour finir sur une fin mars et un début avril très calme). Il est probable que de telles conditions hivernales suffisent à **éloigner les ulves des baies les plus exposées** (et les plus « petites ») mais ne suffisent pas pour les baies moins exposées et plus vastes (baie de Saint Briec).
- L'hiver a été **nettement plus lumineux que la normale** : sur novembre-mars les stations MétéoFrance analysées indiquent un excédent d'ensoleillement, particulièrement marqué dans l'est des Côtes d'Armor. C'est notamment le cas des mois de février et mars, mois pour lesquels ce paramètre est probablement particulièrement sensible.

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

A noter, à l'opposé de la situation hivernale 2018-2019, que le démarrage de la prolifération 2020, est, suivant les mêmes critères, prévu tardif (dispersion forte).

Les flux de nutriments :

Jusqu'en 2009, seuls les sites du précédent programme de lutte « Prolittoral » faisaient l'objet de suivi de leur qualité de l'eau et flux au littoral. En 2010, en plus de ces bassins versants a été ajoutée la compilation des données des 3 cours d'eau (Gouet, Urne et Gouessant) se jetant en fond de baie de Saint Briec, avec les mêmes méthodes (calcul des débits journaliers, interpolation des concentrations journalières puis calcul des flux journaliers). En 2011, ont été ajoutés l'Horn et le Guillec. De plus, 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 permet 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 Quemper Guézennec (pour les mois antérieure 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).

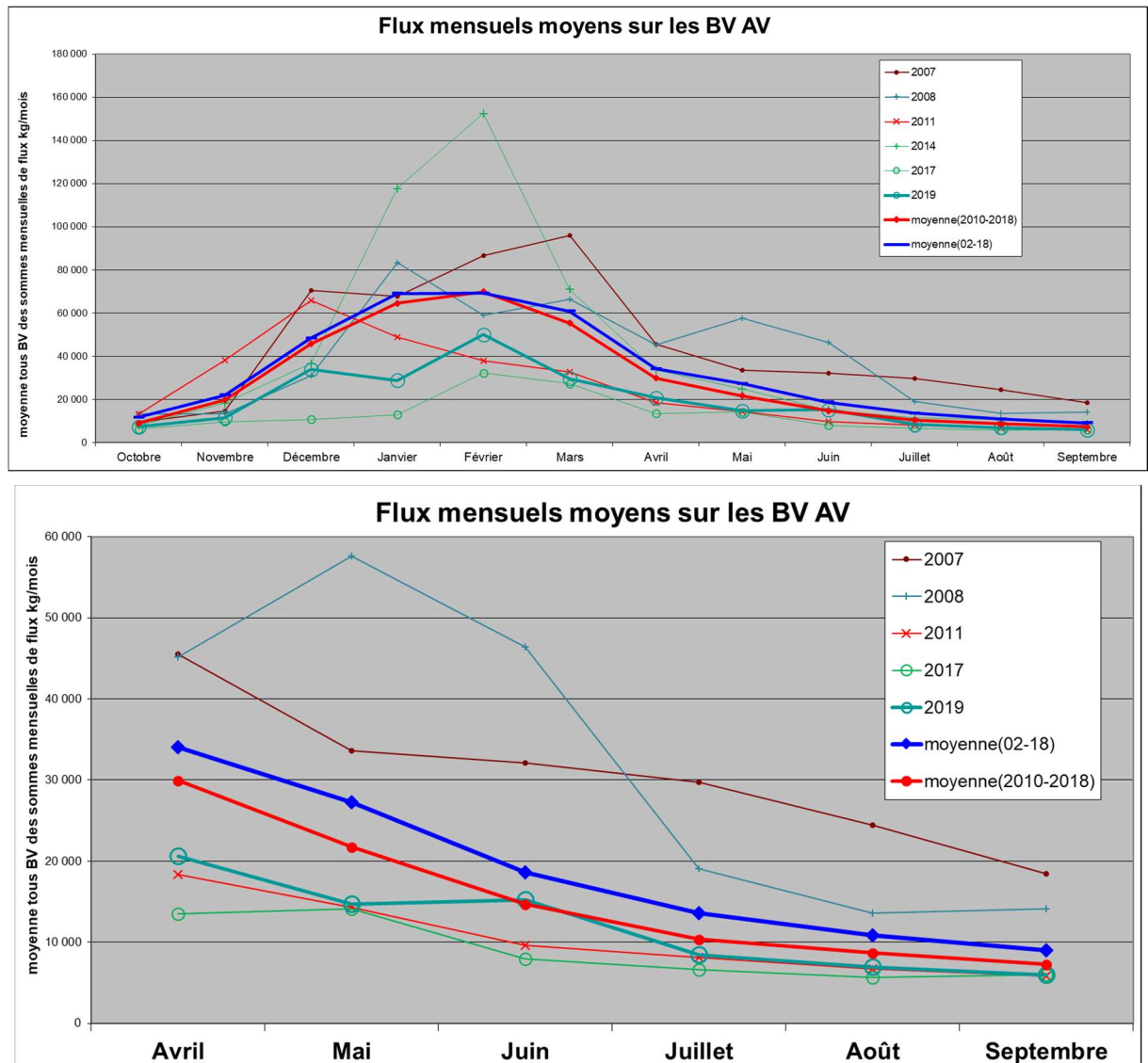


Figure 22 (a) et (b) : flux moyens mensuels à l'exutoire des bassins versants concernés par les proliférations (moyenne des flux mensuels des 7 cours d'eau alimentant les sites du programme « Prolittoral 2002-2006 » + flux des trois cours d'eau du fond de baie de Saint Briec : Gouessant Urne Gouet + flux de l'Horn + Guillec). Seules certaines années ont été sélectionnées sur ces graphiques, ainsi que les moyennes pluriannuelles 2002-2018 et 2010-2018 (flux des années les plus récentes dont le niveau moyen est moins élevé). La figure du haut (a) présente les flux sur l'ensemble de l'année tandis que la figure du bas (b) présente les flux sur la période la plus sensible.

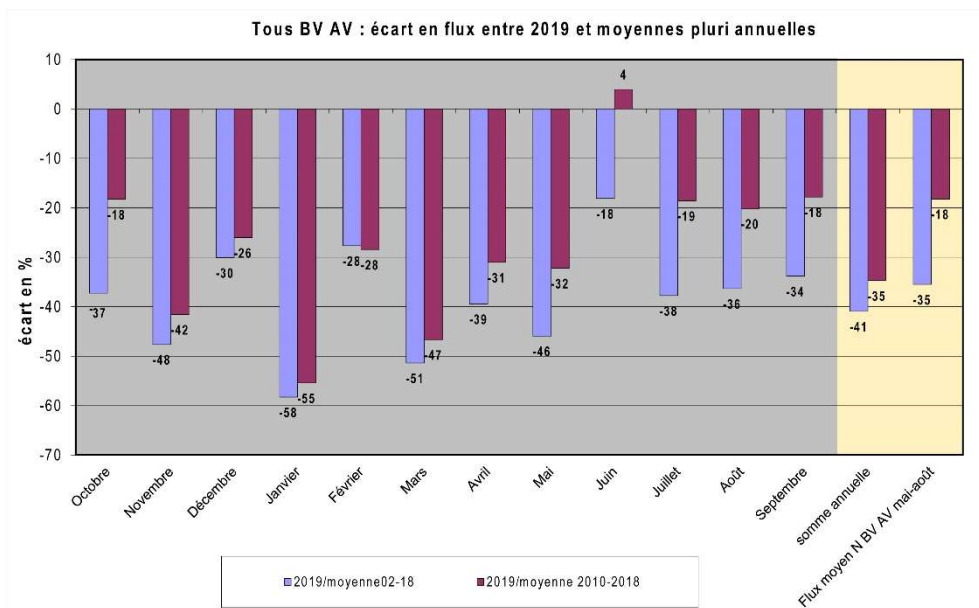


Figure 23 : Ecart de flux mensuel, annuel et saisonnier aux exutoires des BV AV par rapport aux années antérieures (moyenne des sommes mensuelles pour tous les BV). Sur l'ensemble de la période annuelle le flux est de 35 % inférieur à la moyenne 2010-2018 (déficits les plus élevés en période hivernale, aux mois de janvier, novembre et mars) ; sur la période sensible « mai-août » le flux est de 18 % inférieur au flux moyen 2010-2018 (mai fortement déficitaire, juin légèrement excédentaire et juillet-septembre faiblement déficitaires, autour de 20 %). Ces valeurs régionales sont cependant assez variables selon les territoires (cf. rapport CIMAV P1)

Les données de pluviométrie et d'éclairement fournies par Météo France (cf. rapport CIMAV P1) permettent de décrire un hiver 2018/2019 moyennement pluvieux voire sec (excédents pluviométriques sur novembre et décembre sur l'ouest Bretagne mais déficitaire sur l'est et déficits de janvier à mars sur l'ensemble de la région ce qui aboutit à un niveau conforme à la normale de novembre à mars sur Quimper et Brest mais nettement déficitaire en allant vers les stations de Ploumanac'h, Saint Briec et Dinard, de - 10 à - 21 %) et lumineux (excepté décembre et janvier, mais le cumul sur novembre à mars est excédentaire sur toutes les stations et d'autant plus sur les stations des Côtes d'Armor – Saint Briec et Dinard avec 33 % d'heures d'ensoleillement en plus que la normale contre 12 et 17 % respectivement sur Quimper et Brest).

Pour ce qui est de la saison de prolifération, l'élément le plus notable est l'excédent pluviométrique très marqué du mois de juin (entre 31 et 125 % d'excédent) et tout particulièrement sur la station de Saint Briec (102 mm de pluie au lieu de 45 en normale soit 125 % de plus, en grande partie entre le 5 et le 12 juin). Les mois d'août et septembre présentent également des excédents (excepté sur Dinard) alors que les mois d'avril, mai et juillet sont nettement déficitaires. Pour l'ensoleillement on trouve une situation logiquement très différente, voire inverse : nombre d'heures d'ensoleillement supérieur à la moyenne sur avril, mai, juillet (nettement) et inférieur ou proche des moyennes sur juin, août et septembre.

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 ces caractéristiques régionales en flux sont assez fortement influencées par les plus grands bassins versants (baie de saint Briec notamment mais aussi « Horn/Guillec » surtout pour le flux estival, du fait des étiages soutenus sur ce secteur) dont le poids en flux est important. **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-Briec 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.

Sur la période la plus sensible aux proliférations (mai-août pris comme indicateur) le flux 2019 (Figure 23) est inférieur à la moyenne 2010-2018 de 18 % (-35 % par rapport à la moyenne 2002-2018). Le flux moyen régional était **déficitaire en avril et mai (-30 % pour les 2 mois)** mais devient **légèrement excédentaire en juin (+5 %)** puis à nouveau **déficitaire en juillet, août et septembre (-18 à -20%)**. Ce niveau « moyen régional » mai-août résulte de situations locales **très différentes (Figure 24) : des flux qui sont conformes à la moyenne 2010-2018 sur la baie de Saint Briec, qui sont autour de 40 % en dessous du niveau moyen 2010-2018 sur le Frémur, l'lc et la baie de Douarnenez et entre -17 % et -27 % sur les autres cours d'eau.** Ces différences de comportement en flux sont en premier lieu à **mettre en relation avec les différences de pluviosité** sur les différents secteurs. En 2019 (comme ça avait été le cas en 2018) des **pluies d'orages, intenses ont arrosé les bassins versant de la baie de Saint Briec** (principalement entre le 5 et 12 juin engendrant un excédent pluviométrique mensuel de 125 %), **phénomène moins marqué** sur le reste de la région (excédents compris entre 30 % sur Dinard et 60 % sur Quimper). La **nature géologique des bassins versant** intervient également dans la réaction en flux à ces pluviosités (réaction plus rapide sur les BV schisteux et plus tamponnée sur les BV granitiques ; cas particulier du Gouet, sur la baie de Saint Briec, comportant en outre une régulation des débits par un barrage pour garantir l'alimentation en eau potable et les soutiens d'étiages pour la vie aquatique).

Outre le débit des cours d'eau qui conditionne en bonne partie les flux à court terme, on peut noter que la **diminution des concentrations** (cf. rapport P1) joue 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 marée 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 antérieurs à 2006 (environ 550 kg N/jour en moins sur la moyenne 2000-2004 sur mai-septembre et 700 kg/jour sur l'année).

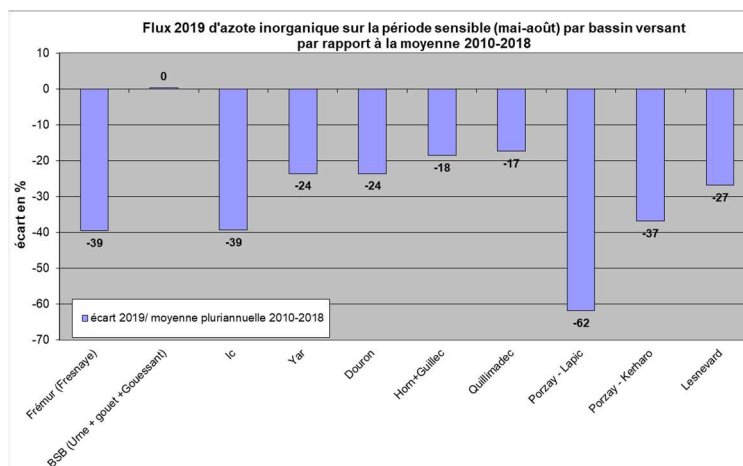


Figure 24 : écarts par BV entre flux d'azote inorganique dissous sur mai-août 2019 et le flux pluriannuel 2002-2018. La pluviosité différente et le contexte géologique local expliquent en majeure partie des différences de comportement (+ impact du traitement de l'azote inorganique sur la Step de Saint Briec depuis 2006). Flux du Porzay à consolider (utilisation de données de débit de la station locale qui aurait subi un détarage à compenser après de nouvelles mesures)

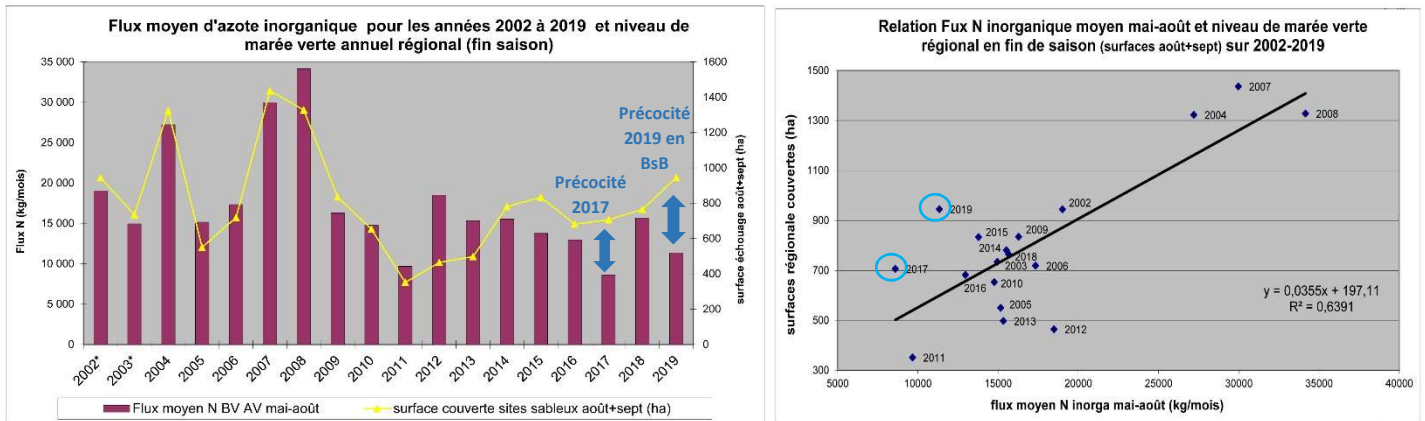


Figure 25 (a) et (b) : Flux d'azote sur la période sensible (moyenne des flux de mai à août sur les BV AV) et niveau de marée verte atteint en fin de saison (surface en août+septembre sur les plages bretonnes). Les surfaces couvertes par des algues brunes (ou rouges) filamenteuses notamment en 2011, 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.

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 2019 pour chaque site aux années antérieures. La carte 11 permet de comparer l'année 2019 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** :

- les **deux sites de la baie de Saint Brieuc présentent un cumul sur l'année très supérieur** à la situation moyenne (niveau jamais atteint pour « Yffiniac » et au troisième rang pour « Morieux » après 2008 et 2004). La **carte 10** permet de montrer que cette situation annuelle est liée à un démarrage particulièrement précoce (idem à 2017, année historiquement la plus précoce) qui s'est poursuivi par un maintien de la prolifération à un niveau élevé, chaque mois nettement supérieur à la moyenne (+ **106 % de surfaces cumulée** sur l'année par rapport à 2002-2018). Même si leur poids au niveau régional est inférieur, on distingue aussi **des proliférations supérieures à la moyenne** sur « Locquirec » (+ 105 %), sur « Guissény », « Kerleven/Saint Laurent » et « Cabellou » et dans une moindre mesure sur « Trestel » et « Larmor Plage ».

- beaucoup de sites ont présenté des **proliférations très inférieures au niveau moyen 2002-2018**. En particulier les baies de l'Est des Côtes d'Armor (70 à 100 % de moins sur « Lancieux », « Arguenon » et « Fresnaye »), les sites de la baie de Douarnenez (entre - 45 et - 75 %), certains des sites du Finistère nord (« Keremma », « Pors Guen/Pors Meur » et « Moguéran/Corejou » avec 65 à 70 % de couverture en moins). La baie de « Saint Michel en Grève », notamment du fait d'un démarrage retardé, voit également son cumul annuel sensiblement inférieur au niveau pluriannuel (-32 %).

Ces réactions différenciées engendrent une situation régionale inédite avec un poids de la baie de Saint-Brieuc dans la surface régionale qui culmine à 73 % sur les 7 inventaires annuel contre 46 % sur la moyenne 2002-2018). D'un point de vue saisonnier, le poids de la baie de Saint Brieuc était prépondérant en avril (95 %) et en mai et octobre (84 %).



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.

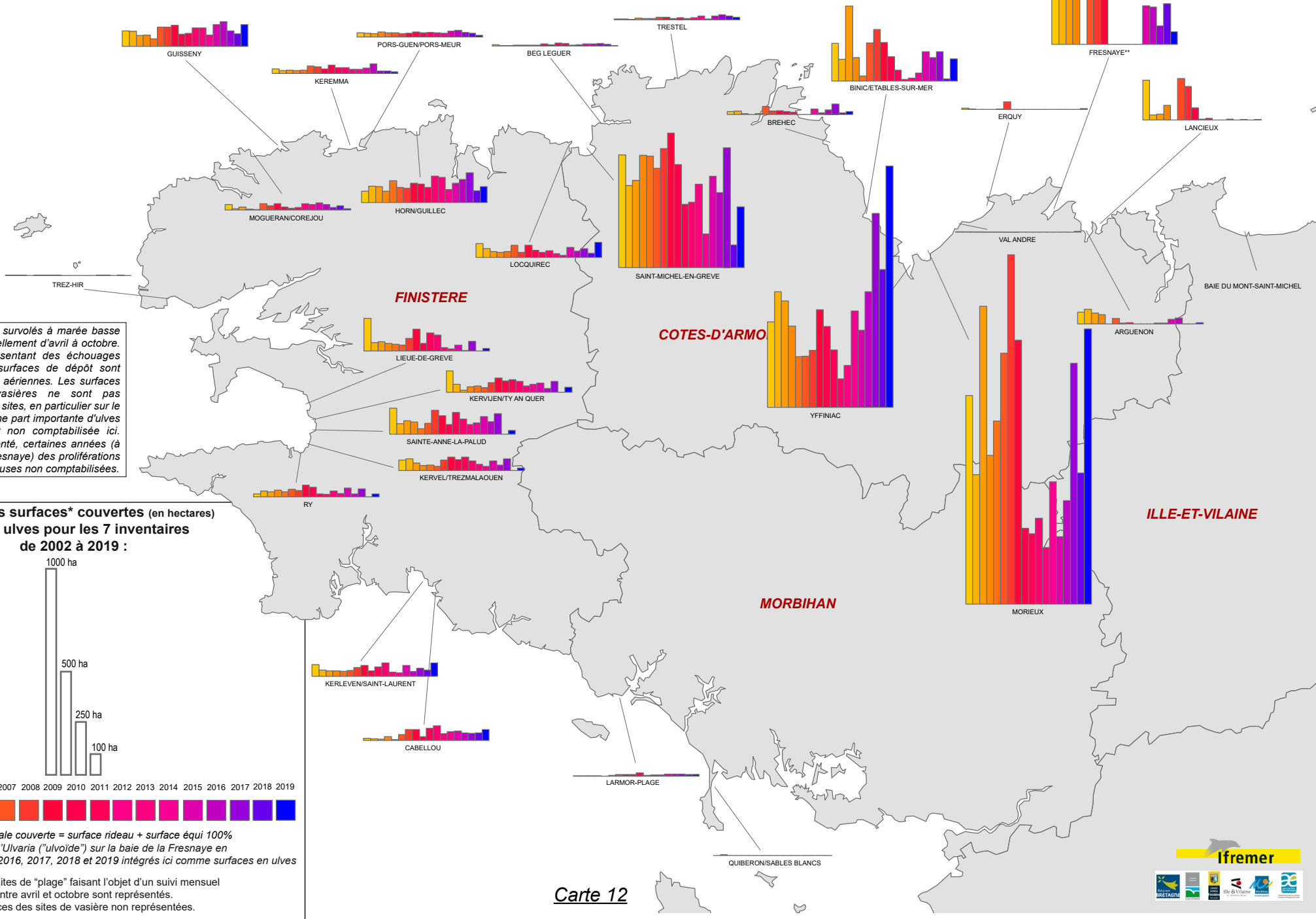
En 2017, la très forte reconduction des ulves présentes en fin 2016 a impliqué une prolifération très soutenue sur la plupart des sites en juin. Ces biomasses importantes ont ensuite, suivant les secteurs, plus ou moins rapidement décru mais il est clair que le contrôle par les nutriments est plus délicat 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 destockage 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 pluviosité très excédentaire sur ce mois. Ces apports élevés en juin et sur la première partie de juillet ont induit un soutien de la croissance de la masse d'ulves très importante présente en début juin.

L'analyse de la prolifération peut donc difficilement être « régionale », chaque site ayant une configuration de démarrage et de flux qui lui a été propre en 2019.

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 2019 (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.

Somme des surfaces* couvertes (en hectares) par les ulves pour les 7 inventaires de 2002 à 2019 :

* 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 et 2019 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.



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 2019 :

- Une prolifération qui peut être décrite comme **précoce au niveau régional**, ce qui est en très grande partie **liée à la Baie de Saint Briec donc le démarrage est exceptionnellement précoce** (idem à 2017, année la plus précoce de la série). Les surfaces en **avril sont près de 3 fois supérieures à la moyenne 2002-2018**.
- Les surfaces sont maximales en juin (+ 30 % par rapport à la moyenne 2002-2018) et diminuent légèrement à partir de juillet tout en restant jusqu'en septembre au-dessus du niveau moyen.
- Le niveau **en août + septembre est 20 % au-dessus du niveau moyen** 2002-2018, ce qui est en bonne partie liée à la baie de Saint Briec encore très chargée,
- Le **cumul annuel** sur les 7 inventaires est **nettement supérieur à la moyenne pluriannuelle** (+ 30 %) et de près du double de l'année 2018.
- Cette situation « moyenne » sur la Bretagne résulte de **situations locales très contrastées**, en particulier en ce qui concerne le démarrage de la prolifération. Le démarrage 2019, **très précoce en baie de Saint Briec**, est **tardif sur la plupart des autres sites**. Exception faite de la baie de la Forêt (surfaces en avril et mai de 3 à 4 fois supérieures à 2002-2018) et de l'anse de Locquirec (site habituellement très tardif et dont les surfaces étaient en mai 6 fois supérieures au niveau moyen 2002-2018). La prolifération **régionale est donc très « anormale »** en 2019 avec une très large prédominance des surfaces mesurées en baie de Saint Briec (73 % sur l'année contre 46 % en moyenne sur 2002-2018). Ainsi l'analyse du niveau régional en distinguant la réaction de la baie de Saint Briec du reste des sites met en évidence une **prolifération limitée sur les baies « hors Saint Briec »** (- 33 % par rapport à 2002-2018) quand la surface sur la baie de Saint Briec apparaît très supérieure au niveau moyen (année de plus fort cumul et 105 % supérieur à la moyenne 2002-2018).
- Les suivis des **dernières années avaient permis de mesurer en 2017 l'année la plus précoce** de la série, puis en **2018 l'année la plus tardive**. L'année **2019 est très particulière**, parmi les plus précoces sur certains sites (Baie de Saint Briec) et particulièrement tardive sur une partie des autres sites régionaux. Ce qui est bien relié avec les connaissances du fonctionnement local de ces sites (tailles, exposition à la dispersion différentes et niveau de stock de l'année précédente très contrastés). La situation de 2019 s'explique en particulier bien par la prolifération 2018 massive en fin de saison sur la Baie de Saint Briec (flux de juin 2018 soutenus) et semble **donc bien « conjoncturelle »**. Les autres sites sont pour la plupart moins chargés que les années moyennes et on peut donc espérer que l'enchaînement négatif depuis 2017 sur la baie de Saint Briec sera cassé dans un avenir proche par un hiver très dispersif et/ou un été sec pour retrouver un niveau de prolifération plus modeste (proche ou inférieur aux années 2010-2016).
- Les suivis des surfaces d'algues vertes sur vasières sont conduits en dehors du présent programme (cf. rapport RCS LB 2019). Les mesures réalisées ne concernent qu'un « échantillon » de 10 masses d'eau (ME). Sur ces ME les mesures portent sur le niveau maximal annuel. Les mesures réalisées en 2019 sur les vasières n'ont pu être validées et ne sont donc pas intégrées au présent rapport (ajout dès que mesures validées disponibles).



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 25 à 47.

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'infra littoral 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 26 à 47 pour l'azote et le phosphore.

Caractéristiques de l'année 2019 :

L'année 2019 a été, pour l'ensemble des cours d'eau, globalement **déficitaire en termes de flux d'azote sur l'année** (- 35 % par rapport à la moyenne 2010-2018) et sur la **période « sensible » mai-août (-18 %)**. Des disparités **géographiques et temporelles** apparaissent nettement avec notamment la **baie de Saint Briec sur laquelle les flux ont été élevés en juin** (+72 % par rapport à 2010-2018) et **début juillet** suite à des pluies orageuses intenses, surtout entre le 5 et le 12 juin. Cette période de l'année, sur un site tel que la baie de Saint Briec habituellement limité par les flux d'azote en début d'été est une période clé. Au niveau annuel, les défauts de flux sont très marqués en automne hiver (- 55 % en janvier 2019), restent faibles au printemps (avril et mai autour de - 30 %) légèrement excédentaires en juin, puis déficitaires sur juillet à septembre (environ - 20 %). Le niveau « moyen régional » sur la période la plus sensible « mai-août » résulte de situations locales **très différentes** : les flux sont conformes à la moyenne 2010-2018 sur la baie de Saint Briec (déficitaire de 40 % en avril mai puis fortement excédentaire en juin et proche de la moyenne sur la fin de la saison), ils sont autour de 40 % en dessous du niveau moyen 2010-2018 sur le Frémur, l'Ic et la baie de Douarnenez (mais situation au sein de la baie qui serait assez hétérogène avec des valeurs qui sont à confirmer sur les cours d'eau du nord de la baie du fait d'un détarage de la station limnimétrique et des flux qui sont important en août) et entre -17 % et - 27 % sur les autres cours d'eau (et inférieurs sur chaque mois).

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 2019 très inégales** : 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 la baie de Saint Briec** (+ 125 % contre 30 % à 60 % de Dinard à Quimper). A l'opposé, les **pluies d'août ont été très excédentaires sur l'ouest Bretagne** (65 % à Quimper et + 55 % à Brest contre 18 % sur Saint Briec) mais **déficitaires sur Dinard** (- 25 %). 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 (indicateur du niveau « moyen régional ») est légèrement supérieur à la normale sur l'année (1231 J/cm² contre 1171 sur 2002-2018) comme sur avril-septembre (1934 contre 1802 sur 2002-2018 soit + 7 %). Cette situation annuelle résulte de périodes très lumineuses (mois de février, début et fin avril, mois de mai et surtout juillet avec + 23 % de rayonnement et début septembre) et de périodes sombres (mois de juin puis mois d'août et d'octobre). Les données en nombre d'heures d'ensoleillement proposées par Météo France (Figure 26) permettent de retrouver les tendances proposées ci-dessus sur la station de Saint Cast le Guildo mais donne **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'enneigement important). Ainsi, l'excédent d'ensoleillement de juillet est-il de 63 % sur Dinard (proche de Saint Cast) quand le rayonnement n'est que de 23 % supérieur ; celui de février de 92 % sur Dinard contre 32 % de rayonnement en plus pour Saint Cast. Par ailleurs les données par station permettent, au-delà des tendances régionales, de mettre en évidence des disparités locales : ainsi, l'excès d'ensoleillement sur l'ouest Bretagne a-t-il été plus modeste (écart relatif à la normale) sur les stations de l'ouest Bretagne sur février, mars et avril et le déficit plus marqué (y compris sur la station de Saint Briec) sur juin. On peut aussi noter le très fort déficit sur décembre 2018 (- 60 %) sur l'ouest que l'on ne retrouve pas sur Saint Briec et qui est plus atténué sur Dinard (-18 %) et le très fort excédent (+ 107 %) en octobre 2018



sur Saint Briec moins marqué sur les autres stations (43 % sur Dinard). Il est intéressant de noter que le profil général de la saison 2019 est très proche de celui de 2018 (éclairage intense en février, mai et juillet puis en arrière-saison octobre/novembre, déficit marqué en décembre et janvier).

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. En particulier **un coup de vent, très inhabituel début juin** (126 km/h en rafales le 7 juin sur la station de Ploumanac'h, épisode très bref) puis les **9 et 10 août** (rafales jusqu'à 90 km/h sur Ploumanac'h et Dinard les 9 et 10 août et même 101 km/h sur Brest). Enfin, l'annexe 7 met en avant une dispersion automnale précoce avec des vents soutenus dès le 22 septembre et durant tout le mois d'octobre.

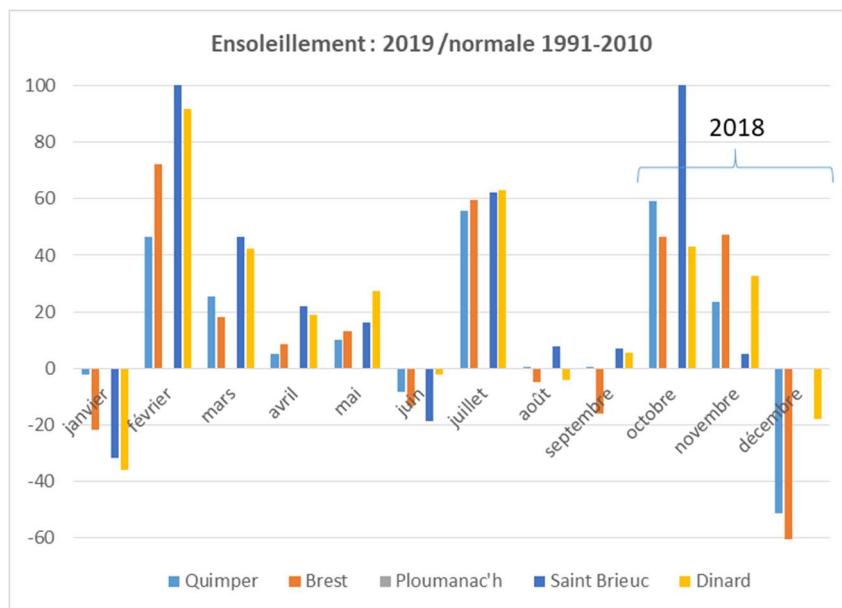


Figure 26 : ensoleillement sur les stations Météo France suivi sur la fin 2018 (octobre-décembre) et le début 2019 (janvier-septembre)

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 est, depuis 2011, récurrent en baie de Saint-Brieuc avec une présence plus ou moins importante selon les années.

➤ 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-Jouan (Figure 27), des ulves ont pu être prélevées sur 3 campagnes (2 en mai et 1 à la mi-juin), mais étaient peu présentes sur l'ensemble de la saison (tapis d'algues filamenteuses). Après le prélèvement de la mi-juin les ulves étaient trop peu présentes pour faire l'objet d'un échantillonnage. Les mesures réalisées montrent des teneurs qui chaque fois sont limitantes pour l'azote (entre 1.5 et 1.75) et qui le deviennent dès le deuxième échantillon pour le phosphore. La teneur en nutriments et en azote plus particulièrement semble donc bien expliquer la très faible présence d'ulves et sa disparition à partir de juin. Cela semble corroboré par les estimations de flux sur le Frémur (cours d'eau proche) qui sont, sur avril et mai, de 50 à 60 % inférieurs aux moyennes 2010-2018. 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 38) dans l'Aber Wrac'h, le phosphore est en position de limitation sur mi-mai jusqu'à mi-juillet. Ce relativement faible niveau en phosphore avait déjà été relevé les années antérieures et pourrait être lié à des fournitures locales sédimentaires peu élevées sur l'anse de Kéridaouen (les données du programme Impro devraient apporter des éléments prochainement). Alors que l'azote est significativement au-dessus des limitations sur une partie des dates de cette même période. On note des valeurs basse en juin et août, ce qui peut être lié à des apports plus bas (indicateur flux du Quillimadec) ; la remontée sur juillet puis fin août pouvant être reliées aux reprises de débits (à partir du 10 juin puis 15 août).

Sur la vasière du Quélisoy (Figure 44), en rade de Lorient, les teneurs en azote sont restées élevées toute la saison, nettement au-dessus du seuil de limitation (minimum à 2.75 % en fin juillet). On note toutefois une diminution sensible des teneurs en azote en fin juillet et début août cohérente avec des apports en juillet et début août limités par les débits des cours d'eau. Les teneurs en phosphores sont également relativement élevées, excepté en début juin où elles sont sous le seuil de limitation (0.85 %). Cette limitation ponctuelle de début de saison est probablement liée à une période de forte croissance (ensoleillement) durant laquelle les biomasses n'étaient pas encore trop élevées (moins d'auto-ombrage). Les niveaux, élevés des quotas sont probablement, en dehors de cette période de printemps d'autant plus élevés que les biomasses sont fortes (en particulier au point de prélèvement qui est haut sur l'estran ; le bas des vasières étant très difficile d'accès).

Les teneurs sur Arcal (Figure 45) et Séné (Figure 46) sont globalement peu limitantes et les statuts de limitation en azote et phosphore sont similaires avec des courbes plus ou moins parallèles. Sur les deux vasières, on note une limitation, peu marquée, par les 2 éléments en fin mai ce qui peut être relié à des apports qui étaient bas sur cette période et des quantités d'ulves et autres algues encore limitées (donc « croissance soutenue »). Les niveaux, en hausse après la mi-juin, sont probablement liés à la charge en algues des sites et la remontée des nutriments sur juin (hausse des débits et des températures donc de la minéralisation). Enfin le niveau relativement plus élevé sur Séné que sur la vasière d'Arcal peut être lié à une charge plus importante de cette vasière en algue (auto ombrage). *La très faible valeur en phosphore le 19/07 est très probablement une erreur de dosage (impossible à vérifier, le laboratoire ayant, par erreur, détruit les échantillons interdisant un nouveau dosage).*

➤ 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 l'intensité de prolifération algale.



La baie de **la Fresnaye**, a connu une prolifération d'algues vertes (*Ulvaria obscura*) de début de saison, comme cela avait été le cas les années précédentes (2015-2018). En mai puis juin, la présence de ces algues vertes a été significative, mais à partir de juillet elle est devenue marginale (petits fragments clairs à peine visibles sur le terrain), seules les algues brunes et rouges filamenteuses (Ectocarpales et Polysiphonia) étant alors massivement présentes. Pour l'*Ulvaria*, les teneurs en azote (Figure 28) sont déjà basses en mai, minimales au début juin (probablement fortement limitantes même si les niveaux Q1N et Q0N ne sont pas établis pour l'*Ulvaria*) dans un contexte de flux très bas sur cette baie en 2019 (avril et mai : 50 à 60 % de flux en moins que la moyenne 2010-2018). En juin les teneurs remontent, ce qui peut être en lien avec une remontée très ponctuelle des flux d'azote (sur 2 jours principalement, avec 30 % du flux mensuel écoulés entre le 19 et le 20). Sur juillet puis août, les flux sont très bas (50 à 60 % inférieur au niveau pluriannuel) et les *Ulvaria* ne sont plus suffisamment abondantes pour un échantillonnage (algues très morcelées, fragiles, pâles). Les teneurs en phosphore suivent la courbe des teneurs en azote, mais à un niveau plus élevé (sauf au démarrage de la saison ou les teneurs en P sont relativement plus élevées). Comme observé depuis 2015, en plus de l'*Ulvaria*, d'autres **algues brunes et rouges filamenteuses** se sont développées sur la baie (développement généralement observé lorsque le degré d'eutrophisation du milieu diminue). Les teneurs dans les tissus des ectocarpales ont pu être mesurées sur l'ensemble de la saison. Pour ces algues, sur la première partie de la saison, jusqu'à la mi-juin, les teneurs en N évoluent de façon parallèle aux teneurs en P mais à un niveau légèrement inférieur. Ces teneurs semblent évoluer de façon proches des teneurs des *Ulvaria* mais légèrement plus haut ce qui est cohérent avec leurs besoins de croissance qui seraient inférieurs. En fin juin, on note, comme pour les *Ulvaria* une remontée des teneurs en N et P, qui peut être liée à l'augmentation des flux et de l'auto-ombrage (augmentation des biomasses totales et période moins lumineuse). En juillet, alors que les teneurs en N diminuent à nouveau les teneurs en P restent relativement élevées, comme souvent observé sur cette baie, ce qui est probablement lié à des relargages sédimentaires supérieurs à cette saison (lien avec la température, l'anoxie, les biomasses présentes). Pour ces algues brunes également ce serait donc l'azote qui limiterait leur croissance, surtout en été.

En **baie de Saint-Brieuc**, la prolifération d'ulves a été très précoce et très soutenue, conduisant à la plus importante prolifération annuelle depuis le début des suivis en 2002. L'analyse des teneurs en azote et phosphore dans les ulves (et pour le *Pylaiella*) est parfaitement en ligne avec la connaissance des flux et du fonctionnement des proliférations. Les teneurs en N, encore élevées mi-avril baissent fortement dans un contexte lumineux très favorable à la croissance et de flux en diminution (-40 % en avril et en mai par rapport à 2010-2018) pour atteindre une valeur de moins de 1 % le 5 juin. Ensuite la remontée des quotas N est très forte (de 0.8 à 1.8 entre le 5 et le 18 juin) dans un contexte d'augmentation très brutale des flux (qui passent d'environ 580 kg/j à 2200 kg/j sur les 7 jours précédant les prélèvements). Mi-juillet, avec la baisse des flux (400 kg/j en moyenne sur 7 jours) les quotas redescendent à 1% pour se maintenir à ce niveau jusqu'au 5 septembre dans un contexte de flux très bas (sous les 500 kg/j à partir du 10 juillet et en moyenne autour de 250 kg/j pour août et septembre). La relation entre les teneurs en azote dans les algues et les flux semble donc nette. Cela confirme donc que les surfaces importantes sur la saison sont avant tout liées au démarrage précoce de la prolifération puis aux flux élevés sur juin et début juillet. A partir de cette date, les biomasses semblent se maintenir sans réellement faire de croissance. Encore en 2019, les teneurs en phosphore dans les algues sont proches des limitations et deviennent nettement supérieures au seuil à partir de la mi-juin ce qui est probablement en lien avec la reminéralisation, notamment des matières organiques sédimentaires. Quant à la courbe des teneurs en N des ectocarpales, elle évolue de façon strictement parallèle à celles des ulves mais à un niveau beaucoup plus élevé. Cela semble confirmer des croissances inférieures (moins de conversion en algues) et des aptitudes à résister à des niveaux trophiques plus bas.



Le site de **Binic**, a connu une prolifération d'ulves relativement importante en juin et septembre mais durant toute la saison en mélange avec des algues vertes filamenteuses (*Cladophora*) et brunes filamenteuses (*Ectocarpales*). De mai à septembre la limitation par l'azote (Figure 30) est très forte (exception d'un point, le 19 août, mais qui semble douteux ; impossible à vérifier, le laboratoire n'ayant pas conservé les échantillons pour validation du dosage). Le phosphore est co-limitant sur avril-juillet et les valeurs sont ensuite relativement plus élevées que celles de l'azote, ce qui est assez classique et probablement lié aux processus de relargage sédimentaire mais restent proche de la co-limitation.

Sur l'anse de Bréhec la prolifération d'ulves a été proche du niveau moyen, avec comme souvent un démarrage précoce de la prolifération (avril-mai et juin à des niveaux quasi identiques). L'analyse des indices d'eutrophisation (Figure 31), montrent une limitation relativement plus prononcée par le phosphore alors que l'azote apparaît au-dessus du seuil de limitation (excepté début juillet). Le débarquement d'algues provenant des petits fonds, à croissance moins rapide, pourrait expliquer ce statut de l'azote légèrement au-dessus des limitations. A noter qu'à partir de juillet les ulves étaient très peu abondantes sur la baie.

Comme cela avait été le cas en 2018 et 2017, **l'anse de Trestel** a connu une prolifération soutenue en 2019, au moins en début de saison (mai et juin). Les teneurs en azote et phosphore (Figure 32) sont plus ou moins co limitante sur une bonne partie de la saison. Mais la position de limitation semble plus affirmée pour l'élément P avec les teneurs en N qui saturent la croissance en avril et mai (classique à cette saison) puis en mi-juin et début juillet (probablement en lien avec les remontées des débits). A noter que les concentrations élevées (N mais aussi P) ces dernières années sur le cours d'eau alimentant cette anse font l'objet de suivis renforcés pour en analyser mieux l'origine.

Sur la baie de Saint-Michel-en-Grève, la prolifération a été, encore en 2019, particulièrement tardive (quasi absence d'ulves en mai et niveau 20 % inférieur à la moyenne en juin). Pour la première fois depuis le début des suivis, les échouages étaient composés en grande partie d'*Ulvaria* en juillet (suivant le lieu prédominance d'ulves ou d'*ulvaria* à cette date). A partir d'août, par contre les ulves semblent seules en place. Après les premières semaines pour lesquelles les teneurs en N (Figure 33) des algues étaient très élevées on enregistre une diminution rapide en fin juin et un niveau minimal atteint le 19 juillet (flux journalier de moins de 100 kg/j à cette période soit environ 30 – 40 % de moins qu'en moyenne pluriannuelle). La remontée des quotas N en août n'est pas liée à des augmentations de flux sur la période (moins de 100 kg/j) mais pourrait être liée à des conditions lumineuses moins favorables qu'en juillet (biomasse plus importantes, moindre éclaircissement et possible passage de la biomasse par l'infra-littoral suite au coup de vent du 9-10 août). Le phosphore, quant à lui, apparaît non limitant sauf ponctuellement en début juillet à une période de très forte croissance (installation de la biomasse) et probablement dans un contexte relargage sédimentaire pas encore optimal (températures de l'eau et du sédiment encore basses, peu de biomasse donc moindre anoxie, ...). La remontée des teneurs en juillet jusqu'à septembre est cohérente avec une reminéralisation intense (sédimentaire et « colonne d'eau »). Enfin, les mesures effectuées sur des échantillons d'*Ulvaria* en juillet montrent des valeurs supérieures aux ulves pour les 2 nutriments ce qui pourrait indiquer une croissance moindre et des besoins moins élevés de ces algues.

L'Anse de Locquirec, a connu une prolifération particulièrement importante et précoce en 2019. En mai les surfaces étaient près de 6 fois plus importantes qu'en moyenne pluriannuelle et sur l'année la couverture la plus importante jamais mesurée (le double du niveau moyen 2002-2018). Pour ce qui est des indices d'eutrophisation (Figure 34) l'azote n'a pas limité la croissance des algues sur la saison et le phosphore est légèrement limitant en début de saison, plus nettement en juillet (probablement en lien avec une croissance intense à cette période de fort éclaircissement). A partir de fin juillet, en revanche les niveaux en phosphore dans les algues remontent au-dessus des limitations probablement en lien avec la reminéralisation de cet élément. Il convient de noter la baisse des teneurs en azote dans les ulves en fin juillet, période durant laquelle la



croissance était soutenue et les apports plus limités. Il n'en demeure pas moins que sur cette baie une année précoce comme 2019 montre une saturation de la croissance par les flux azotés, ceux-ci étant trop élevés au regard de la configuration de la baie. Le niveau de flux de l'année était chaque mois de 20 à 30 % inférieur au niveau moyen 2010-2018 (sauf juin – 14 %). Le contrôle de la prolifération par les flux impose donc des baisses encore supérieures à 20 %, en cas de présence déjà massive d'algues en début de saison.

L'anse du Dossen par contre a connu une prolifération tardive en 2019. Les ulves étaient absentes en avril et mai et à un niveau encore modeste en juin (-40 % par rapport à la moyenne 2002-2018). En juillet les surfaces sans être exceptionnelles sont supérieures au niveau moyen (+ 25 %) et sont proches de ce niveau moyen sur août et septembre (légèrement inférieures en août très vraisemblablement du fait de conditions dispersives les 9 et 10 août). Les teneurs en azote dans les ulves (Figure 35) sont nettement supérieures au quota limitant (sursaturation du site) mais sont tout de même à un niveau inférieur aux années antérieures (autour de 3 % jusqu'à la mi-juin puis fin juillet, périodes de fortes croissances et de flux relativement limités). La remontée des teneurs fin juin de 3 à près de 4% s'explique par des biomasses importantes (auto-ombrage), des flux en hausse sur juin et des conditions d'éclairement moins favorables en juin. Sur cette baie, les teneurs en phosphore sont relativement basses, par rapport aux teneurs en azote, mais ne sont jamais réellement limitantes (> Q1P). On note, comme les années antérieures, une remontée de ces teneurs en fin de saison, à partir de début août (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** les échouages sont proches du niveau moyen (donc faibles) en avril et mai pour devenir nettement supérieur au niveau moyen en juin (+115 %) et le rester jusqu'en septembre (+ 75 %). La prolifération a donc été intense sur cette baie en 2019. Sur l'anse du Club Nautique, on observe à partir de juin et jusqu'en fin juillet une limitation par l'azote (Figure 36), dans un contexte de flux de 15 à 20 % inférieur au niveau moyen 2010-2018. Cela indique donc, qu'au moins en ce lieu, les ulves manquent d'azote pour satisfaire leurs besoins de croissance. Cependant, la limitation est peu prononcée et surtout n'est pas retrouvée sur le point « centre baie » plus près du panache du Quillimadec, point sur lequel on note toutefois, comme sur le « Club nautique » une descente importante en mi-juillet (forte croissance et apports plus limités). Pour ce qui est des teneurs en phosphore, on note sur les deux points de prélèvement des niveaux bas, sous les valeurs de quota critique. On peut également noter (hormis pour le point aberrant du 1^{er} août lié probablement à une erreur de dosage, impossible à confirmer, les échantillons n'ayant pas été conservés par le laboratoire) que les courbes de ces deux points sont très proches ce qui confirme probablement l'origine sédimentaire ou « colonne » d'eau de cet élément (pas lié au panache du cours d'eau).

La prolifération d'ulves sur **Moguéran/Coréjou** a été peu intense en 2019 (chaque mois inférieure au niveau moyen et de 70 % inférieure sur le cumul annuel). En outre, on a pu observer, ce qui est inhabituel une prolifération de *Pylaiella* sur cette baie, d'ordinaire, concernée par les ulves). Les teneurs en azote dans les ulves (Figure 38) sont nettement limitantes (entre 1.2 et 1.4 % sur mai et juin) ce qui semble bien indiquer que l'azote a bridé le développement des ulves. La présence de *Pylaiella* est cohérente avec cette observation. Les teneurs en phosphore semblent également limitantes sur une partie de la saison mais à un niveau moins marqué que pour l'azote. Il serait intéressant de valider la diminution des apports d'azote à cette petite baie (lien avec des cultures sous serre ?).

La baie de **Douarnenez**, en 2019 a connu une prolifération d'ulves (contrairement à 2018, première année sans ulves) tardive, peu intense et en mélange avec d'autres algues brunes et rouges filamenteuses. Les teneurs internes en N des algues de l'anse de Sainte Anne la Palud (Figure 39), sont en début de saison élevées, ce qui est classique (flux encore important et croissance limitée par la température/lumière). La descente au cours du mois de mai est forte et les teneurs sont proches du seuil de limitation en juin (2 % le 5 juin). Les algues à



cette saison étaient particulièrement petites, fines et fragmentées (retour d'observations de terrain). Le rebond en cours du mois de juin pourrait être dû à un retour des algues en infralittoral sur quelques jours, les flux étant vraisemblablement restés élevés. La remontée importante en début août est à analyser avec prudence (très peu d'ulves parmi beaucoup d'*Asparagopsis* (*Falkenbergia*) ce qui crée potentiellement de l'ombrage dans le milieu). En fin juillet et mi-août les ulves étaient trop peu présentes pour permettre un prélèvement, ce qui confirme la particularité de la prolifération 2019. L'indice d'eutrophisation ne permet pas de confirmer la franche limitation de la croissance par l'azote sur ce point de prélèvement, et ce, malgré la faible prolifération, ce qui peut en partie s'expliquer par la présence d'autres algues en complément et le caractère plus ou moins infralittoral de ces biomasses. Enfin, les flux qui sont bas sur la saison de prolifération sur les cours d'eau du nord de la baie, ont été calculés en se basant sur les relevés de la station limnimétrique du Kerharo et doivent être pris avec prudence, la station étant manifestement détarée (besoin de mesures complémentaires pour recalculer les courbes de tarage). Pour ce qui est des teneurs en phosphore, la courbe est assez conforme aux mesures des années antérieures : quotas faibles en début de saison (température de l'eau peu élevée, peu de biomasse ce qui limite les relargages sédimentaires notamment). Ensuite, à partir de début juin les teneurs montent nettement pour culminer le 3 juillet à près du double de Q1P. En début août, alors que les teneurs en azote montent fortement on assiste à un effondrement des teneurs en phosphore ce qui est difficile à interpréter. Malheureusement ce point qui aurait dû faire l'objet d'une contre analyse n'a pu être redosé, le laboratoire ayant détruit les échantillons. La valeur de début septembre proche du Q1P est plus conforme à ce que l'on peut attendre à cette saison (pas de franche limitation, en lien avec des reminéralisations intenses à cette période).

Les teneurs des algues en azote mesurées sur l'**anse du Ry** (Figure 40) sont, comme mesuré les années antérieures, plus élevées que sur la baie de Sainte Anne. Ainsi, à la mi-juin les algues sont-elles encore à des niveaux très élevés (3%) ce qui semble montrer les apports plus importants sur cette anse et/ou le confinement des masses d'eau supérieur sur cette anse. Le niveau ensuite diminue sensiblement pour atteindre un minimum de 1.35 % le 20 juillet (les observations de terrain indiquent des ulves claires, de taille moyenne à petite), dans un contexte nutritionnel très inférieur à la situation moyenne à cette saison (autour de - 40 % sur juin et juillet par rapport à 2010-2018) et **un contexte lumineux a priori très excédentaire** (+ 55 à + 60 % d'heure de soleil en plus sur Quimper et Brest en juillet). En août, les teneurs en azote des ulves remontent sensiblement ce qui peut être relié avec des conditions d'éclairement nettement moins favorables (surtout la première quinzaine), des flux en hausse et des conditions de dispersion (9 et 10 août en particulier) qui ont très probablement éloigné durant plusieurs jours les algues en infralittoral. Les teneurs en phosphore dans les ulves sont restées durant la plus grande partie de la saison autour du quota critique, le plus souvent légèrement au-dessus. A la mi-mai les teneurs sont au plus bas, en relation avec des températures de l'eau encore fraîche et des niveaux de biomasse encore limités (donc peu d'anoxie). En mi-juillet les teneurs plus basses sont probablement liées à une période très lumineuse, de forte croissance (forte baisse aussi des teneurs en N). Sur cette anse, le phosphore n'a donc pas été franchement limitant durant la période de prolifération.

En **baie de la Forêt**, sur la plage de Kerleven en particulier, la prolifération a été très précoce en 2019. Les échouages sont déjà importants en avril (niveau le plus élevé jamais mesuré pour ce mois), maximum en mai (et près de 4 fois supérieur au niveau pluriannuel). Les teneurs en azote (Figure 41) encore élevées en avril sont depuis la mi-mai nettement limitantes, pour devenir en début juillet inférieures au Q0N, signe d'une très forte limitation. Sur cette baie les niveaux très bas en période de limitation sont probablement abaissés encore par le fait que les algues dont la croissance se fait en partie en infralittoral ou en rideau devant le Saint Laurent sont prélevées sur le bas de plage de Kerleven, secteur probable de forte croissance et pas totalement dans le panache des cours d'eau. En particulier, en 2019, les flux du Lesnevard ont été chaque mois d'avril à juillet inférieurs de 30 % environ aux flux moyen 2010-2018. Ces flux bas, associés, en juillet à des très forts éclaircissements (sur Quimper, 56 % d'enseuillement en plus de la situation normale). La petite remontée en juin



pourrait, elle, s'expliquer par une période de plus faible ensoleillement, de pluie (qui induit de la turbidité) et/ou de reprise en infralittoral d'une partie de la biomasse. Pour ce qui est des teneurs en phosphore, 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 infralittoral des algues (croissance lente, au contact du sédiment), algues qui ensuite, en bas de plage de Kerleven, consommeraient leurs teneurs 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 limité 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. Au début juillet les algues sont au niveau minimal (0.04 %, sous le seuil QOP) pour atteindre 0.1 % le 16 août. Cela indique très probablement un relargage sédimentaire plus élevé avec la température de l'eau qui augmente et les anoxies 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 42) certaines semaines, mais en 2019, le phosphore apparait plus nettement limitant et sur des périodes plus longues. Cela est surtout vrai du début juin à la mi-juillet avec des teneurs qui approchent le QOP. A partir de cette date 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 et décompositions d'ulves et autres algues). Les teneurs sur ce site généralement élevées en azote sont probablement liées à la position du site entre le panache du Blavet/Scorff et celui de la Laïta. Il est possible qu'à cela s'ajoutent des apports locaux, mais nous ne disposons pas d'information spécifique à ce sujet.

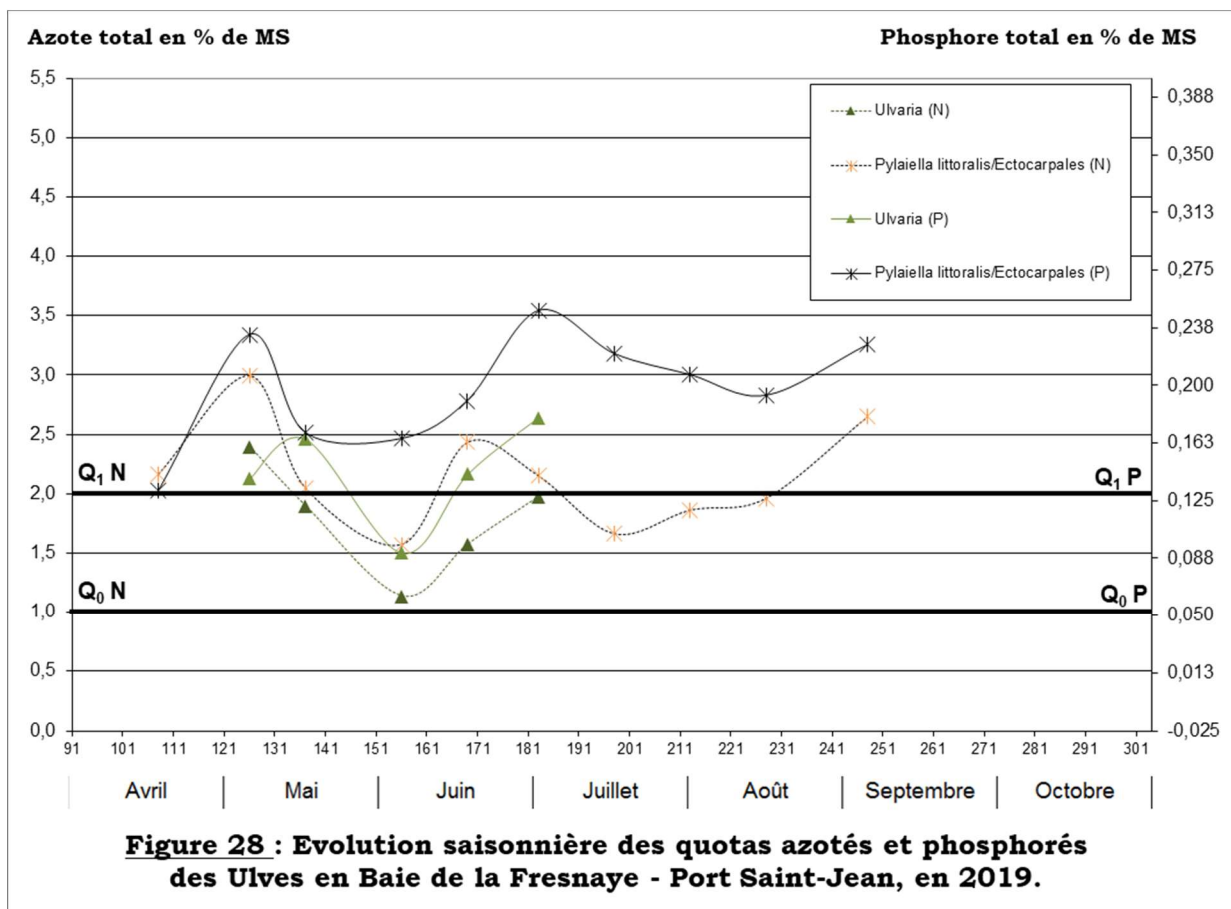
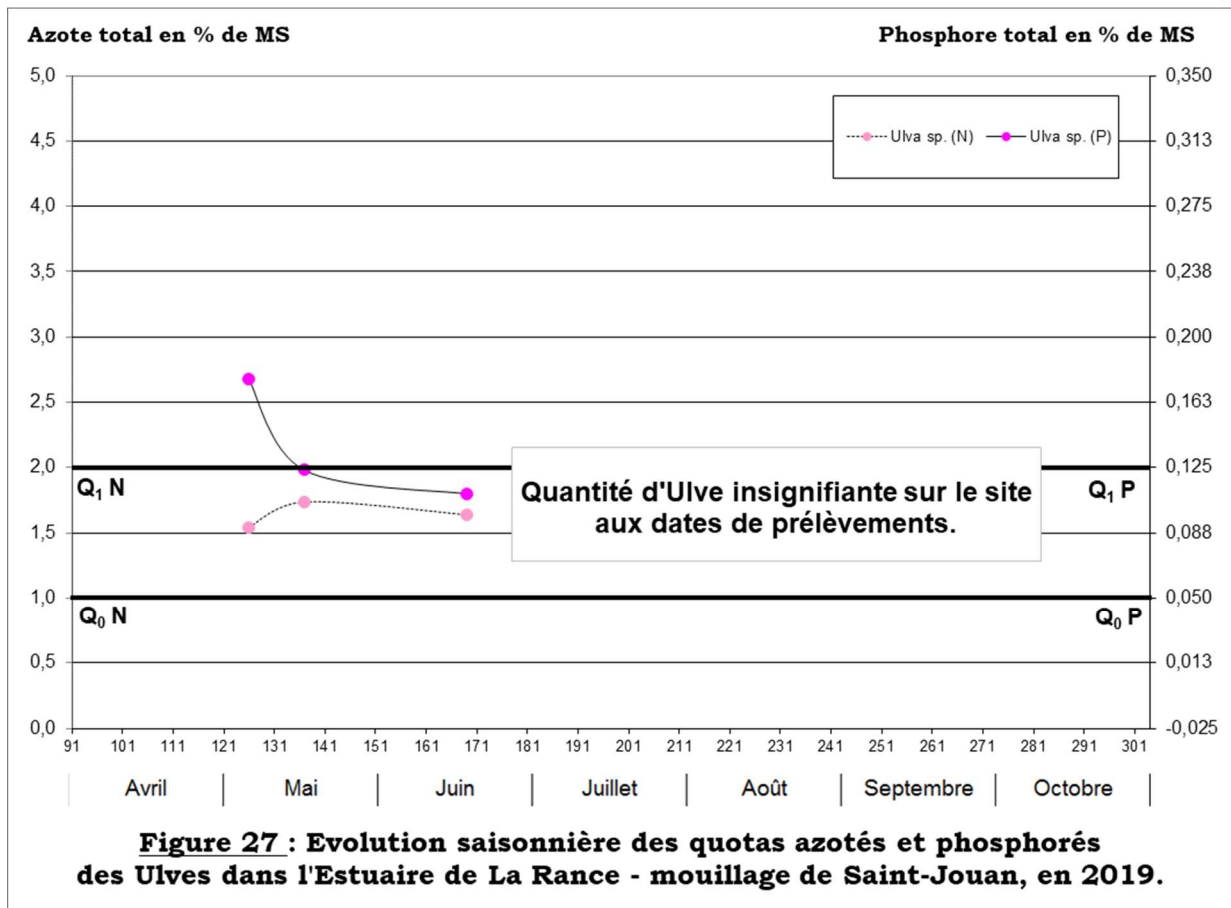
La prolifération sur **Larmor Plage** a été précoce en 2019 et globalement supérieure au niveau pluriannuel (fortement supérieur en avril, mai, juin et août). Les courbes des quotas (Figure 43) sont assez claires : le phosphore a été nettement limitant pour la croissance des ulves (plage de la Nourriguel) sur la mi-mai jusqu'à la mi-juillet. A partir de mi-juillet les teneurs internes s'élèvent et deviennent supérieures aux limitations (Q1P) le 22 juillet. Pour ce qui est de l'indice azote, il est resté, en 2019 au-dessus des seuils de limitation de la croissance durant toute la prolifération. En mai et juin les teneurs sont encore très élevées (supérieures à 3 % voire 4 % ponctuellement) ce qui est en lien avec des flux encore élevés du fait de débits supérieurs aux normales. La position du site, à l'exutoire du Blavet (panache en nutriment et en turbidité) permet de comprendre la difficulté pour une année de flux comme 2019 de limiter la croissance par l'azote. Assez logiquement, le minimum de l'indice azoté est atteint après le 15 juillet (période très ensoleillée et flux au plus bas). La remontée des quotas azotés (et phosphorés) à partir du début août peut s'expliquer par l'importance des biomasses présentes (maximum annuel et près de trois fois le niveau pluriannuel) et la remontée des flux sur août (légèrement supérieurs au niveau moyen pluriannuel).

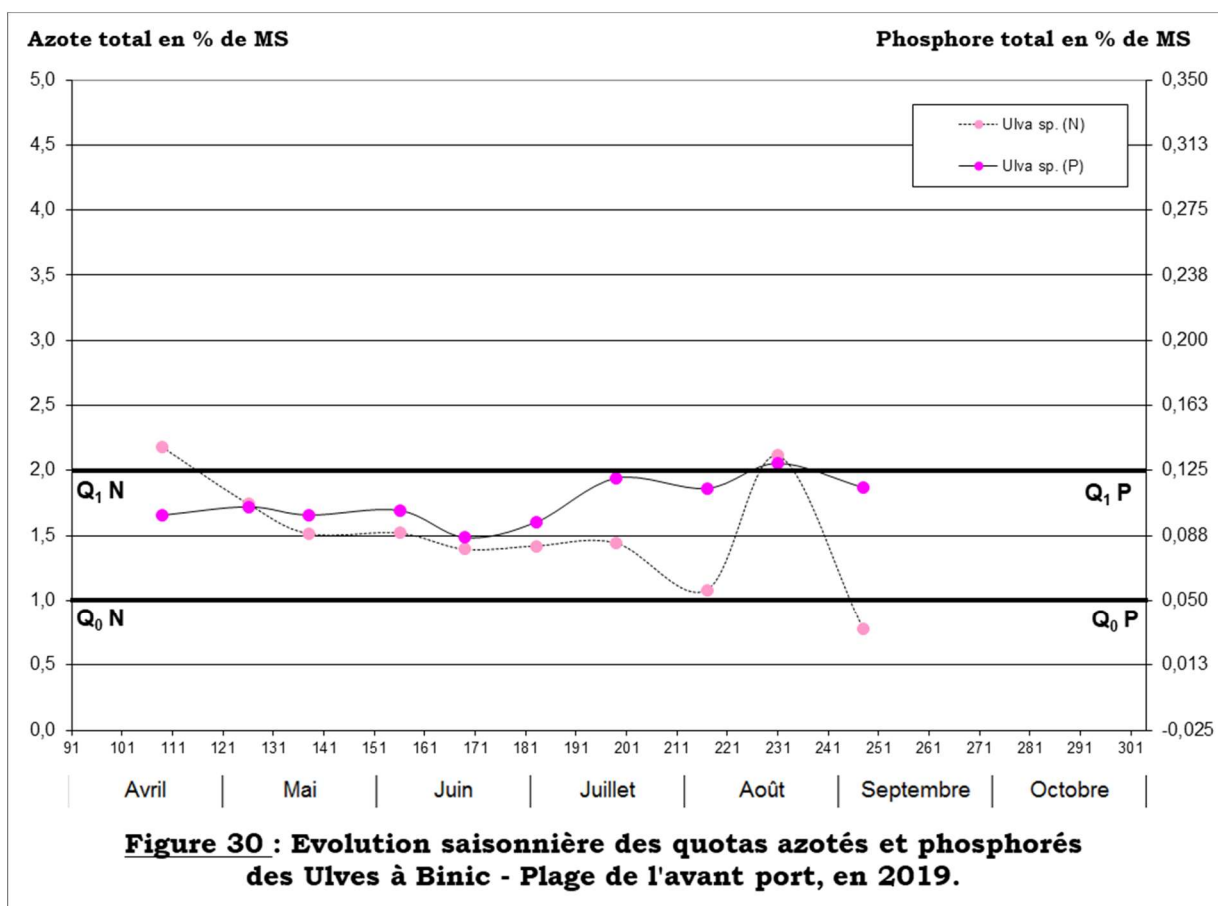
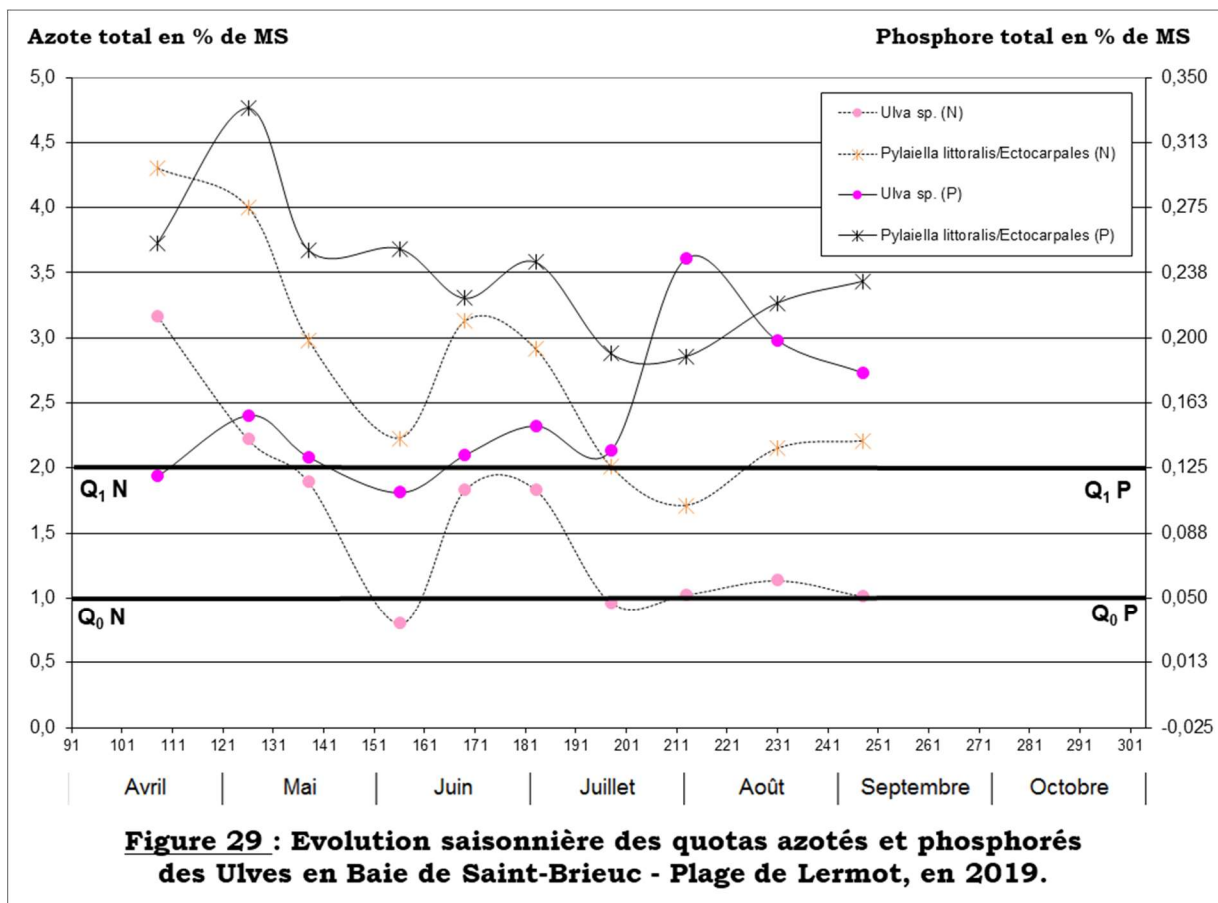
Sur le **site de Penvins**, les courbes des quotas azotés et phosphorés (Figure 47) sont parallèles en début de saison avec un niveau relatif plus bas pour le paramètre phosphoré et un niveau légèrement limitant pour cet élément. On note en fin juin et début juillet des teneurs qui remontent nettement ce qui pourrait être lié à des apports en hausse (crue de la Vilaine en juin avec des débits qui sont multipliés par 5 entre le début juin et la mi-juin). Probablement le comportement de la biomasse (passage en infralittoral d'une partie de la biomasse qui provoque une remontée des teneurs par un ralentissement de la croissance des algues moins exposées à la lumière) et / ou de la lumière. Peuvent aussi expliquer cette remontée, les 3 éléments allant dans le même sens. A partir de la mi-juillet, l'azote est nettement limitant pour la croissance des ulves ce qui semble bien en ligne avec des flux « régionaux » bas en 2019 (Loire et Vilaine avec des débits, sauf pour la Vilaine en Juin qui sont sur avril – septembre de 2 à 3 fois plus bas que la normale). Sur ce site, après une limitation de début de saison par le phosphore, c'est l'azote qui prend le relai avec des limitations très nettes qui expliqueraient la faible prolifération d'ulves de l'année.

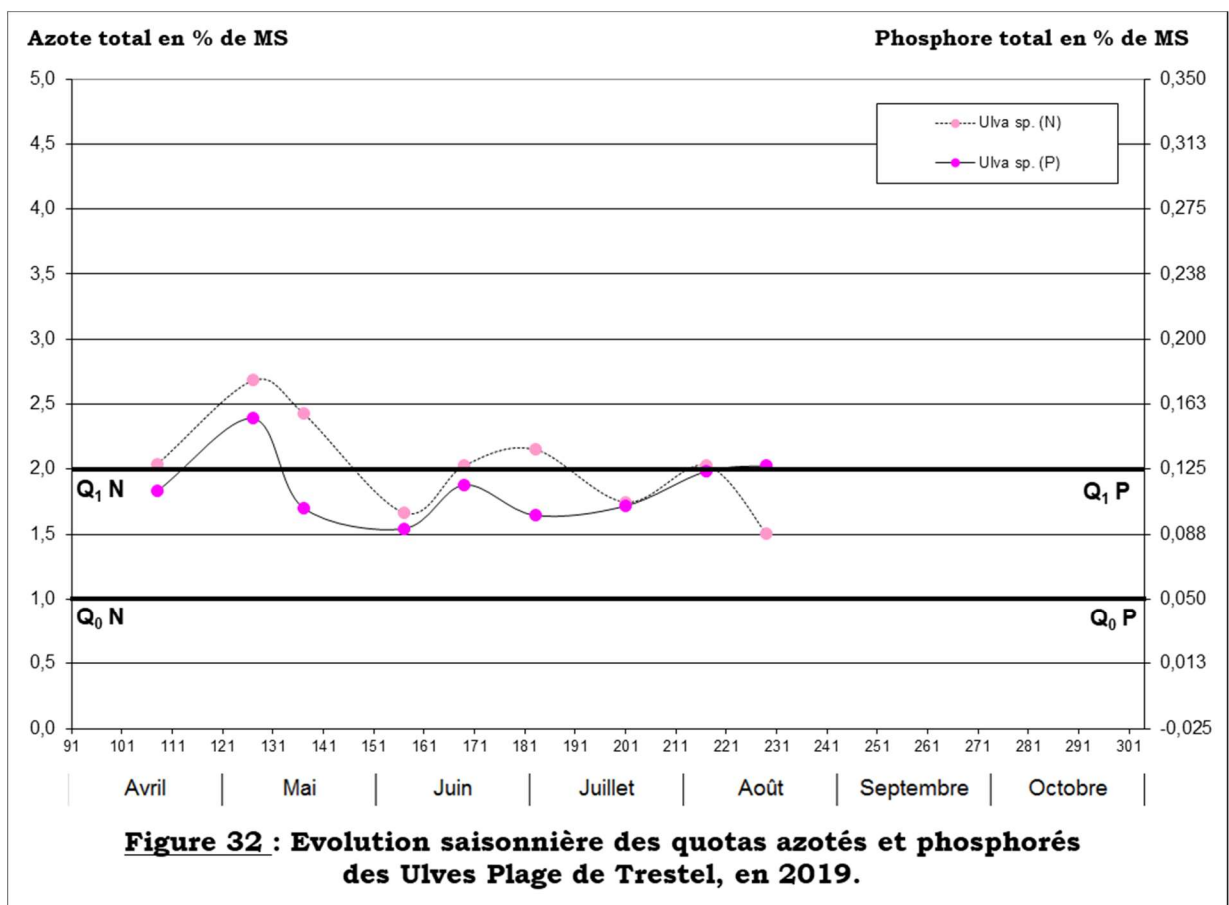
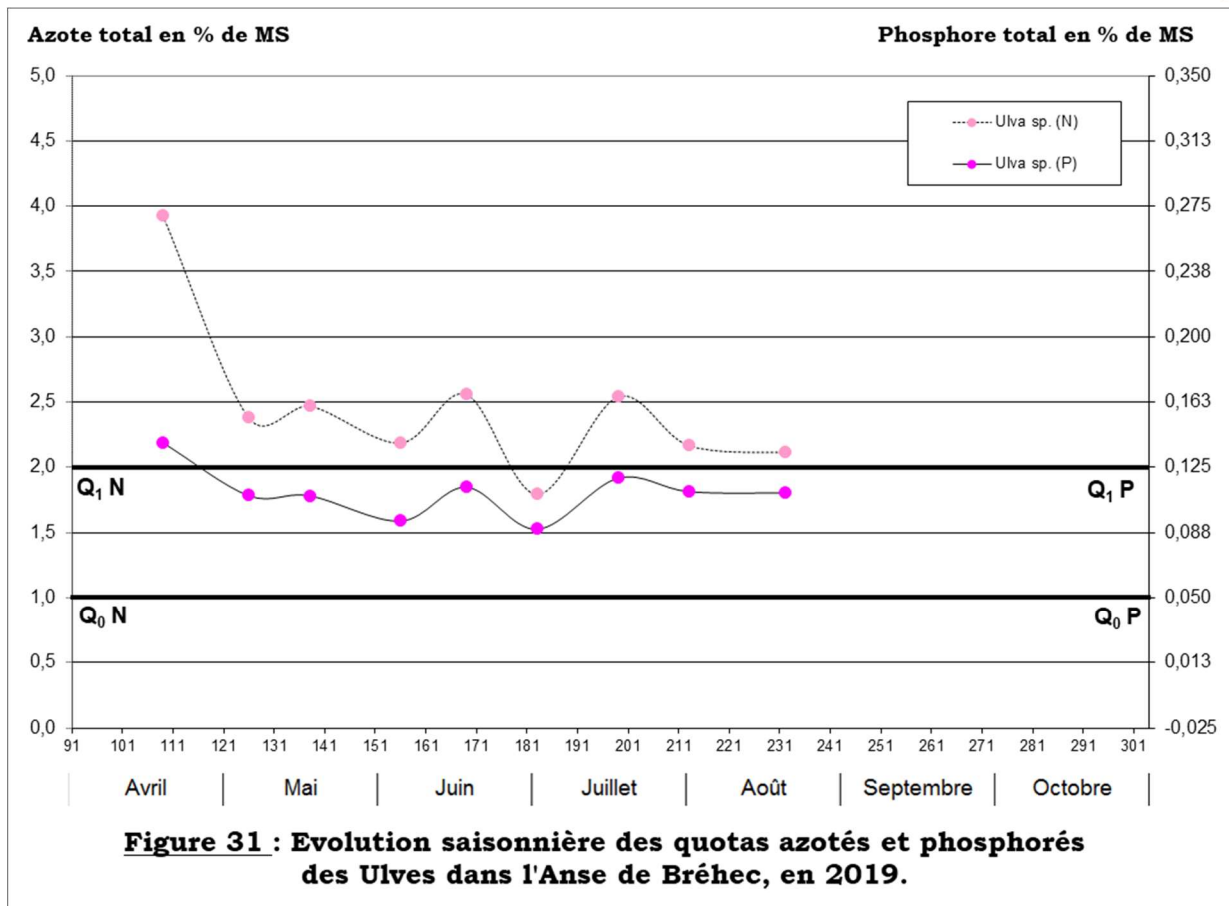


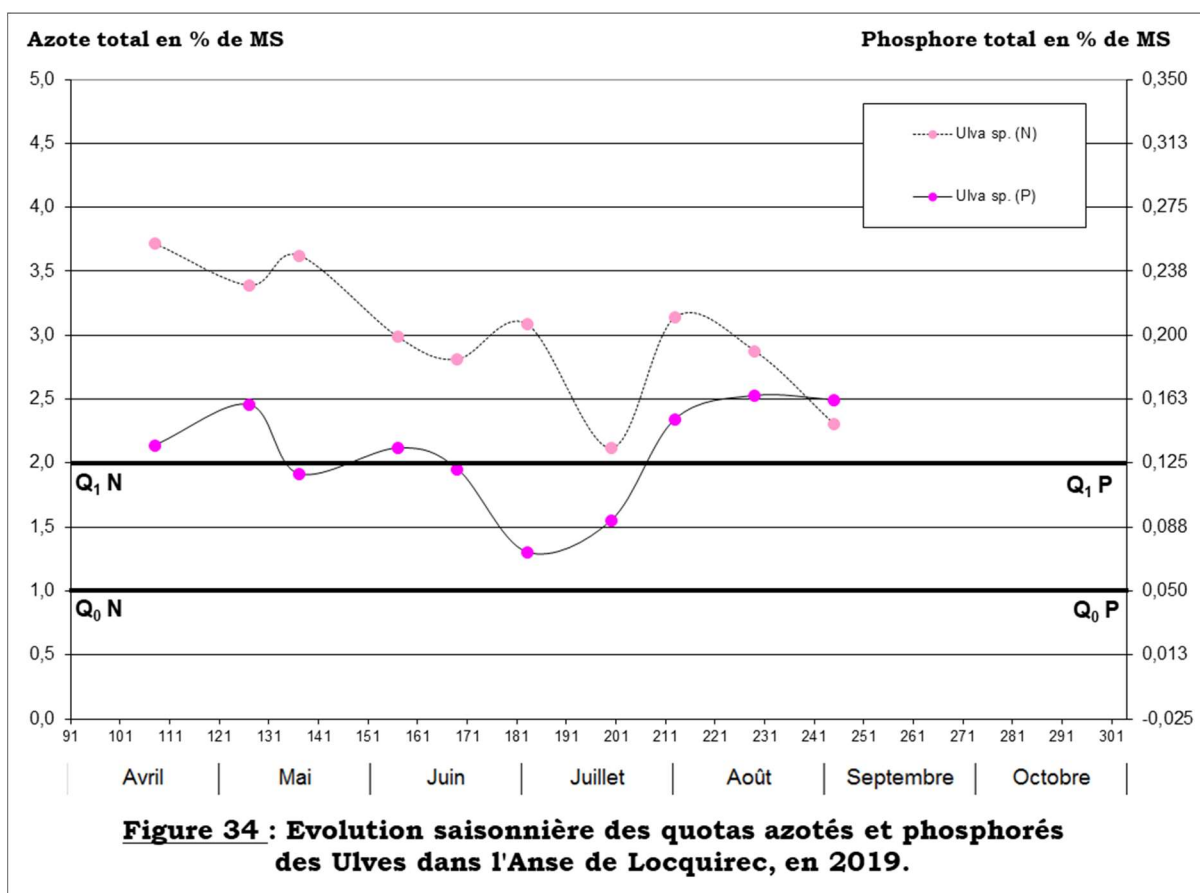
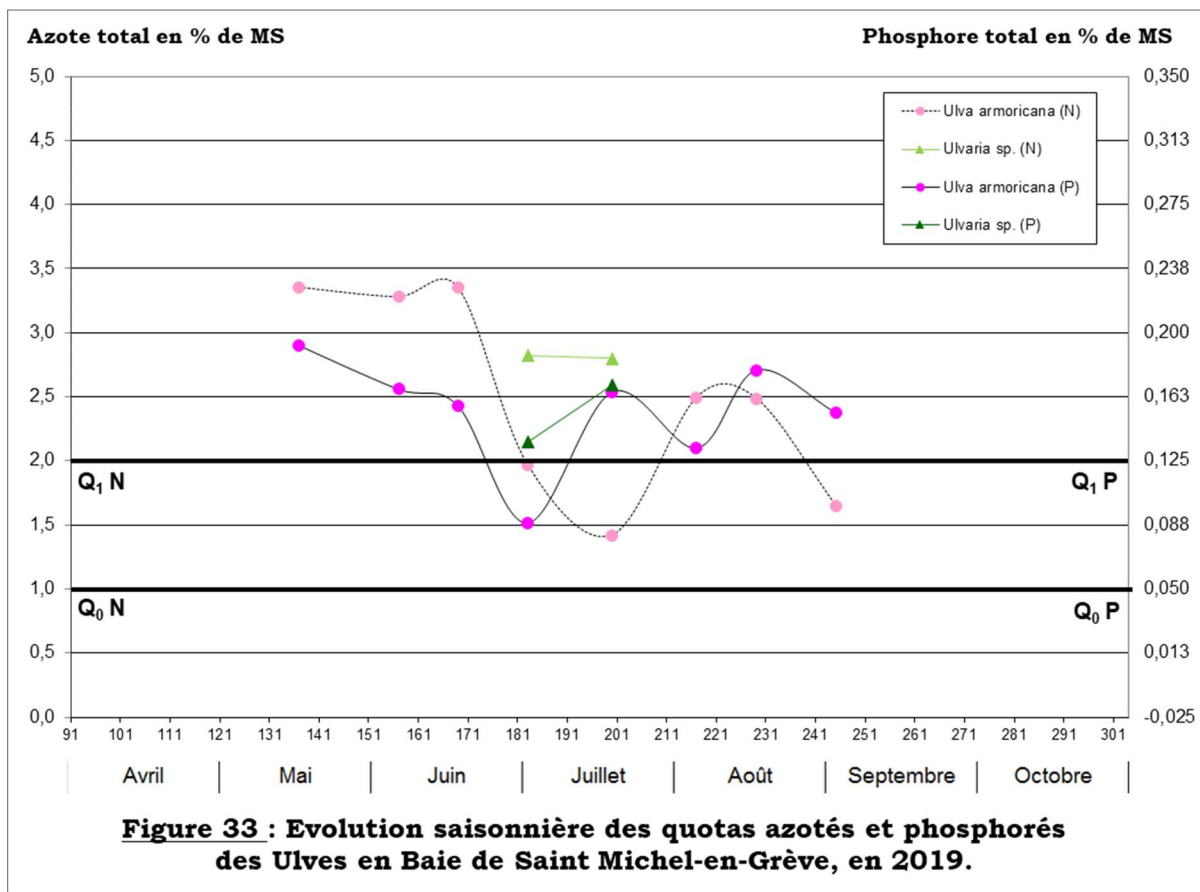
Sur le site de la **Mine d'Or**, la prolifération des ulves a été modérée au point qu'il n'a pas été possible de prélever des algues lors de chaque tournée. Le profil général est cependant à la co limitation en fin juin (Figure 48) puis les teneurs en phosphore remontent dès juillet, laissant l'azote comme seul élément limitant. En août, des ulves ont pu être trouvés mais il s'agissait d'ulves d'arrachage, petites et bien vertes et épaisses (noté par l'opérateur de terrain). Ce dernier point montre en toute logique (algues d'arrachage, infralittorales) des teneurs élevées en azote et phosphore et ne doivent probablement pas être interprétés comme une continuation de la courbe des ulves « en prolifération »

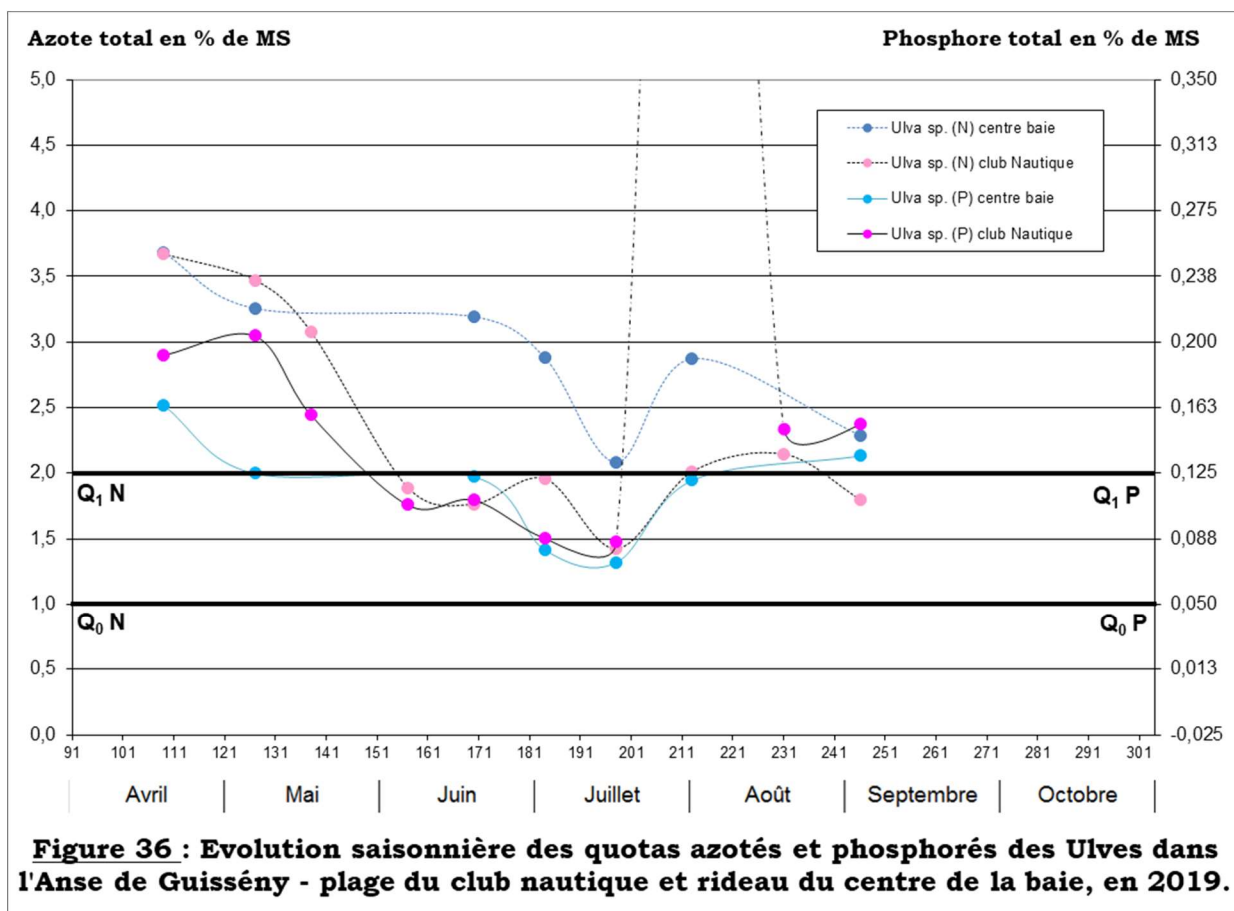
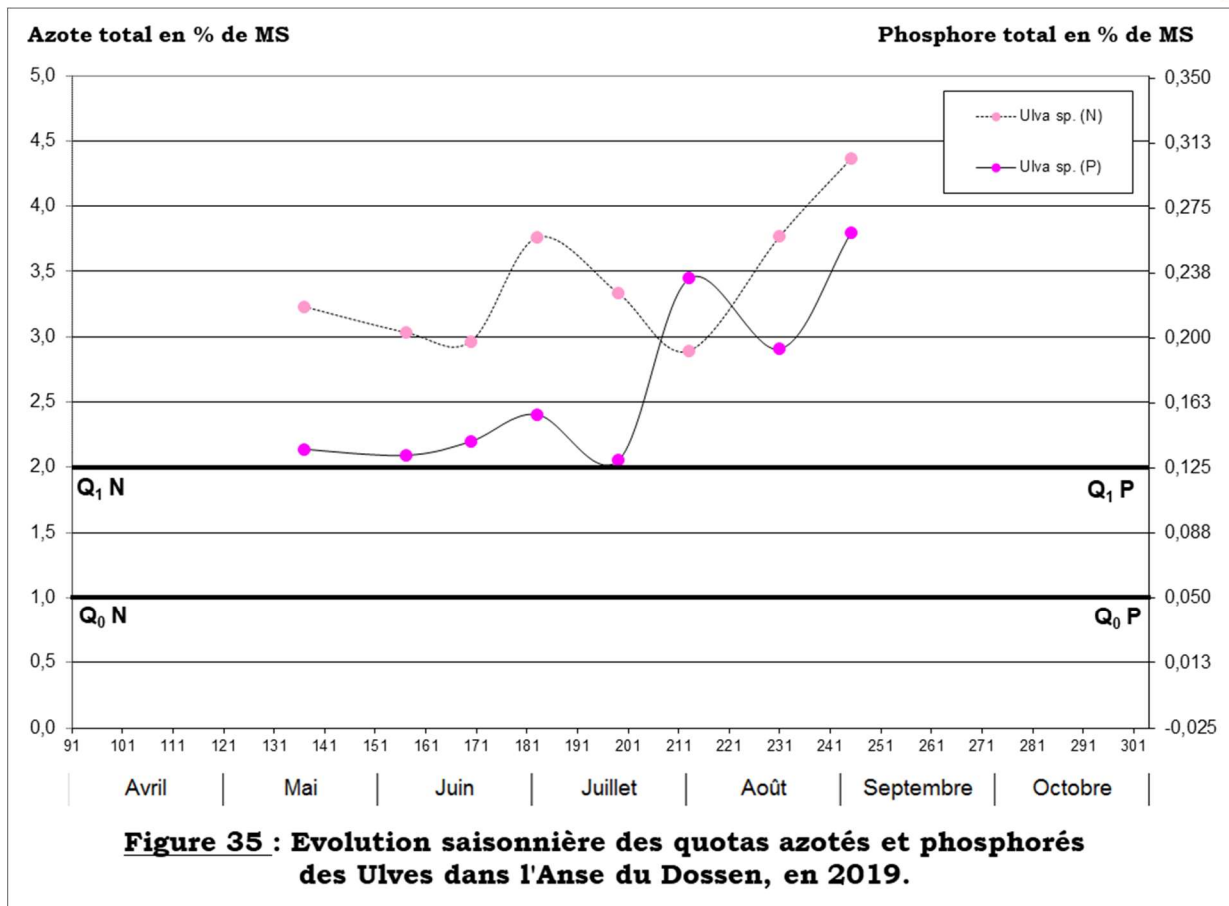
La présentation ci-dessus des facteurs limitant des proliférations des algues en 2019 doit être distinguée du statut de ces nutriments en termes de facteur de contrôle de l'eutrophisation. Les comportements différents de ces deux nutriments et notamment le stockage / relargage important du phosphore 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/>)

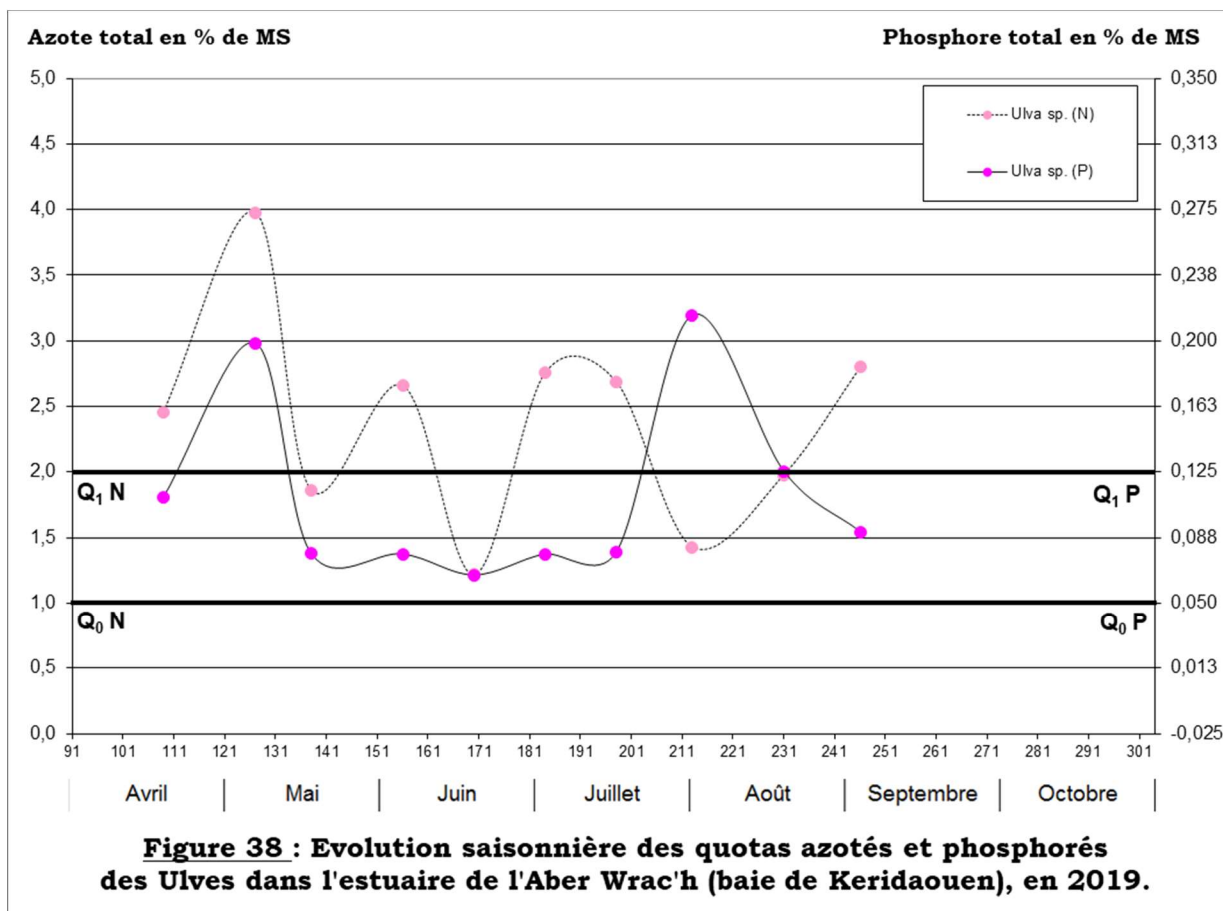
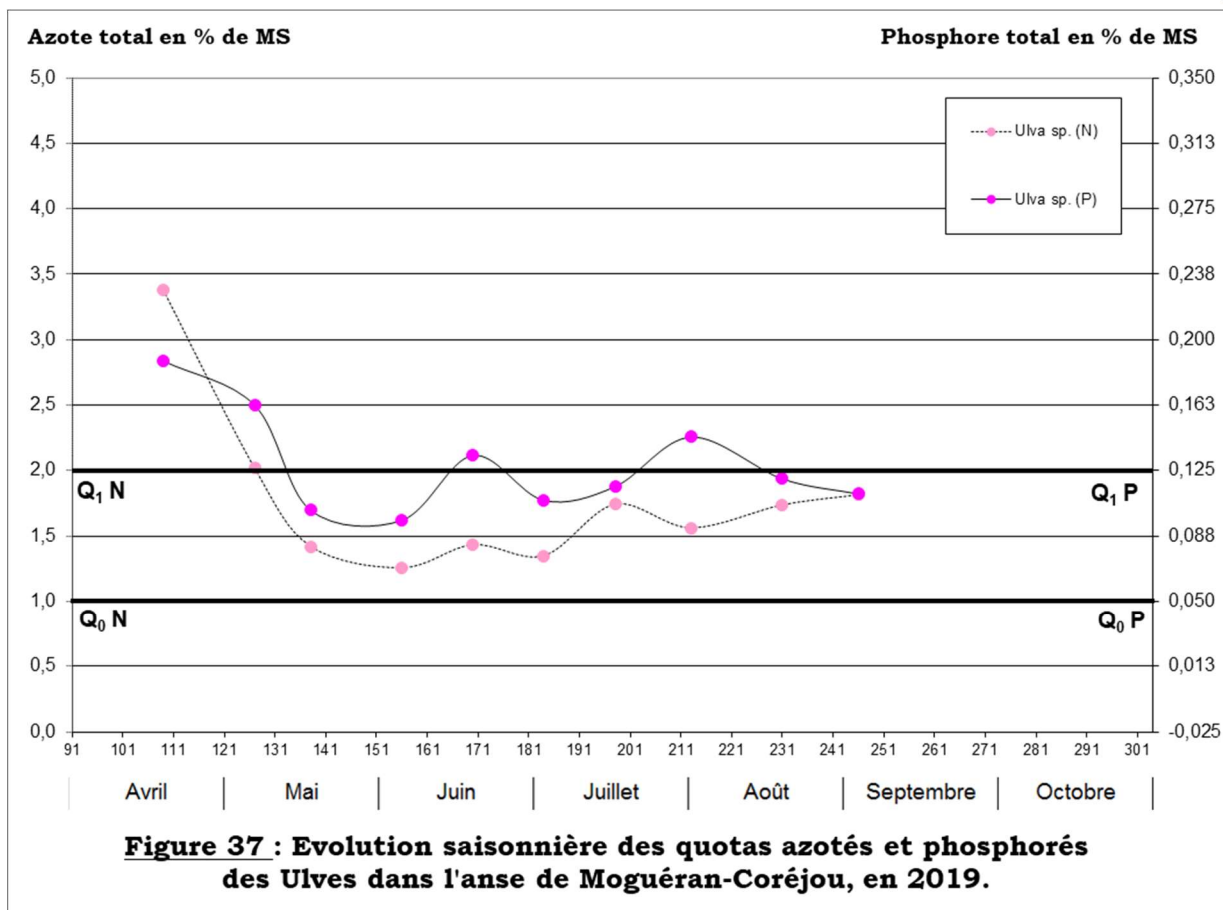


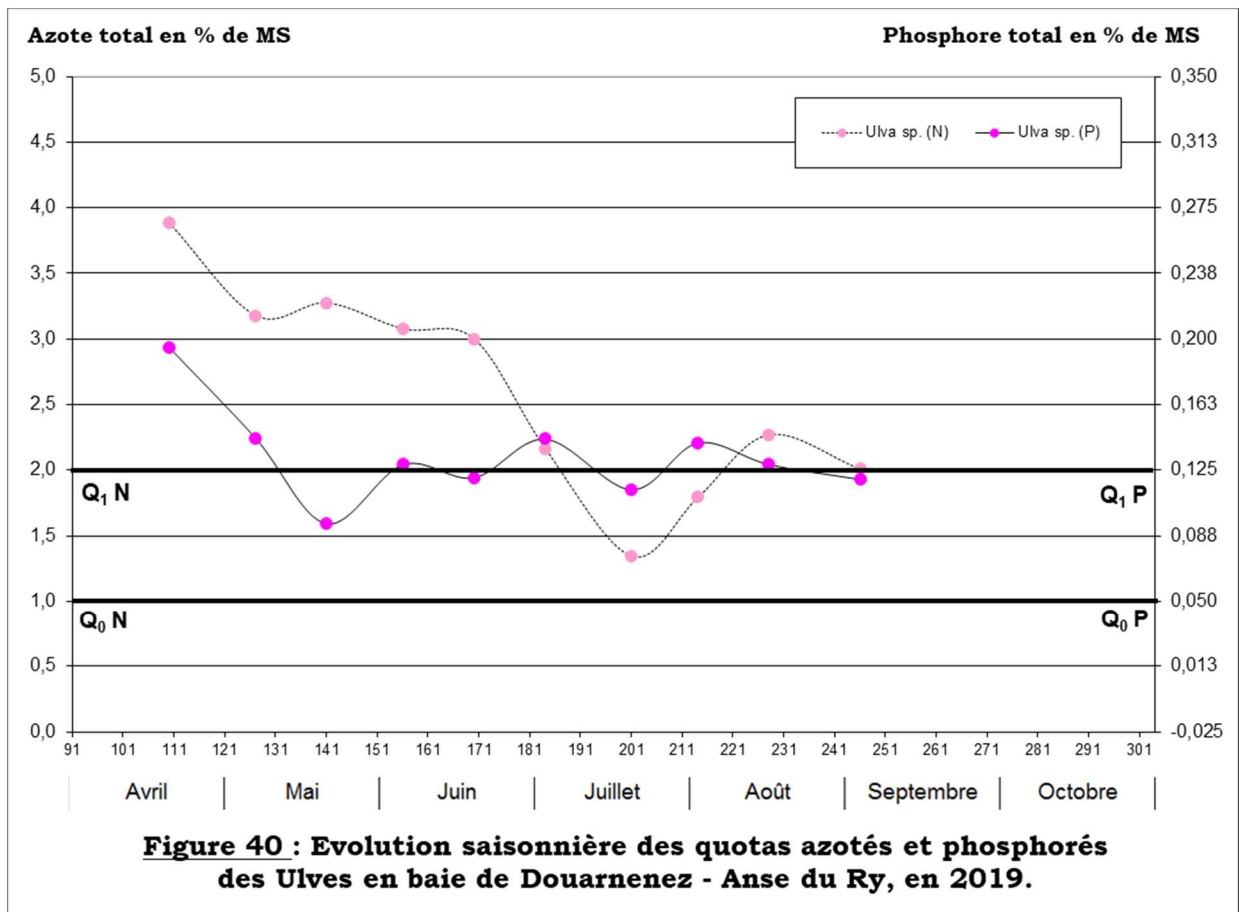
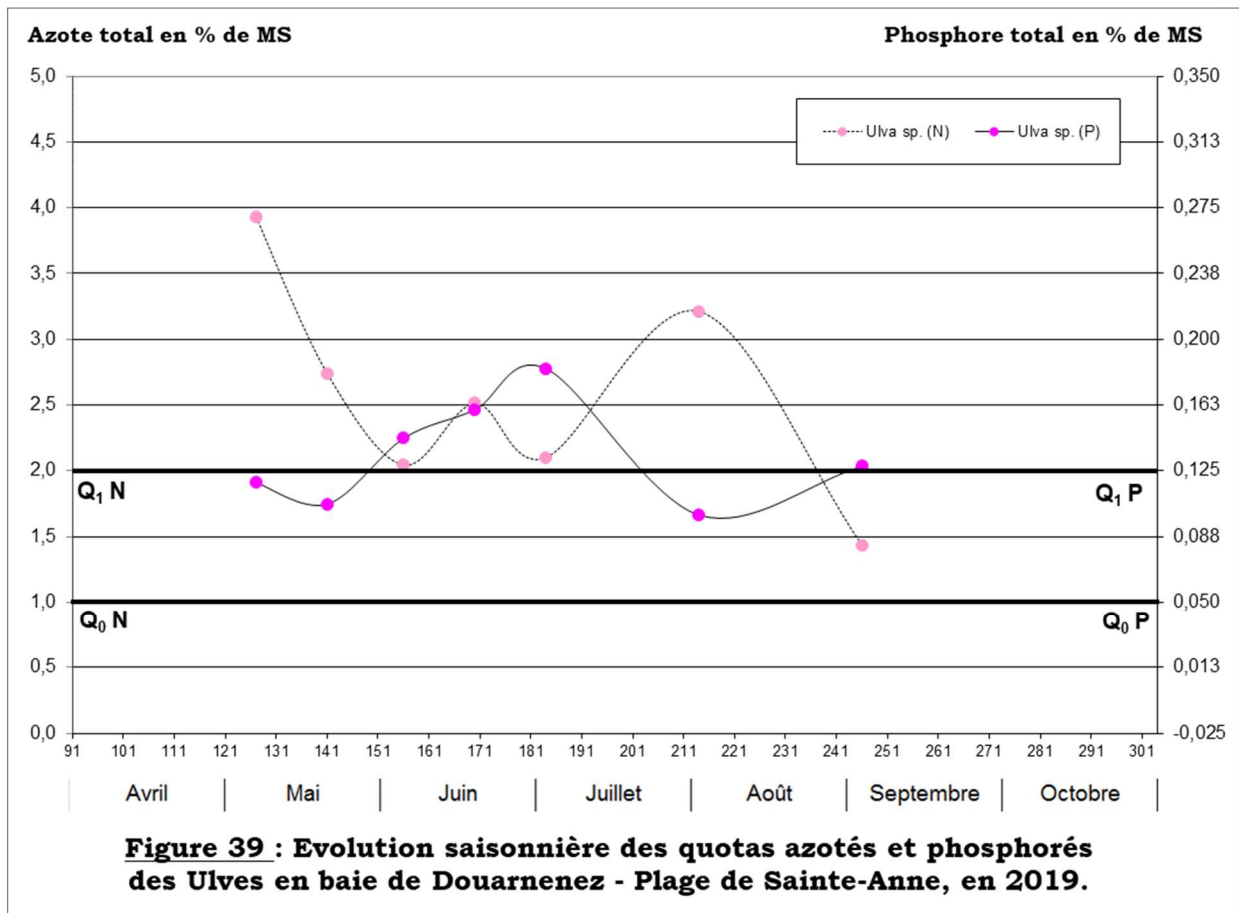


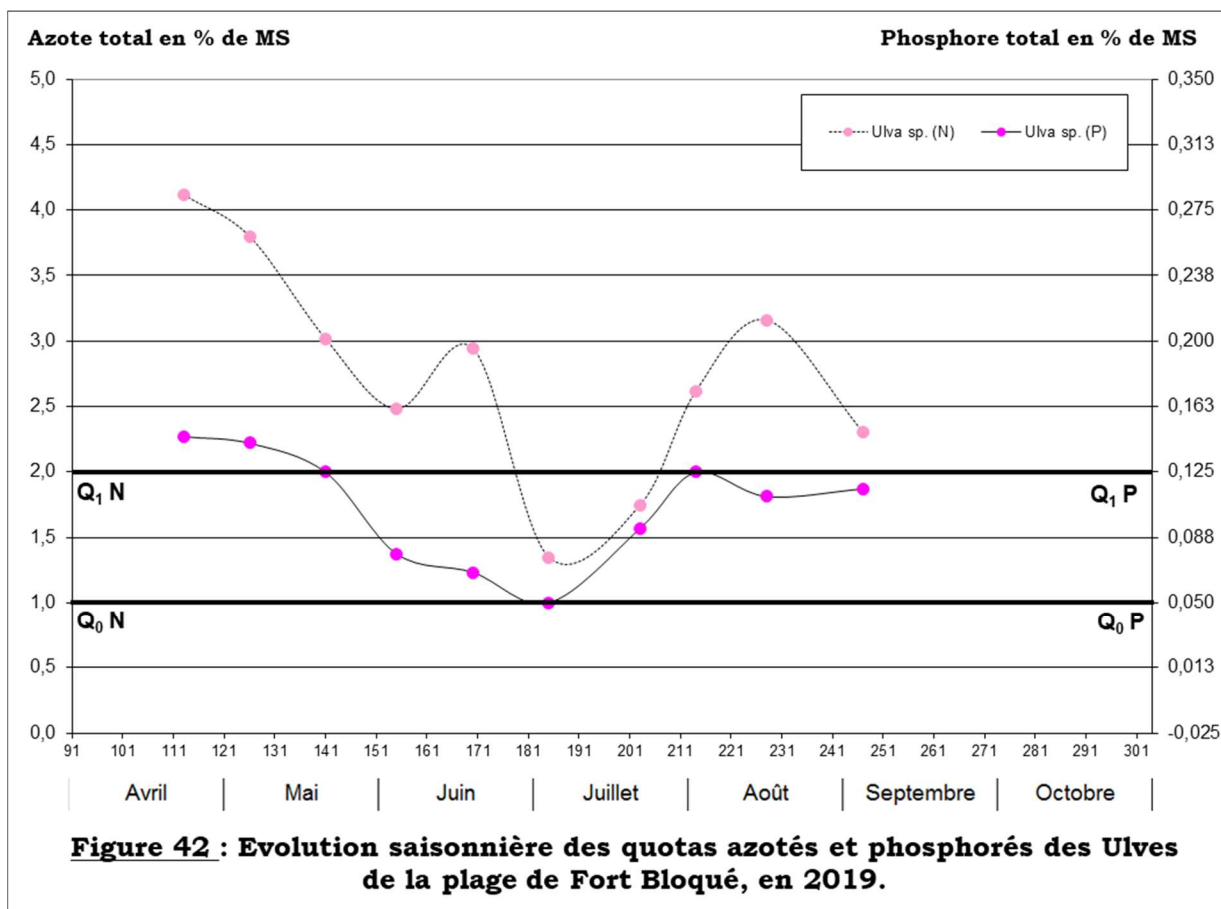
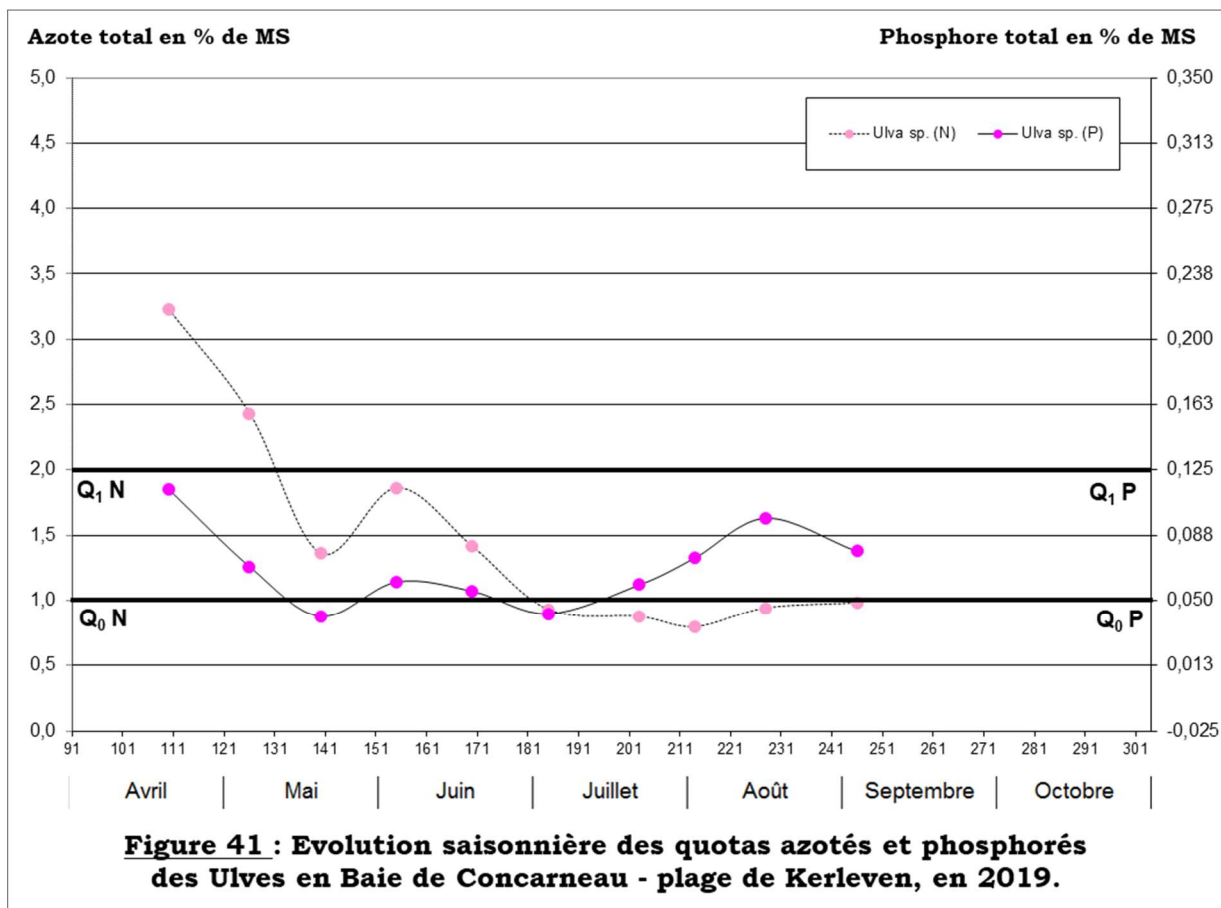


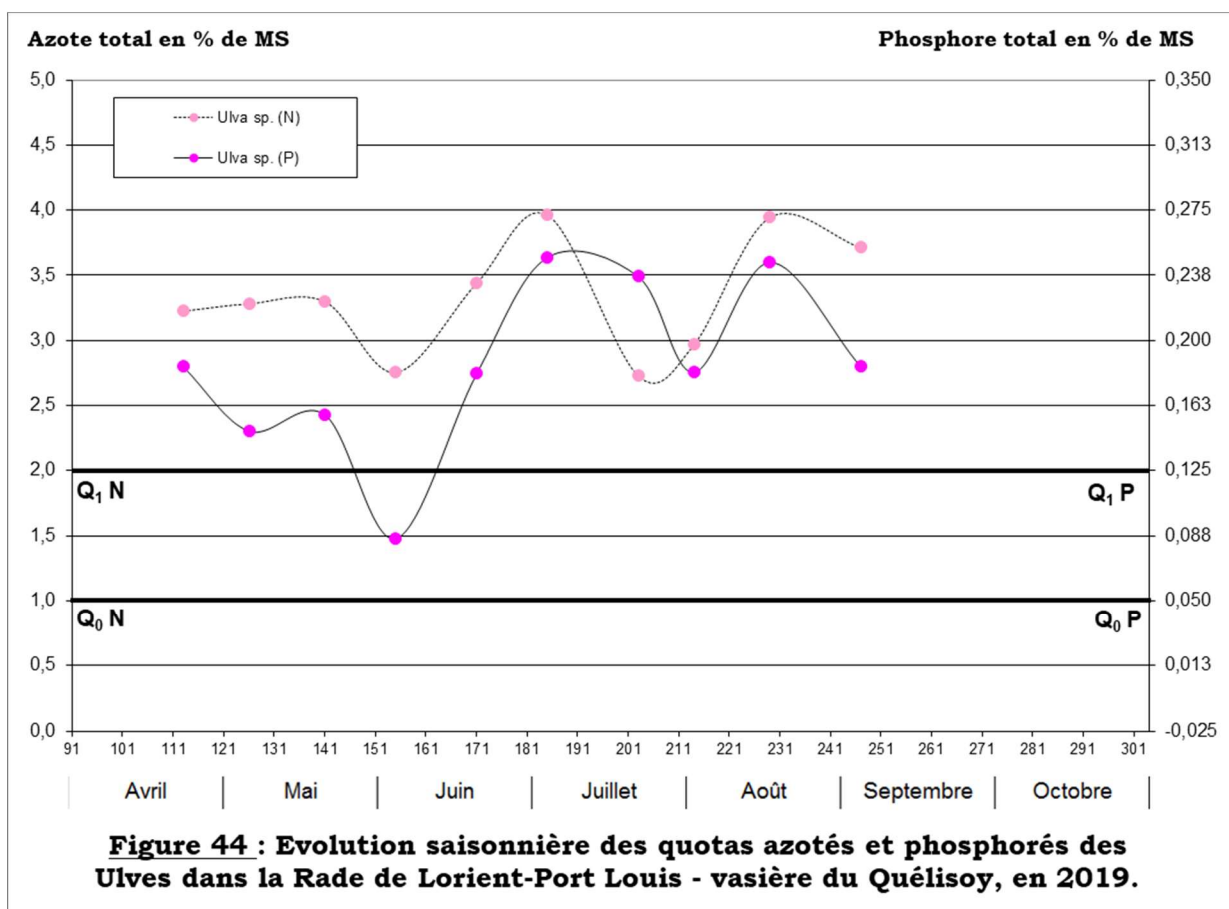
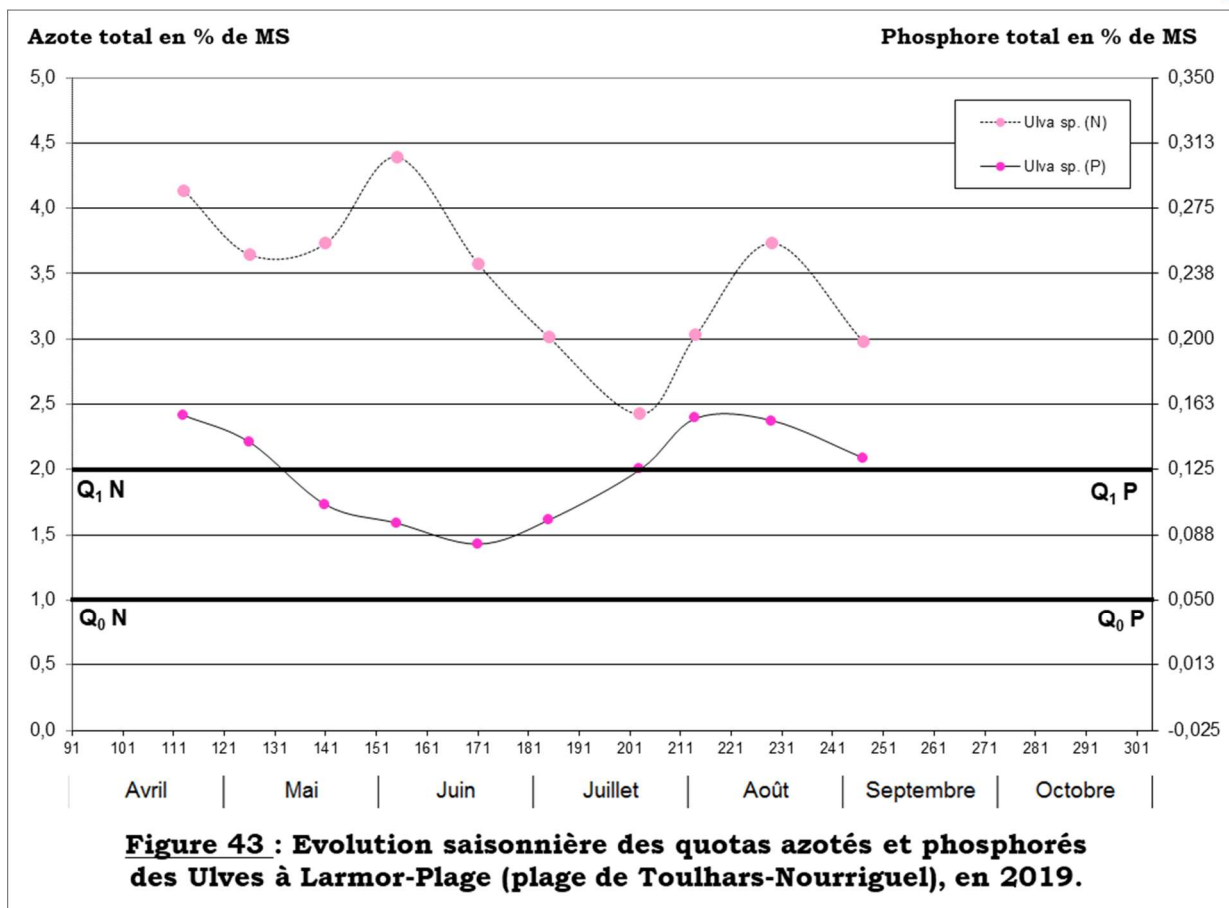


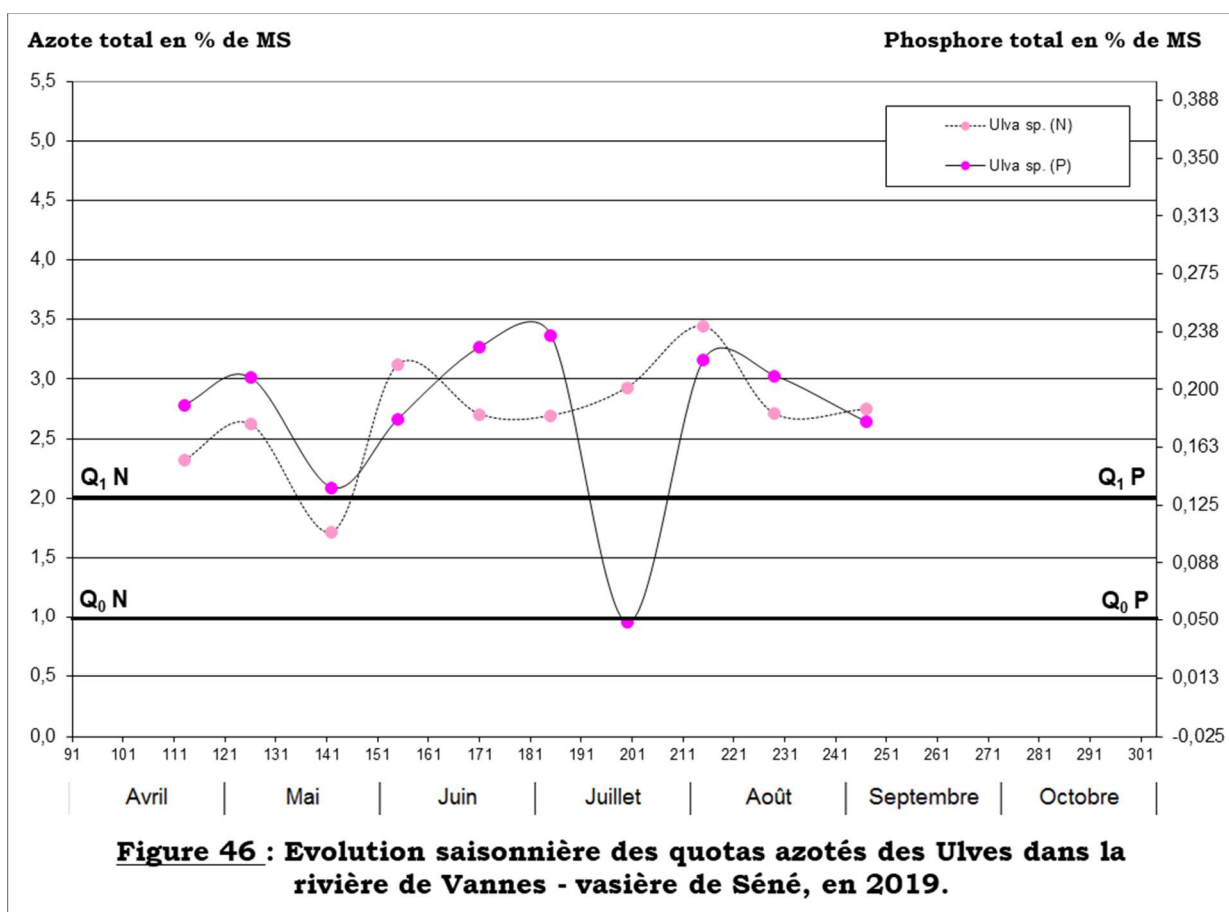
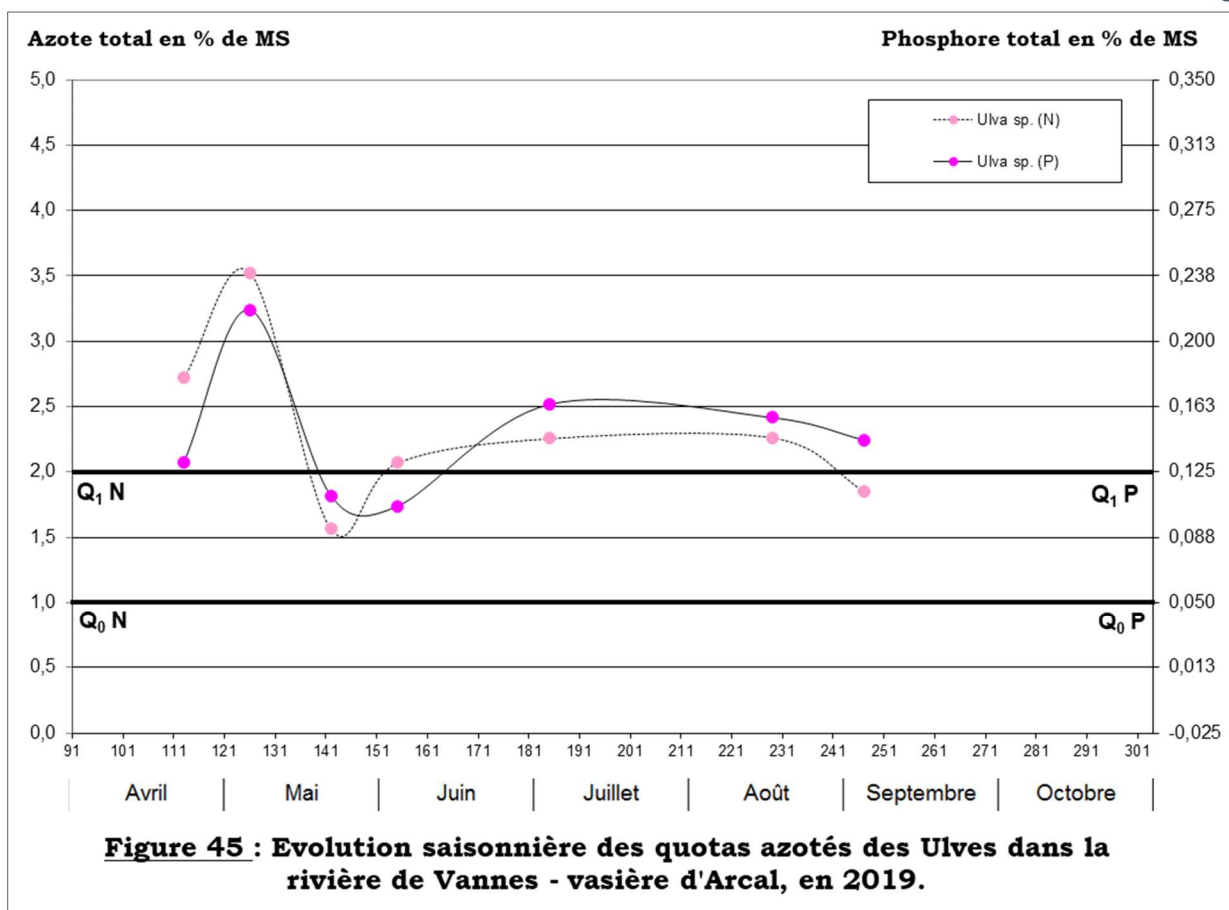


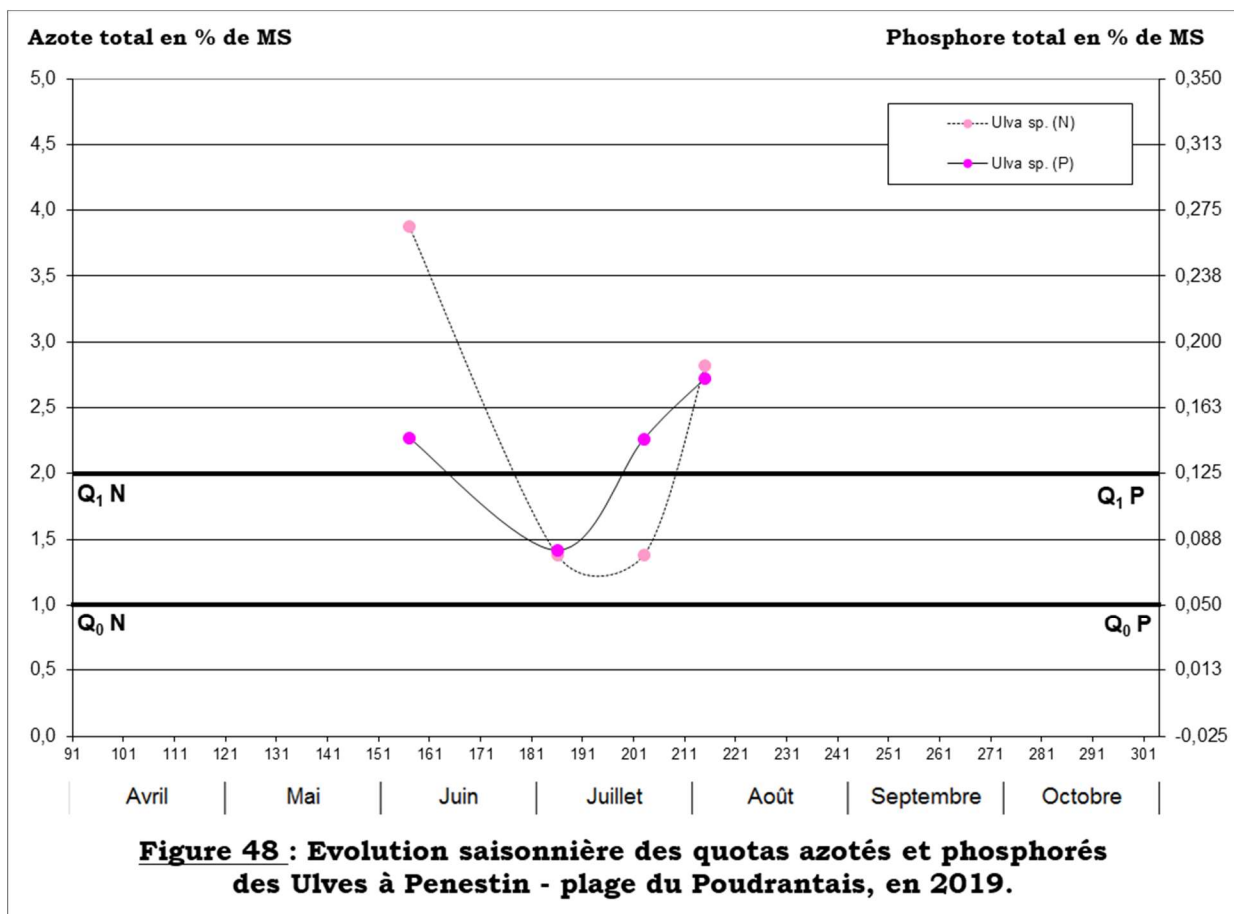
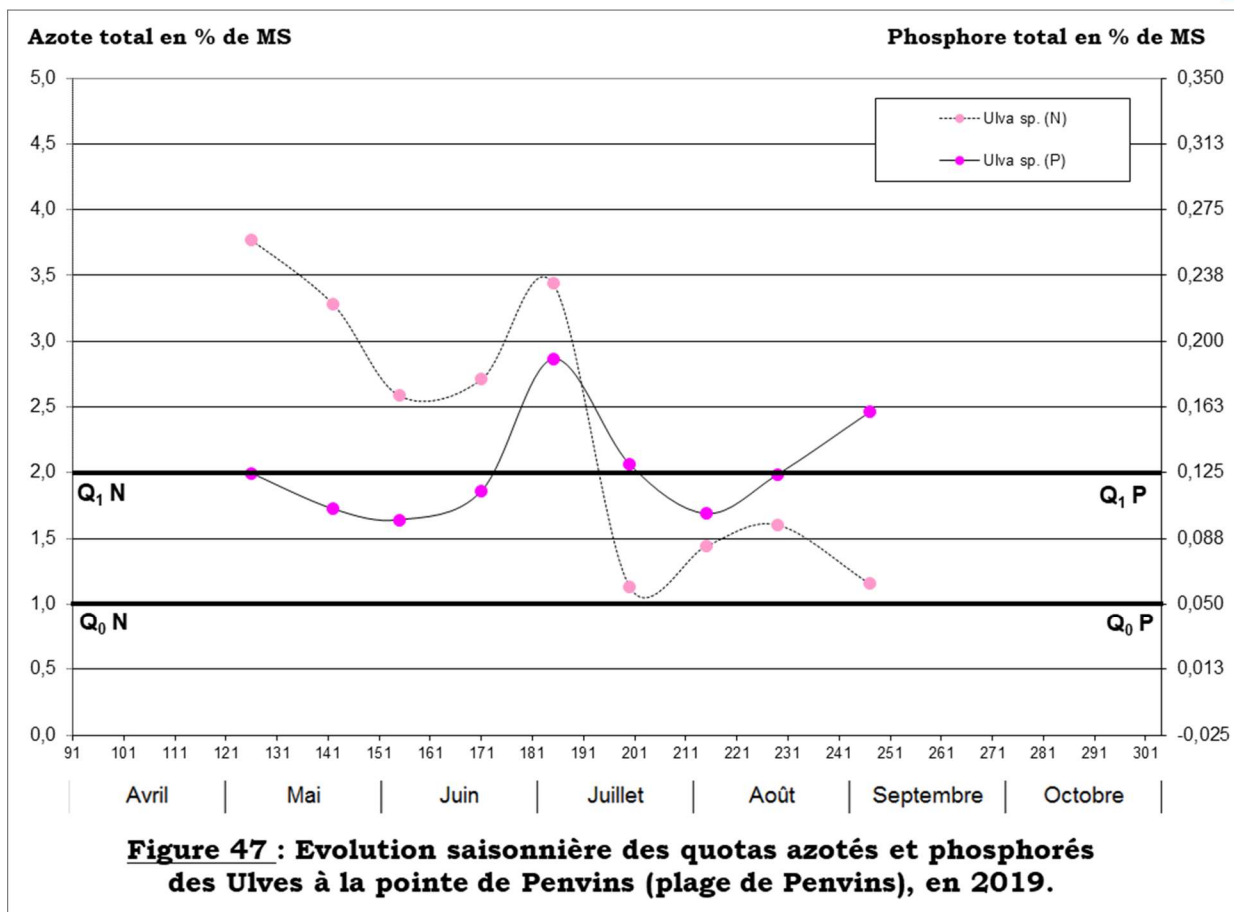














3.3.4. Evaluation des stocks totaux

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 2019.

- L'indicateur **dénombrement des sites touchés par des échouages d'ulves**, avec 89 sites repérés, indique une légère hausse par rapport à l'année 2018 (+ 3) mais un niveau qui **reste cependant sous le niveau moyen 2007-2018** (- 5.5). Le nombre de sites est à son **maximum annuel en septembre**, peu élevé en juillet (- 17 % par rapport à la moyenne 2002-2018) et conforme à la moyenne en mai, désignant l'année comme « **moyennement précoce** », puis **relativement peu intense**. L'année 2019 se démarque avec une **proportion particulièrement faible de sites de « vasière »** touchés par les ulves (25 % du total) qui est donc la principale cause de la baisse du nombre total de sites. Comme les précédentes années, on note encore en 2019 **de nombreux sites touchés par d'autres algues** que les ulves : **Ulvaria en baie de Saint Michel en Grève** (une première dans nos suivis, sur le mois de juillet avant que les ulves ne s'imposent) et en baie de La Fresnaye, algues vertes filamenteuses sur certains sites du littoral nord, **Ectocarpales sur les baies de l'Est des Côtes d'Armor** et sur la **baie de Douarnenez** (avec aussi des algues rouges filamenteuses). Enfin, l'algue rouge **Solieria chordalis** a généré des échouages massifs et des putréfactions localement intenses dès le mois d'août sur le littoral sud Bretagne (particulièrement sur la presqu'île de Rhuys).
- **Les suivis surfaciques sur les sites sableux** montrent une prolifération « précoce au niveau régional » ce qui est avant tout lié au démarrage **exceptionnellement précoce en baie de Saint-Brieuc**. Les surfaces en avril sont ainsi **3 fois supérieures à la moyenne 2002-2018**. La surface **maximale annuelle est mesurée en juin** (30 % de plus que le niveau moyen). Elle demeure importante en « août + septembre » avec 20 % de plus que le niveau moyen 2002-2018. **Cela conduit à un cumul annuel sur les 7 inventaires nettement au-dessus de la moyenne pluriannuelle (+ 30 %)** et du double du niveau de 2018. Cette situation « régionale » des échouages sur plage est fortement hétérogène avec une **prééminence de la baie de Saint-Brieuc, très touchée en 2019** (précoce et prolifération soutenue par des flux élevés en juin et début juillet) qui **représente 73 % de la surface « régionale » en 2019** contre 46 % en moyenne 2002-2018. En moyenne, les « autres secteurs » sont moins touchés que sur les années 2002-2018 (- 33 %) même si certains sites se retrouvent aussi au-dessus des niveaux moyens pluriannuels (« baie de Locquirec », « anse de Guissény », « baie de la Forêt »). Les résultats des **suivis des vasières** (programme RCS) n'ont pu être validés pour leur intégration dans le présent rapport (ajout ultérieur).
- **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 localement intenses et précoces (baie de Saint Brieuc) ou à l'opposé retardées (Saint Michel en Grève, Douarnenez). 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. Quant à la présence massive en début de saison sur d'autres secteurs (Saint Brieuc, par exemple), elle n'est pas liée à des teneurs élevées d'azote dans le milieu (descente importante des quotas en mai). Les remontées importantes des quotas azotés des ulves sur certaines périodes (en juin sur la baie de Saint Brieuc, par ex.) sont bien corrélées aux apports en augmentations dans la baie (crues des cours d'eau en juin liées à des orages ayant apporté beaucoup de pluviosité) et expliquent bien l'augmentation des surfaces et biomasses



d'ulves. 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, de Moguéran ou de la Forêt. D'autres baies, malgré des flux bas, 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 des proliférations** (Dossen, Locquirec,...) 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 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 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 **2018 a été l'année la plus tardive de la série**, en lien avec les paramètres de reconduction hivernale. Avec néanmoins une croissance intense sur certaines baies pour lesquelles les flux étaient élevés et faibles sur beaucoup d'autres (voire prolifération d'autres algues filamenteuses comme en baie de Douarnenez ou de Lancieux). L'année **2019 est totalement atypique**, en partie **précoce comme 2017 sur certains secteurs** (baie de Saint Briec) et tardive sur d'autres **comme 2018** (Saint Michel en Grève, Douarnenez) avec une croissance soutenue par des flux intenses (juin sur la baie De Saint Briec). 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.



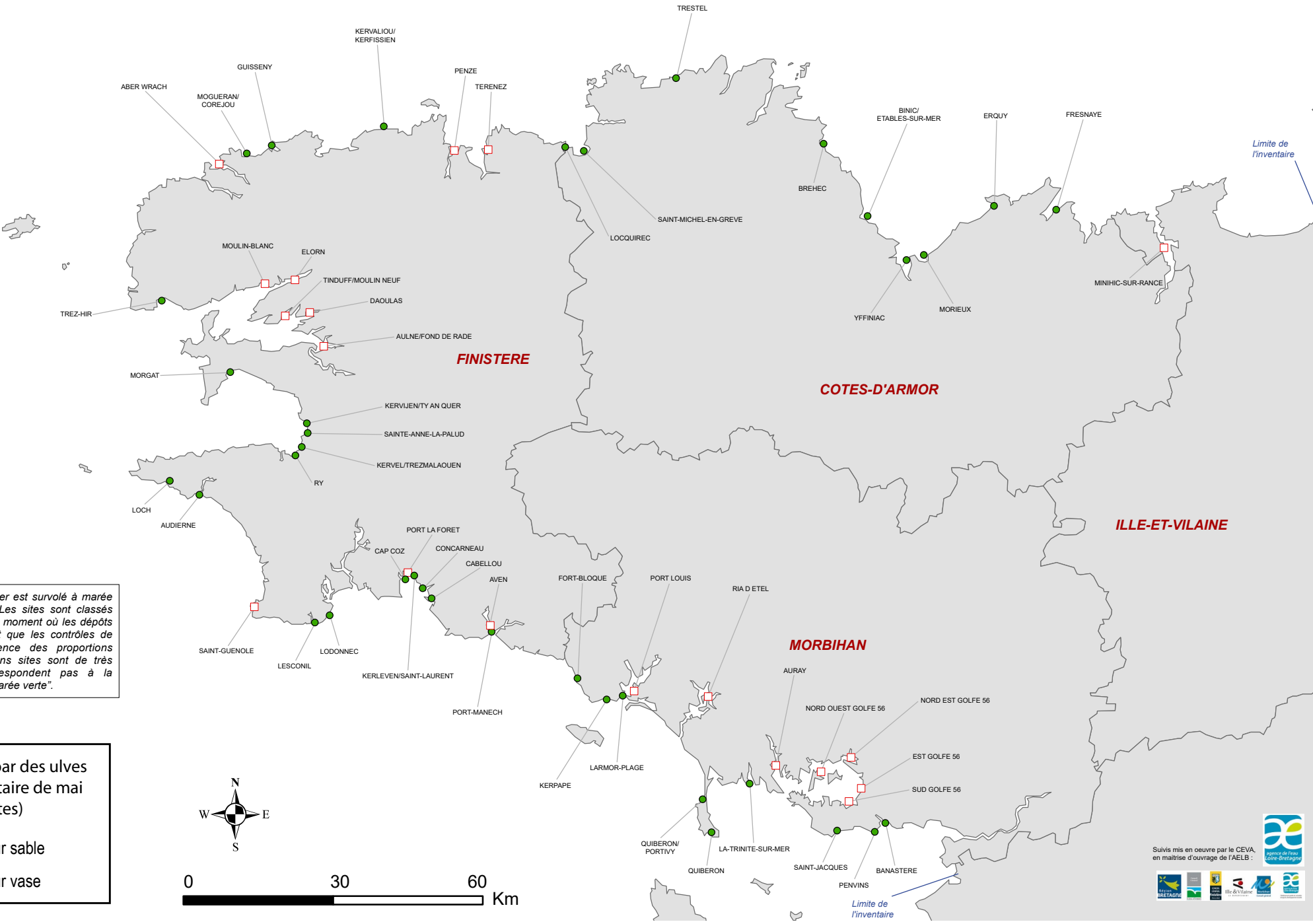
ANNEXES



ANNEXE 1

SITES TOUCHES PAR DES ECHOUAGES D'ULVES EN MAI, JUILLET, SEPTEMBRE 2019

Sites touchés par des échouages d'ulves mai 2019



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 (55 sites)

- site sur sable
- site sur vase

Sites touchés par des échouages d'ulves juillet 2019



Limite de l'inventaire

ILLE-ET-VILAINE

CÔTES-D'ARMOR

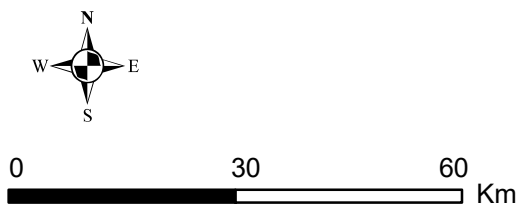
FINISTÈRE

MORBIHAN

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 (59 sites)

- site sur sable
- site sur vase



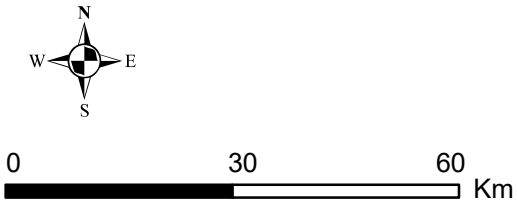
Sites touchés par des échouages d'ulves septembre 2019



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 (61 sites)

- site sur sable
- site sur vase





ANNEXE 2

EXEMPLE DE FICHE DE CONTRÔLE TERRAIN POUR UN SITE

ARGUENON - centre baie (22)



2



1



Zone 1 : dépôt épais principalement constitué d'algues brunes et rouges puis d'ulves.

Zone 2 : certains dépôts principalement constitué d'ulves, et d'autres d'Ectocarpales.

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	% arrachages		
1	25	25	30	20	100			100	20	<i>Ectocarpales</i> <i>Ulva sp.</i>
2		60		40	100			100	30-40	

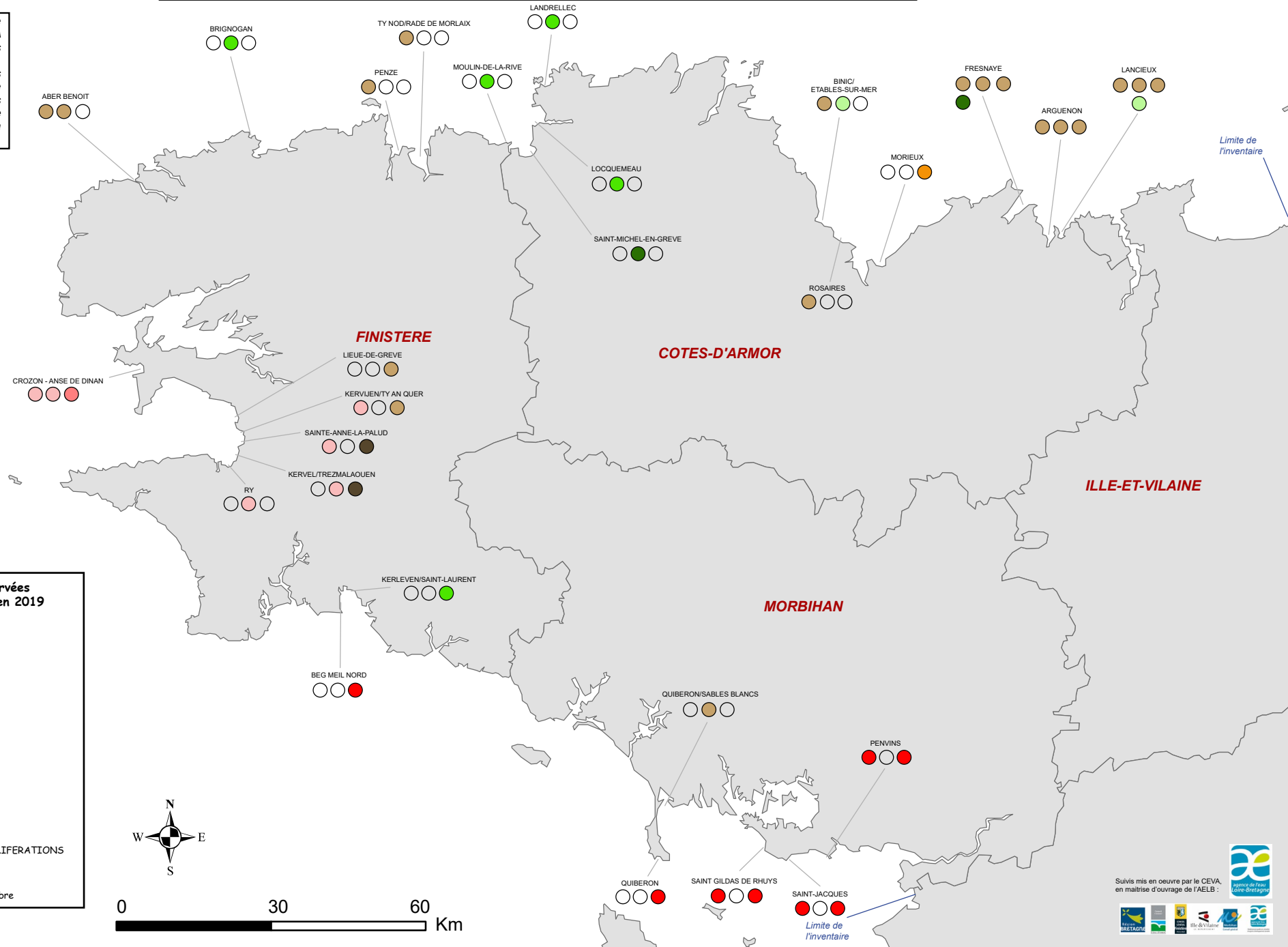


ANNEXE 3

SITES TOUCHES PAR DES PROLIFERATIONS D'AUTRES ALGUES EN 2019

Sites touchés par des proliférations d'algues en 2019 autres que les ulves (3 inventaires de contrôle de surveillance DCE)

* L'ensemble du linéaire côtier est survolé 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.

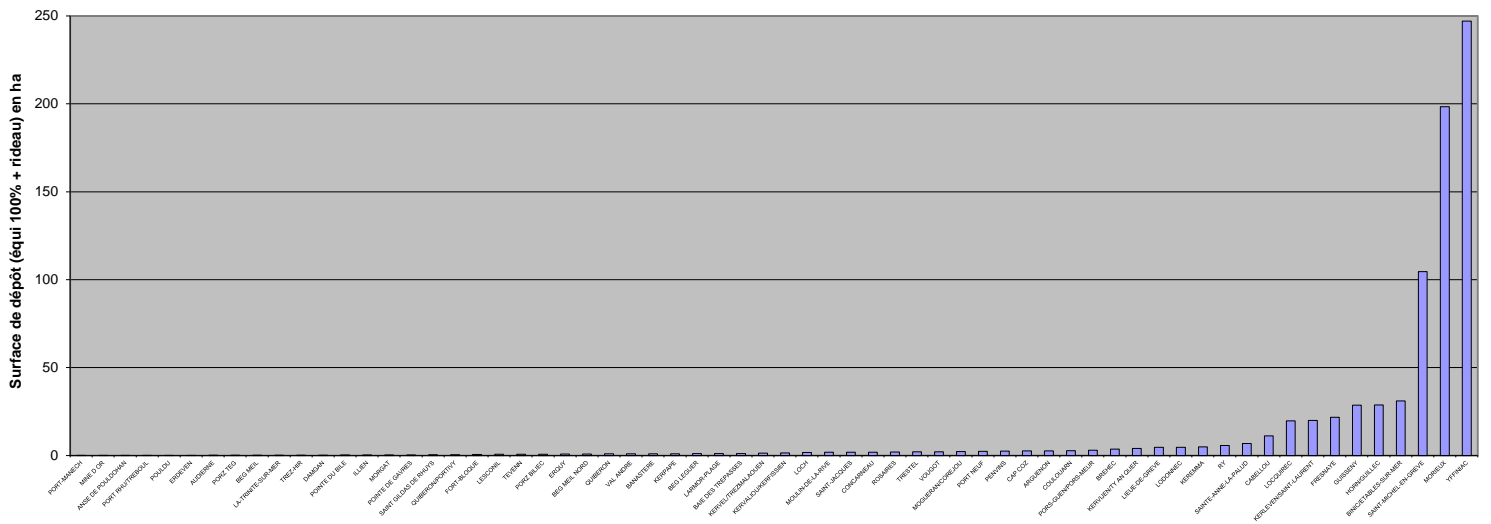




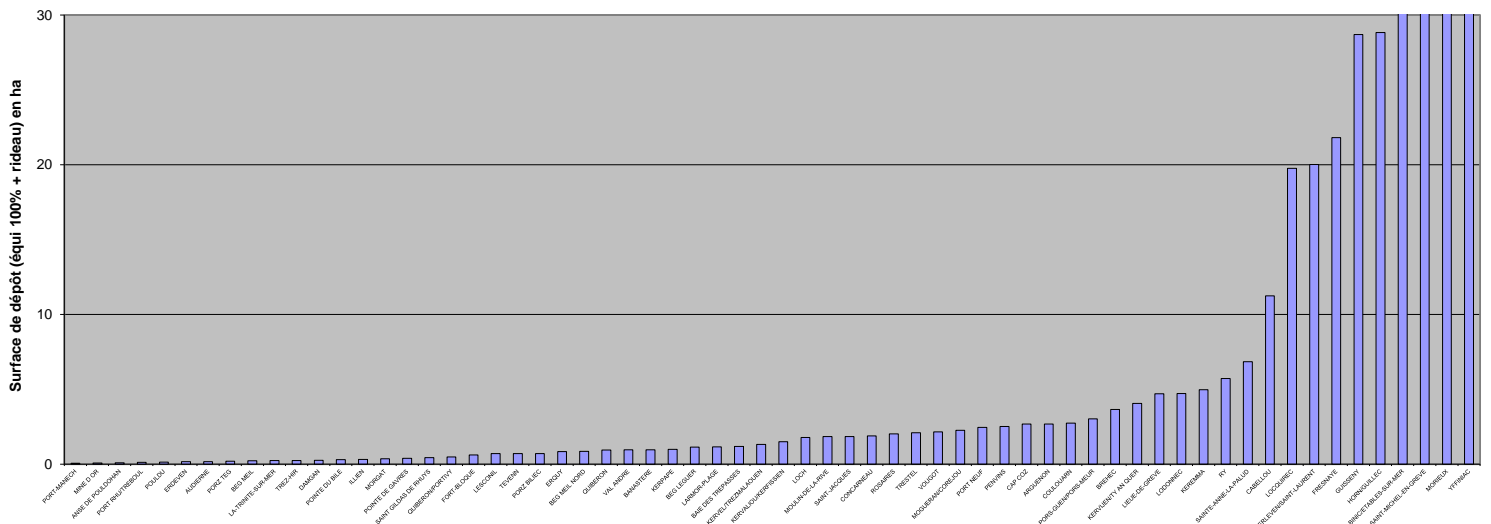
ANNEXE 4

TAILLE MAXIMUM DES SITES A ULVES SUR PLAGES EN 2019

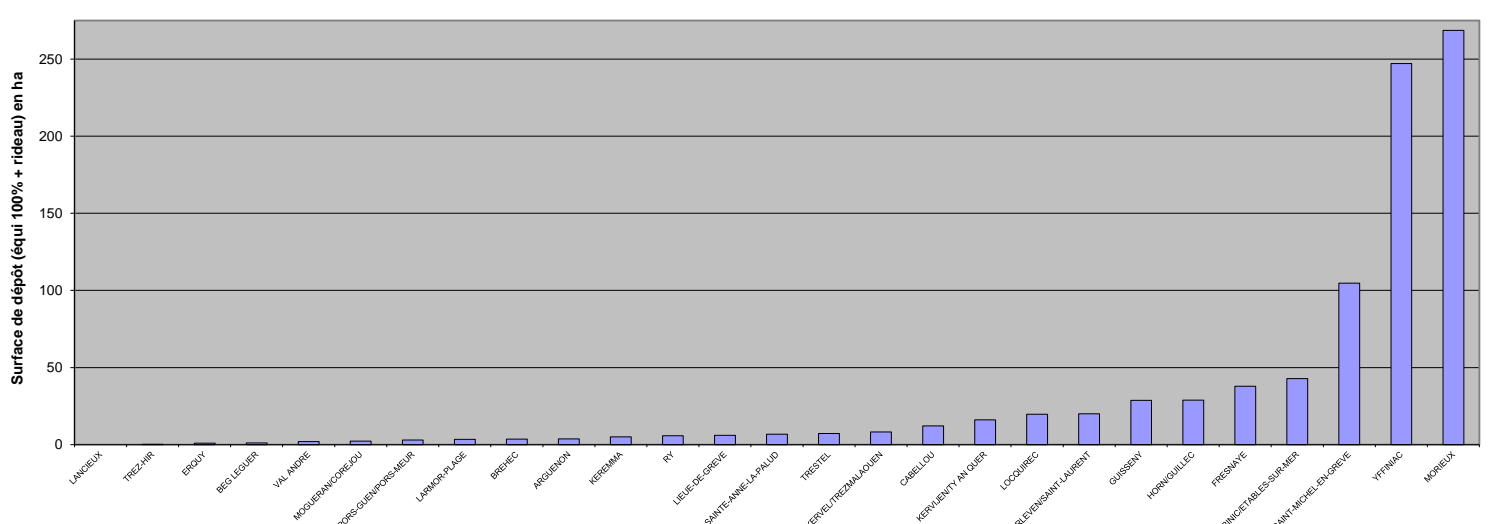
Surface maximale des dépôts d'ulves sur les sites sur sable en 2019 (3 inventaires)



Surface maximale des dépôts d'ulves sur les sites sur sable en 2019 (3 inventaires)



Surface maximale des dépôts d'ulves sur les sites sur sable en 2019 (7 inventaires)



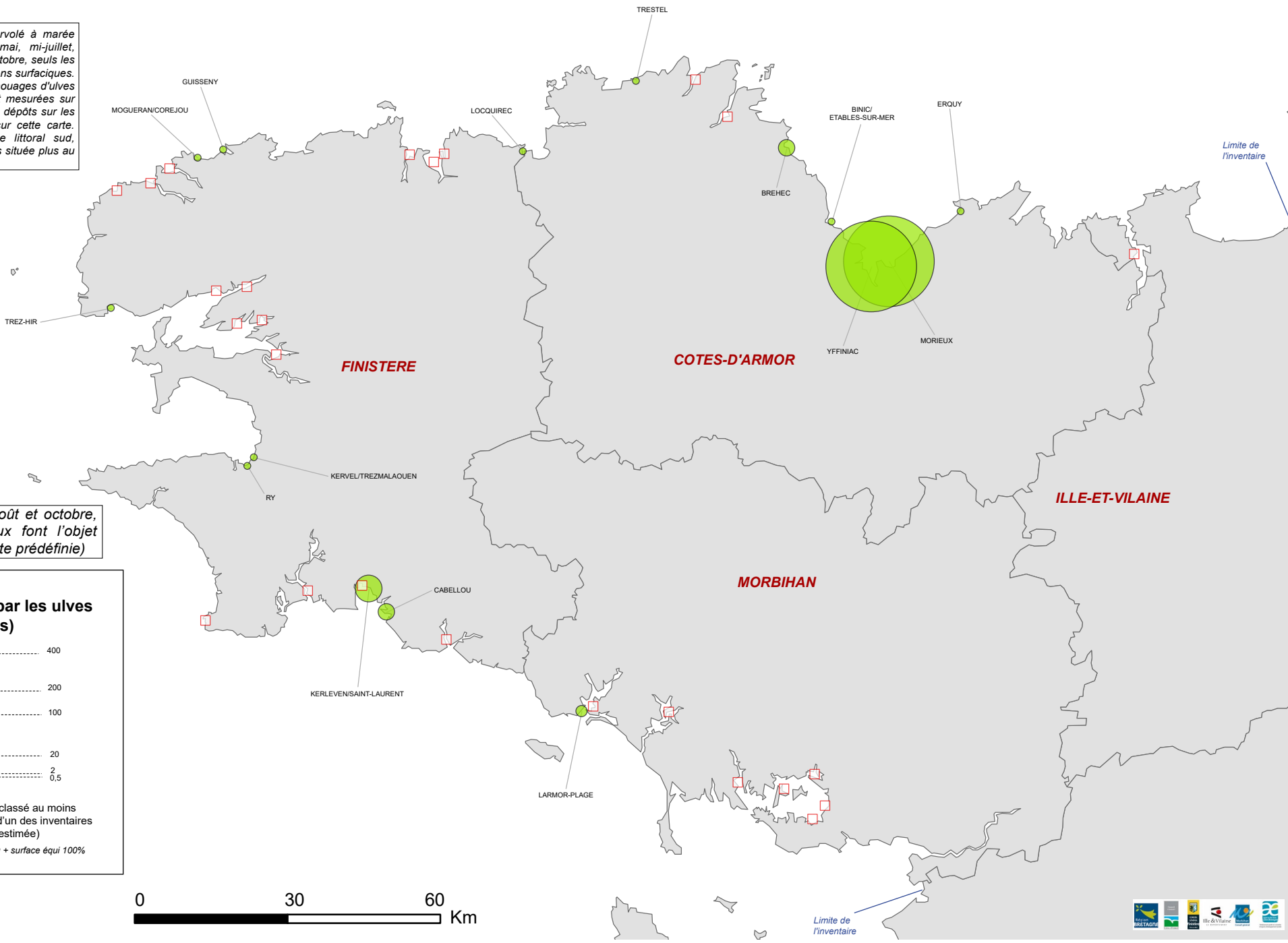


ANNEXE 5

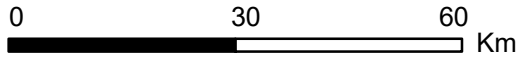
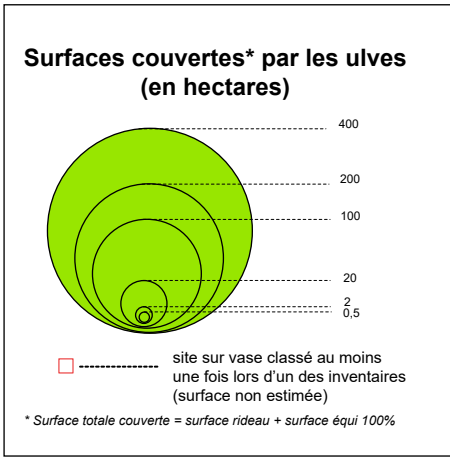
- SURFACES COUVERTES PAR SITE POUR LES MISSIONS D'AVRIL A OCTOBRE 2019
- SURFACES COUVERTES PAR SITE POUR LES MISSIONS D'AVRIL A OCTOBRE DES ANNEES 2002 à 2019
- SURFACES COUVERTES PAR SITE D'AVRIL A OCTOBRE EN MOYENNE SUR 2002-2013

Surfaces couvertes par les ulves avril 2019

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.

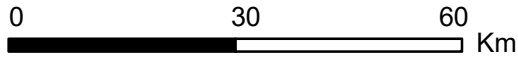
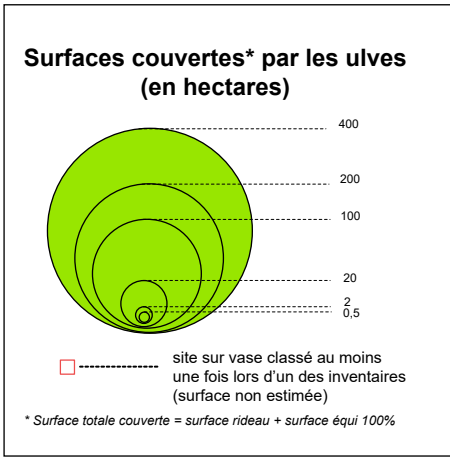
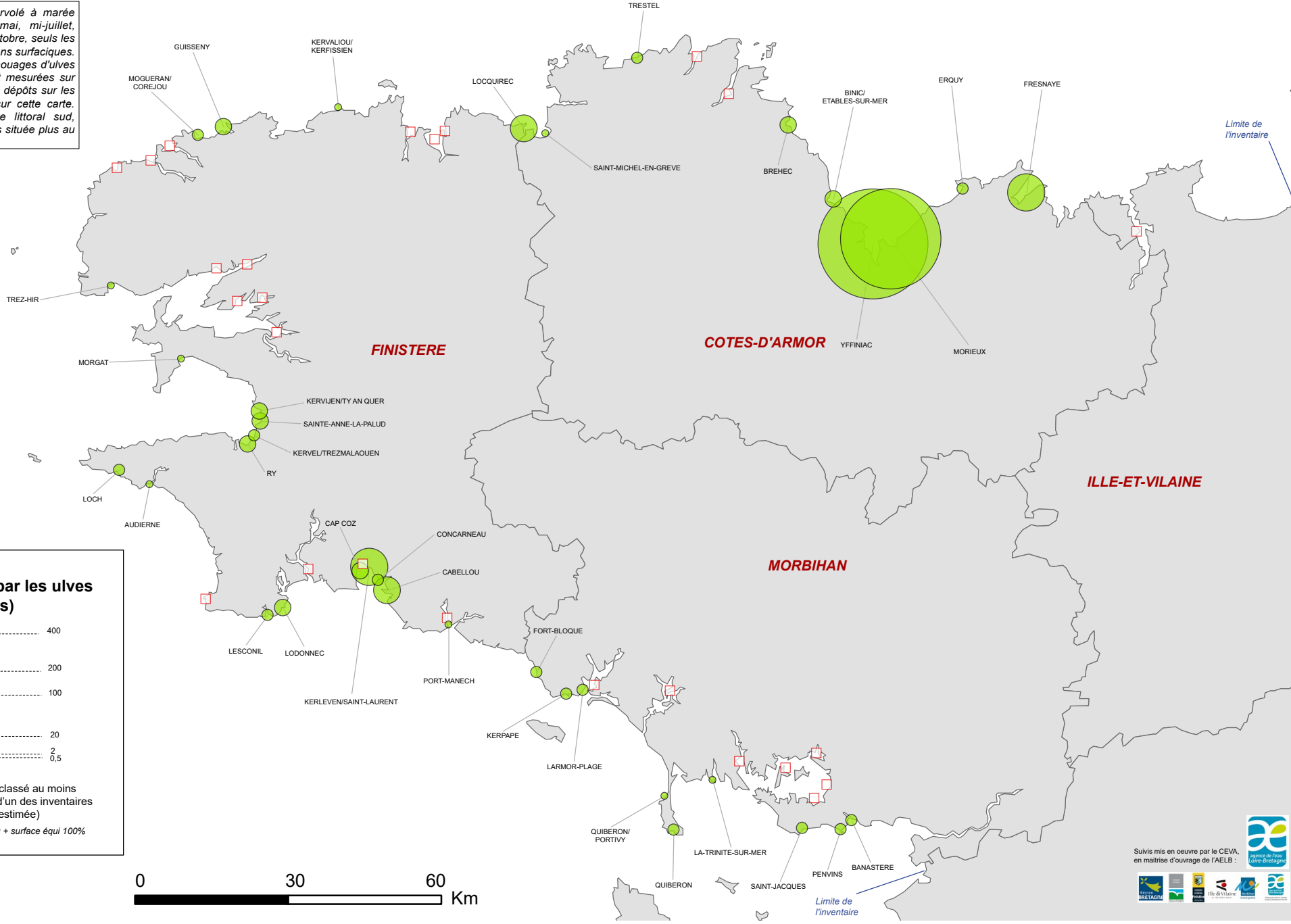


A noter : en avril, juin, août et octobre, seuls les sites principaux font l'objet d'évaluation surfacique (liste prédéfinie)



Surfaces couvertes par les ulves mai 2019

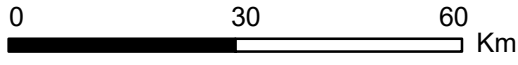
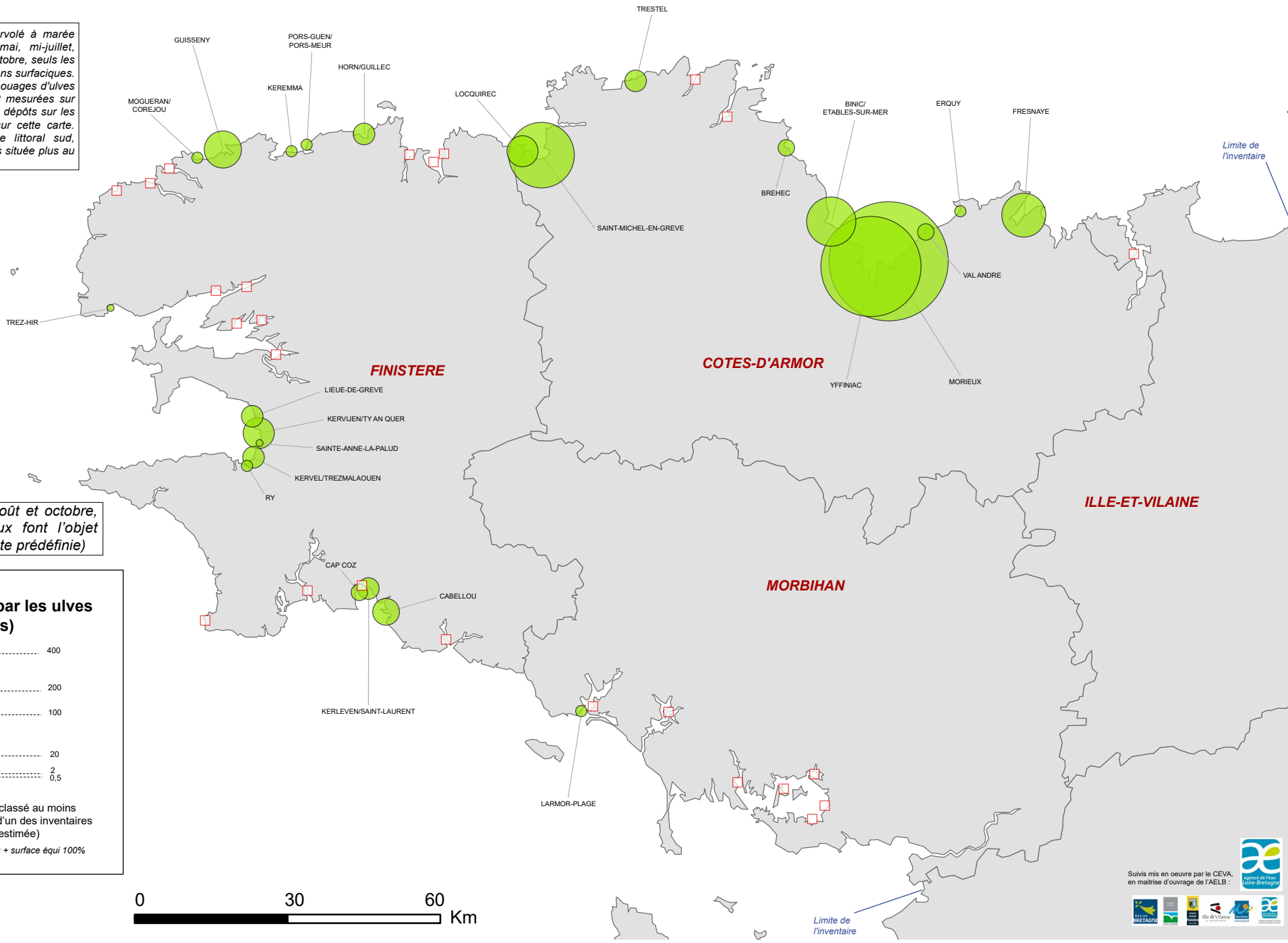
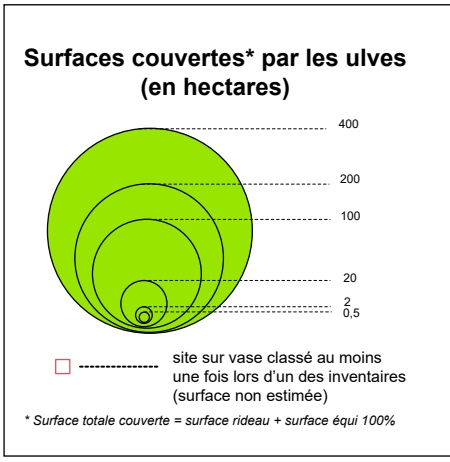
L'ensemble du linéaire côtier est survolé à marée basse de fort coefficient à la mi-mai, mi-juillet, mi-septembre. En avril, juin, août et octobre, seuls les sites principaux font l'objet d'estimations surfaciques. Pour tous les sites présentant des échouages d'ulves sur sable, les surfaces de dépôt 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 2019

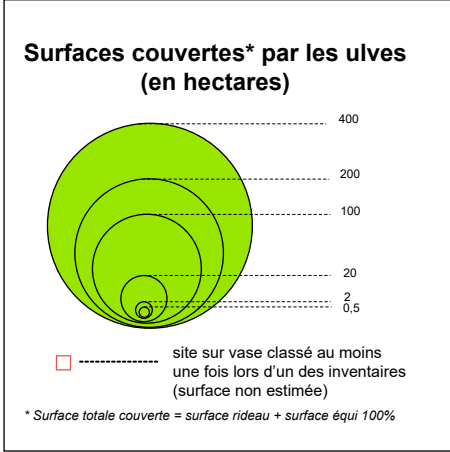
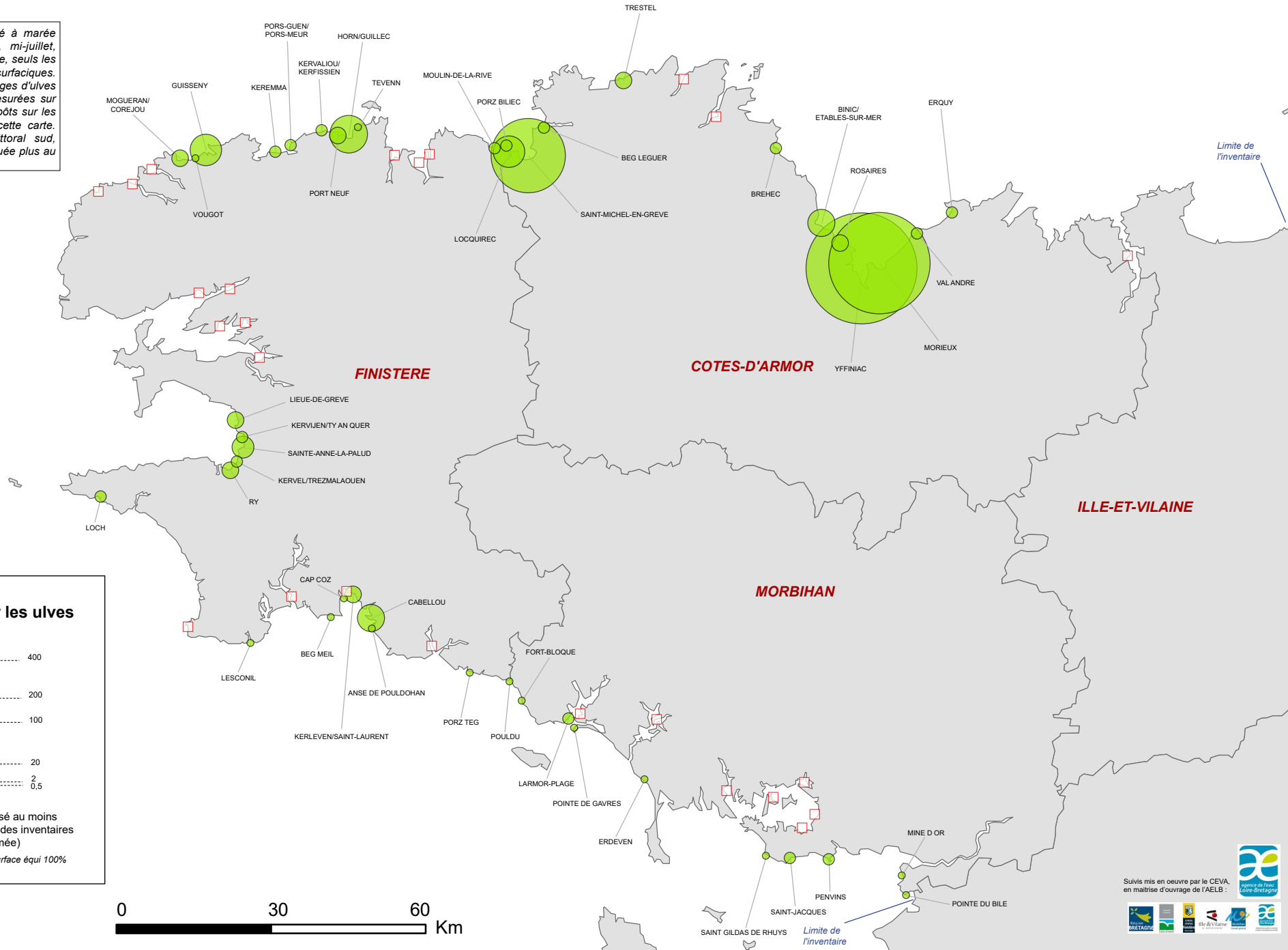
L'ensemble du linéaire côtier est survolé à marée basse de fort coefficient à la mi-mai, mi-juillet, mi-septembre. En avril, juin, août et octobre, seuls les sites principaux font l'objet d'estimations surfaciques. Pour tous les sites présentant des échouages d'ulves sur sable, les surfaces de dépôt 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 2019

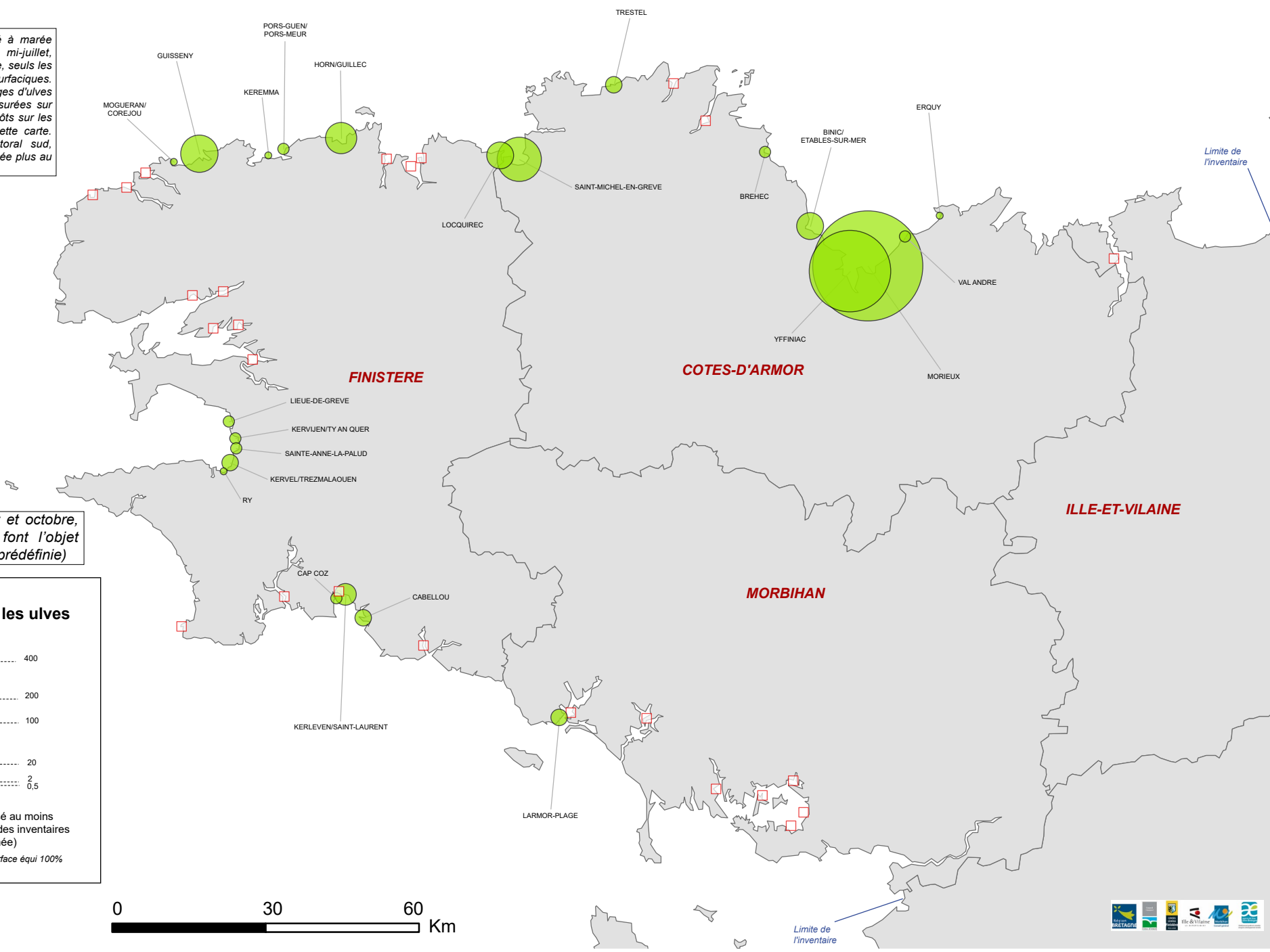
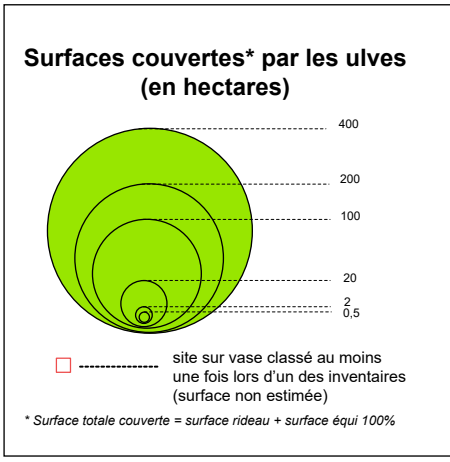
L'ensemble du linéaire côtier est survolé à marée basse de fort coefficient à la mi-mai, mi-juillet, mi-septembre. En avril, juin, août et octobre, seuls les sites principaux font l'objet d'estimations surfaciques. Pour tous les sites présentant des échouages d'ulves sur sable, les surfaces de dépôt 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 2019

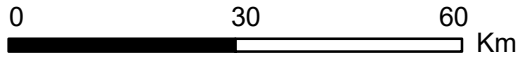
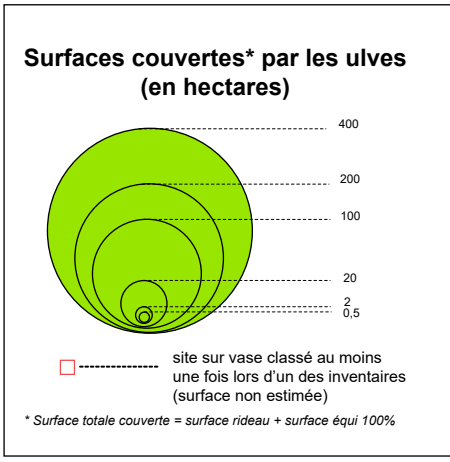
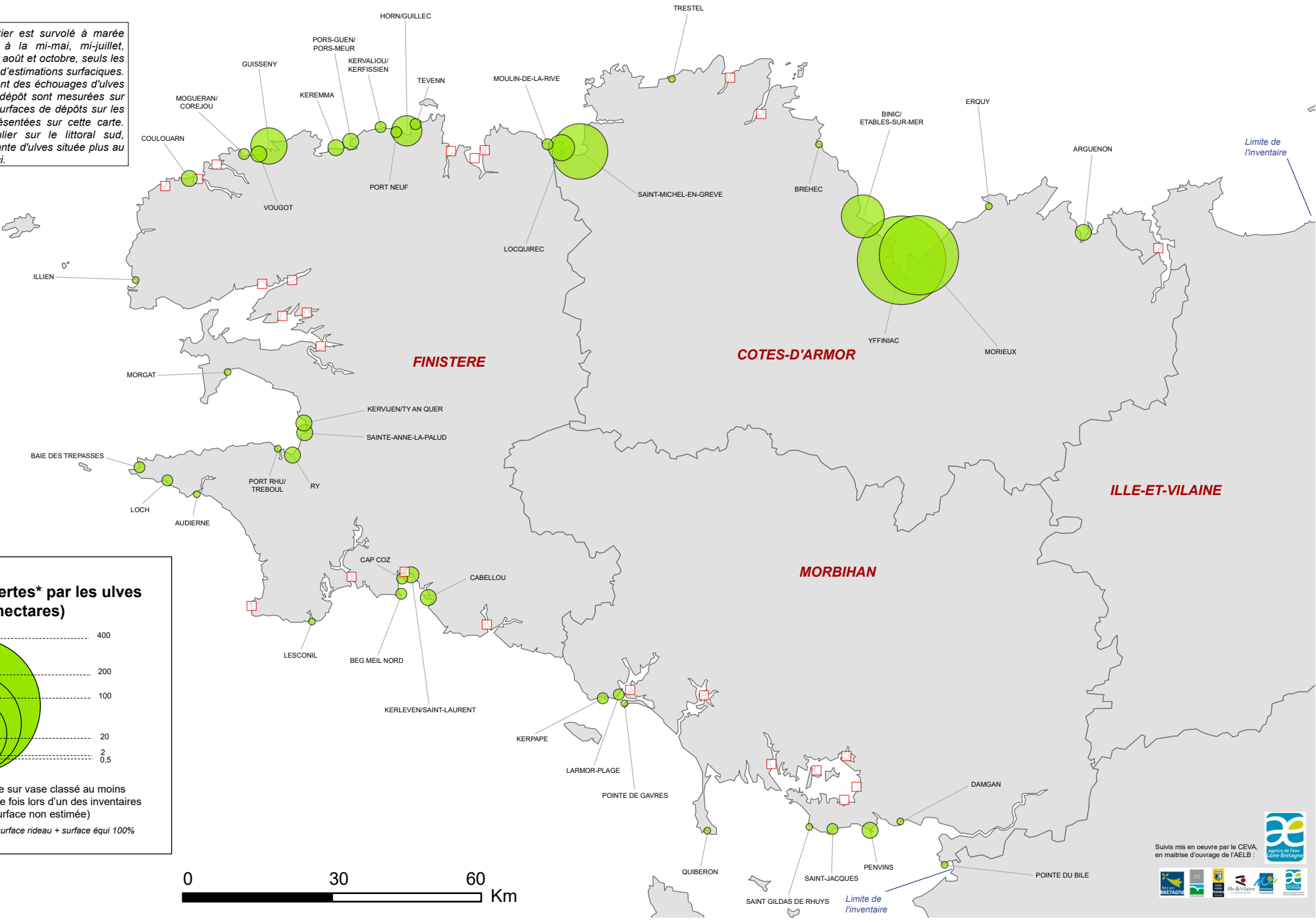
L'ensemble du linéaire côtier est survolé à marée basse de fort coefficient à la mi-mai, mi-juillet, mi-septembre. En avril, juin, août et octobre, seuls les sites principaux font l'objet d'estimations surfaciques. Pour tous les sites présentant des échouages d'ulves sur sable, les surfaces de dépôt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



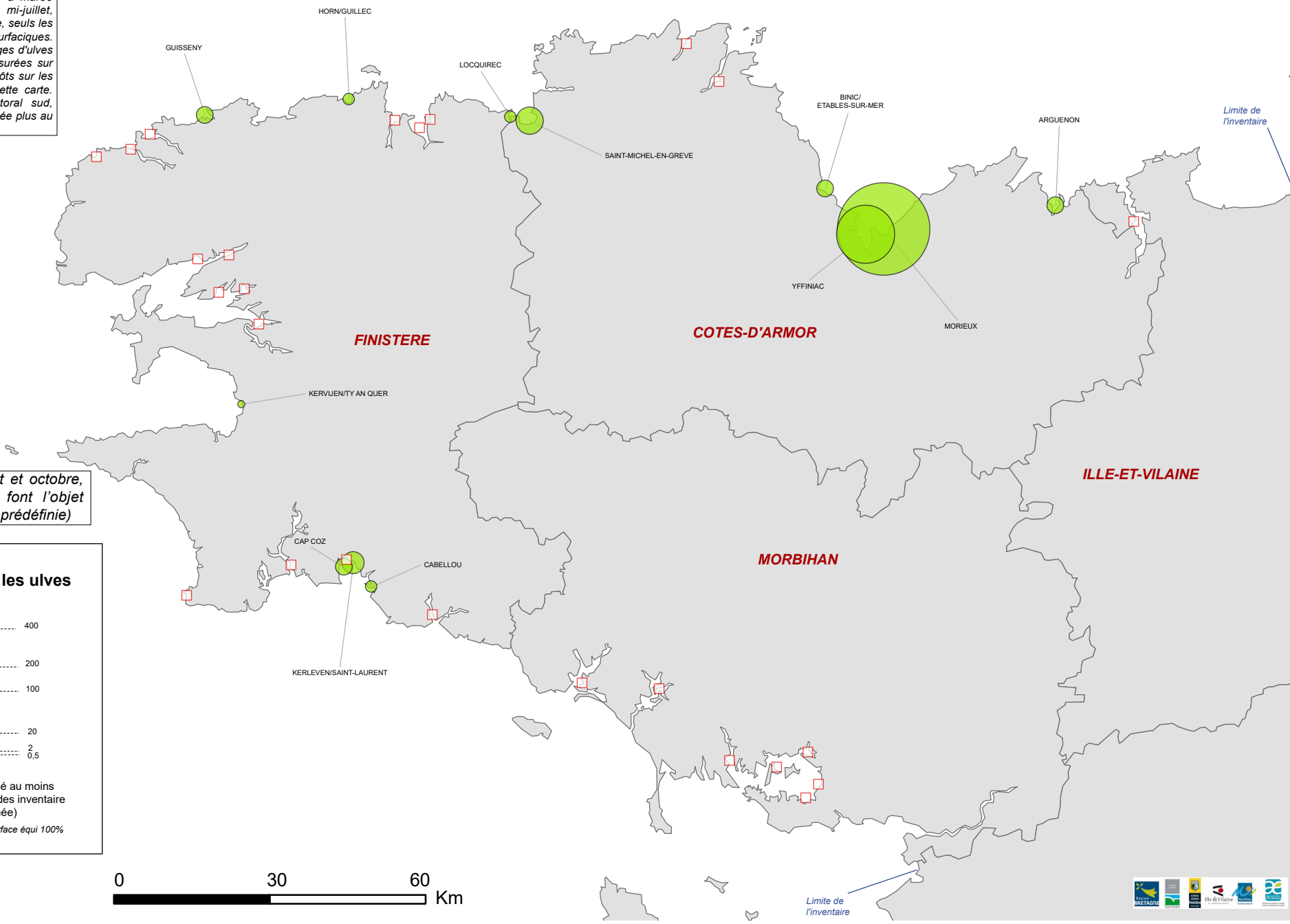
Surfaces couvertes par les ulves septembre 2019

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

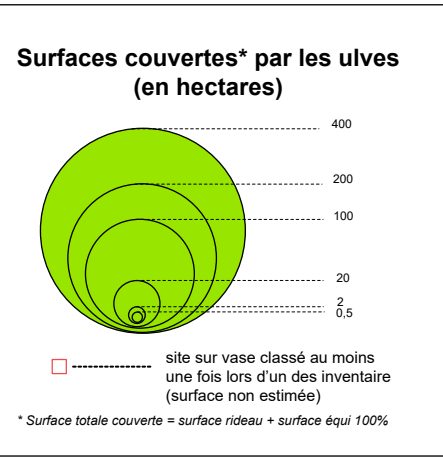


Surfaces couvertes par les ulves octobre 2019

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.

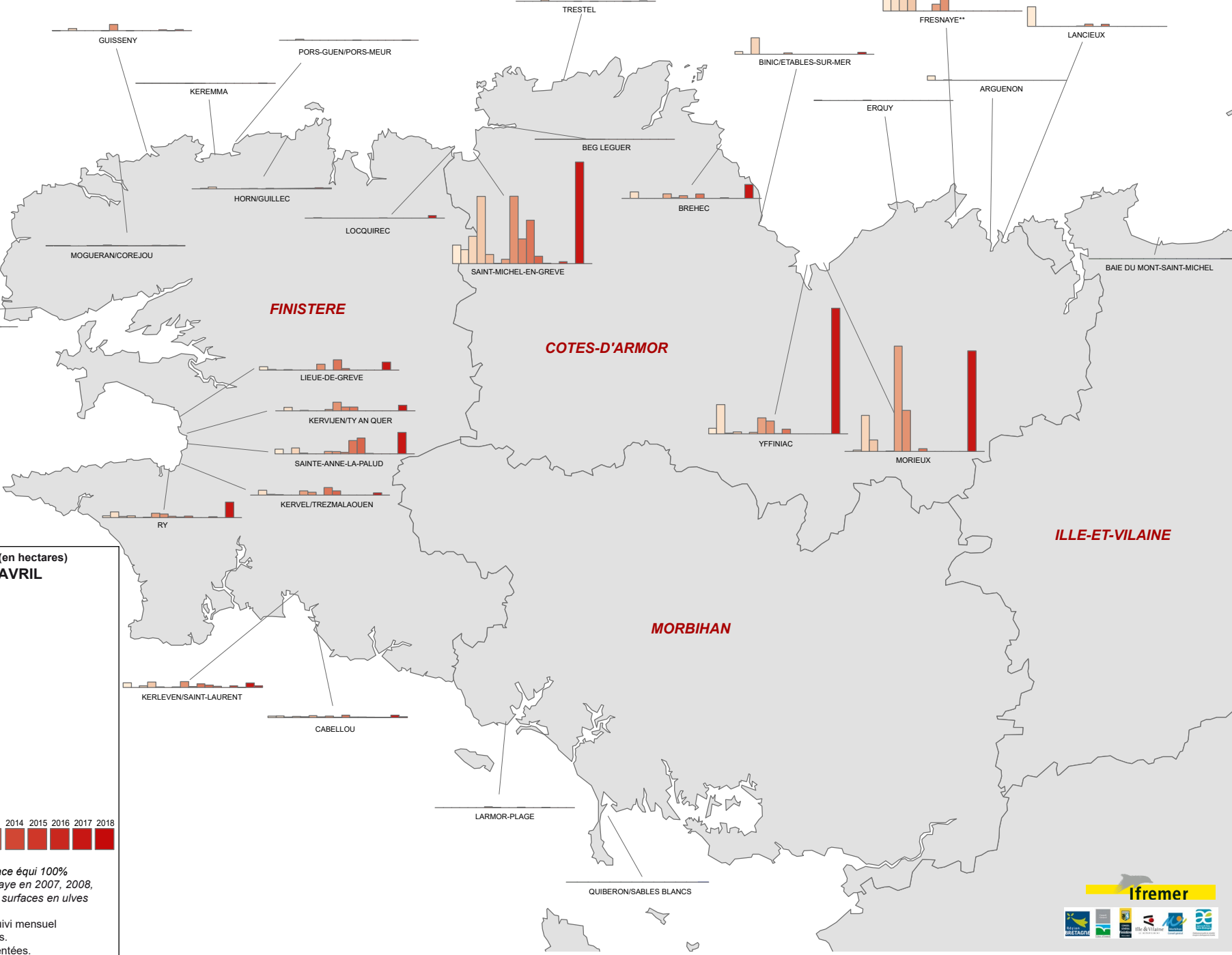


A noter : en avril, juin, août et octobre, seuls les sites principaux font l'objet d'évaluation surfacique (liste prédéfinie)

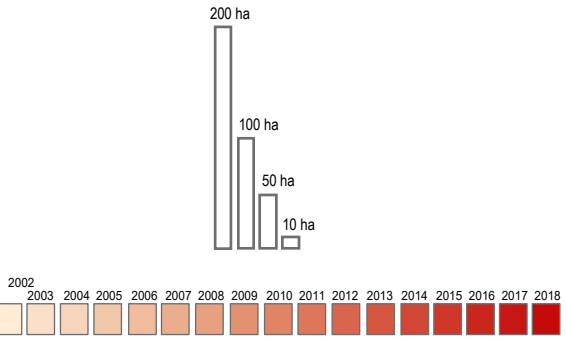


Variation des échouages d'ulves sur les principaux sites entre 2002 et 2018 (situation d'avril)

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.



Somme des surfaces* couvertes (en hectares) par les ulves pour le mois d'AVRIL de 2002 à 2018:

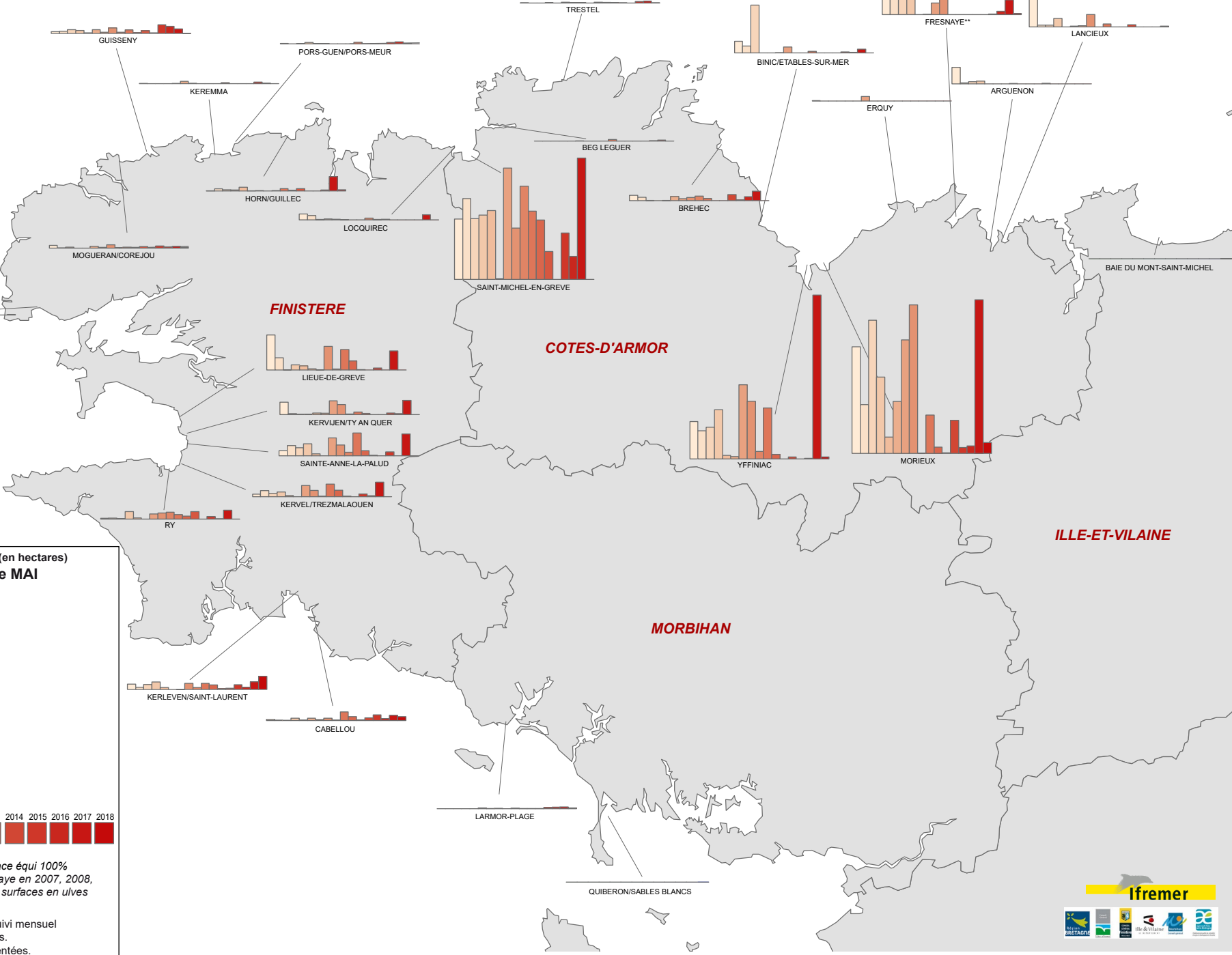


* surface totale couverte = surface rideau + surface équi 100%
 ** dépôts d'Ulvaria ("ulvoïde") sur la baie de la Fresnaye en 2007, 2008, 2009, 2015, 2016, 2017 et 2018 intégrés ici comme surfaces en ulves

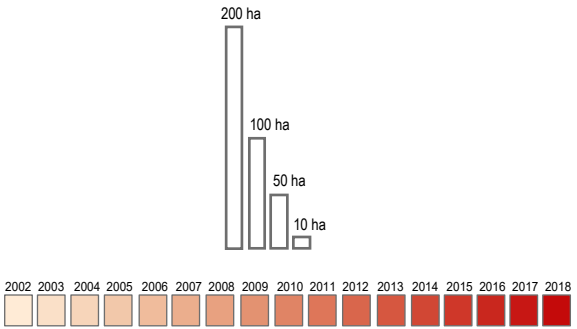
Seuls les sites de "plage" faisant l'objet d'un suivi mensuel entre avril et octobre sont représentés.
 Surfaces des sites de vaseière non représentées.

Variation des échouages d'ulves sur les principaux sites entre 2002 et 2018 (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 2018:

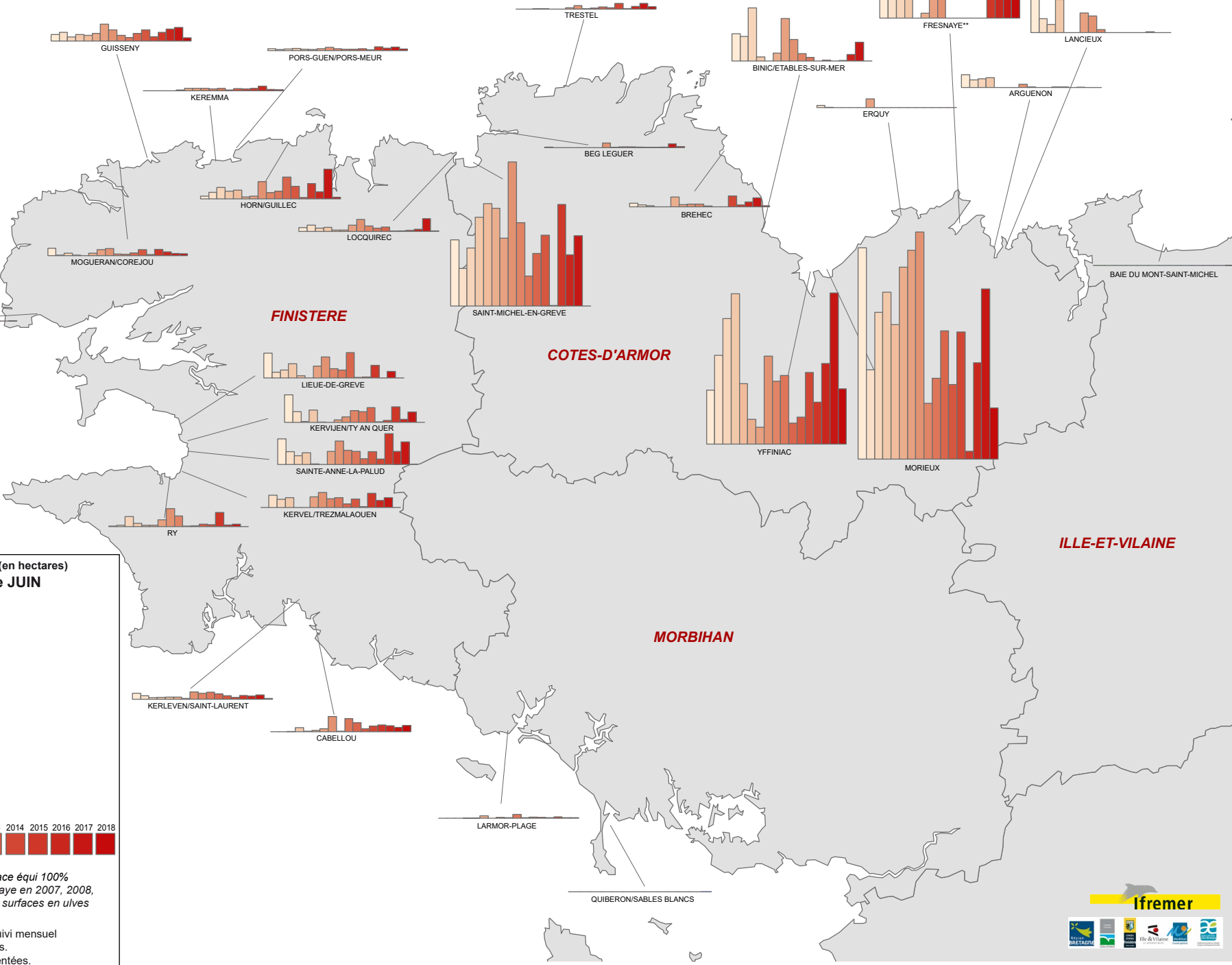


* surface totale couverte = surface rideau + surface équi 100%
 ** dépôts d'Ulvaria ("ulvoïde") sur la baie de la Fresnaye en 2007, 2008, 2009, 2015, 2016, 2017 et 2018 intégrés ici comme surfaces en ulves

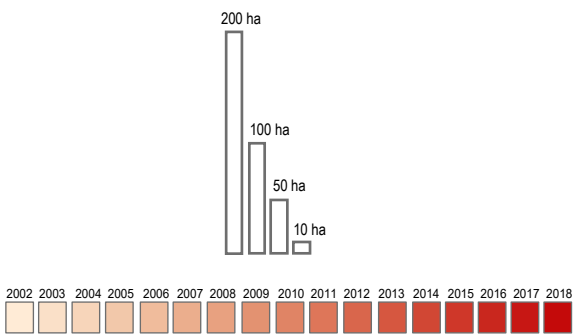
Seuls les sites de "plage" faisant l'objet d'un suivi mensuel entre avril et octobre sont représentés. Surfaces des sites de vase à non représentées.

Variation des échouages d'ulves sur les principaux sites entre 2002 et 2018 (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.



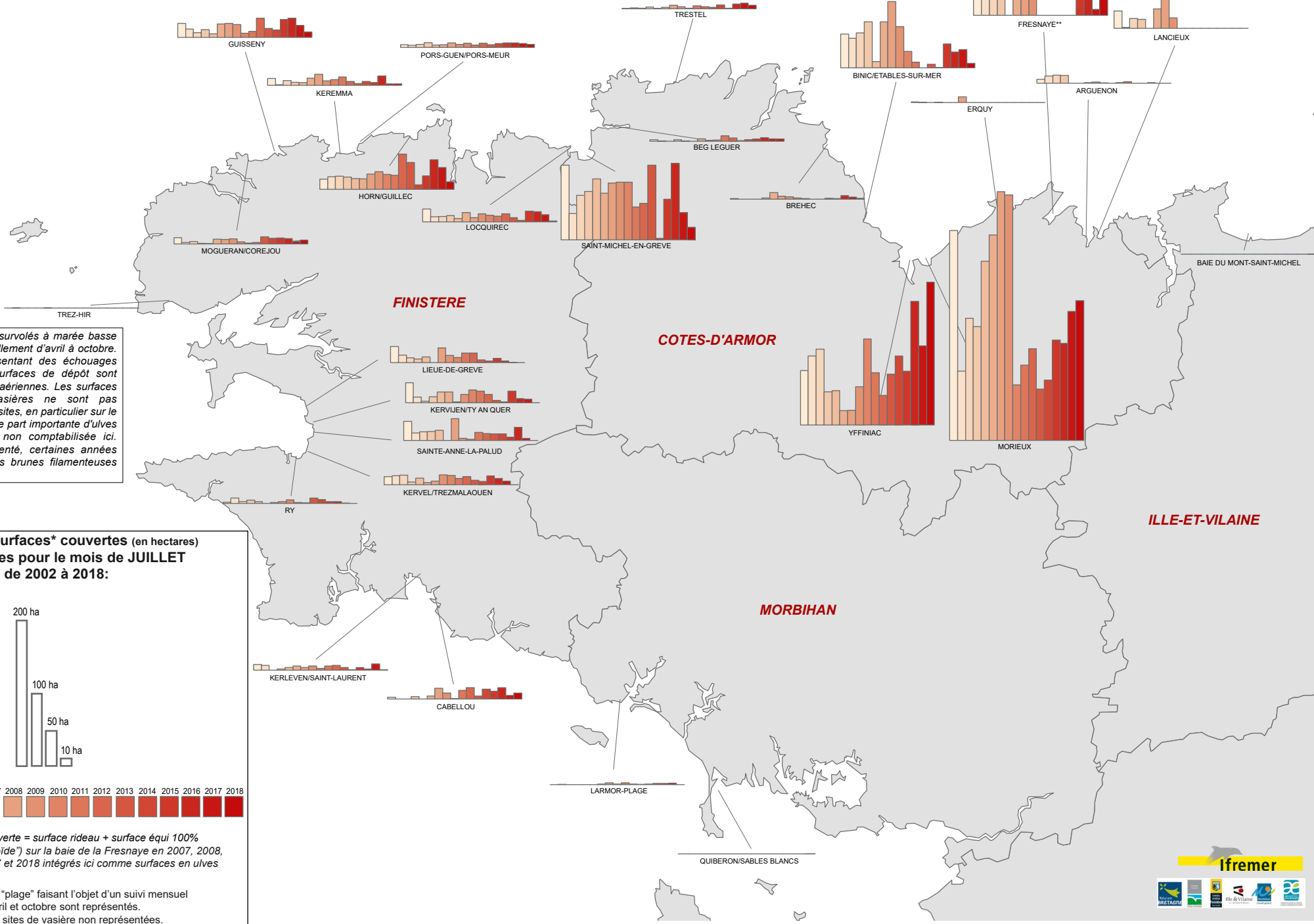
Somme des surfaces* couvertes (en hectares) par les ulves pour le mois de JUN de 2002 à 2018:



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

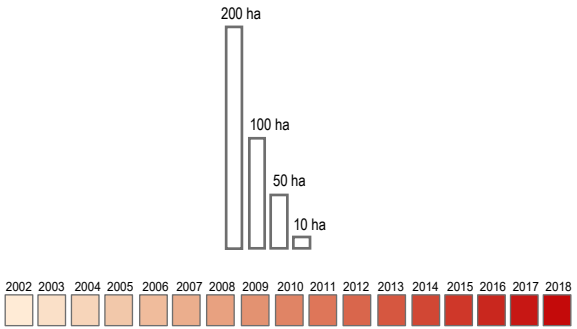
Seuls les sites de "plage" faisant l'objet d'un suivi mensuel entre avril et octobre sont représentés. Surfaces des sites de vaseière non représentées.

Variation des échouages d'ulves sur les principaux sites entre 2002 et 2018 (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.

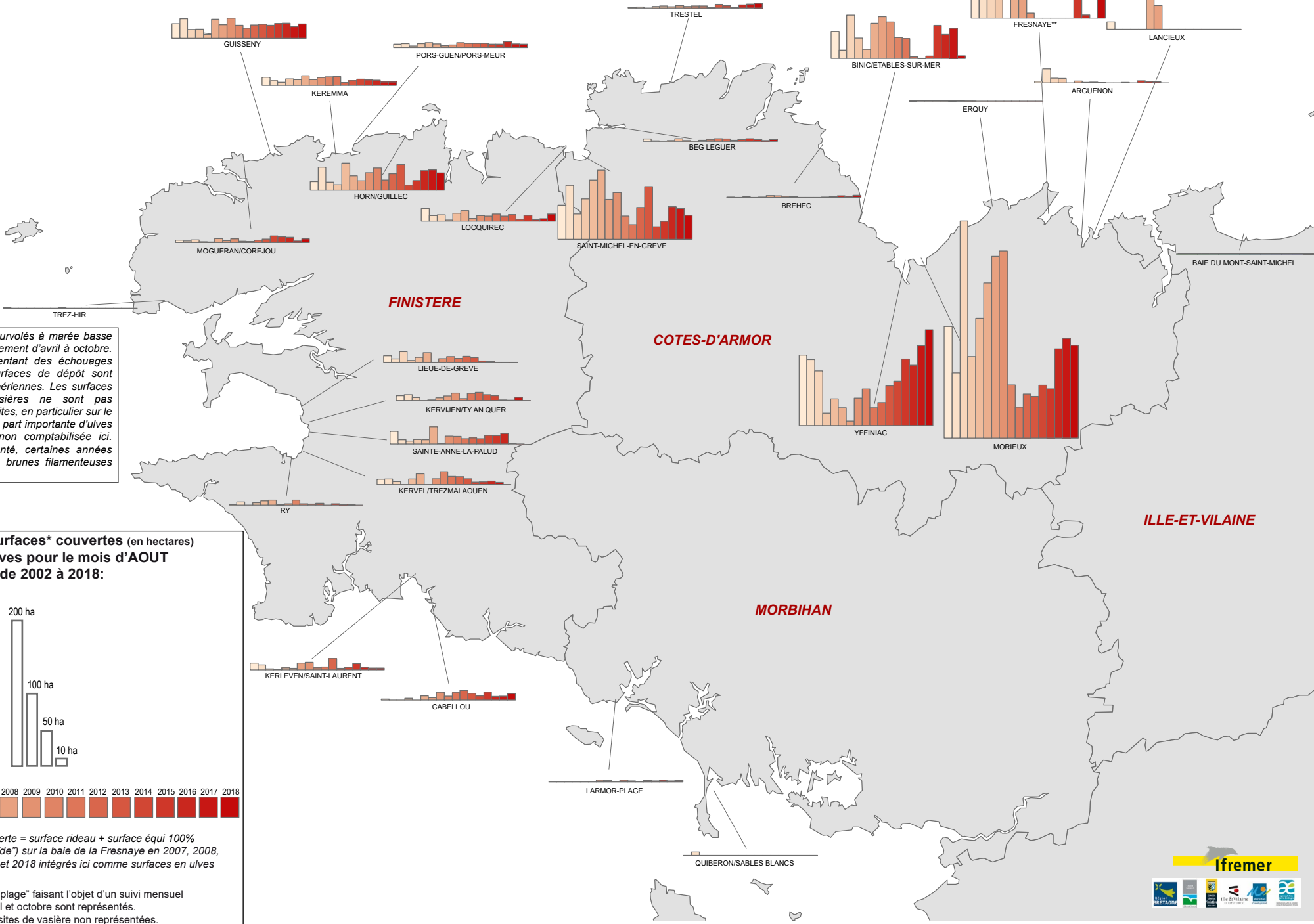
Somme des surfaces* couvertes (en hectares) par les ulves pour le mois de JUILLET de 2002 à 2018:



* 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 et 2018 intégrés ici comme surfaces en ulves

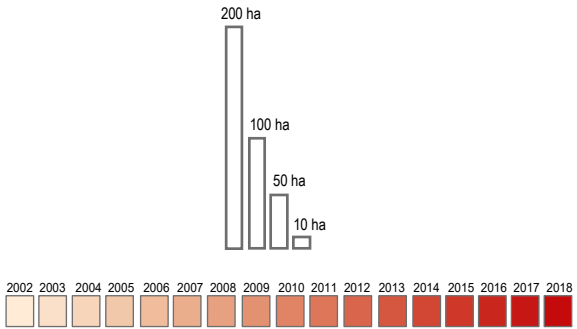
Seuls les sites de "plage" faisant l'objet d'un suivi mensuel entre avril et octobre sont représentés.
 Surfaces des sites de vase non représentées.

Variation des échouages d'ulves sur les principaux sites entre 2002 et 2018 (situation d'août)



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 d'AOÛT de 2002 à 2018:

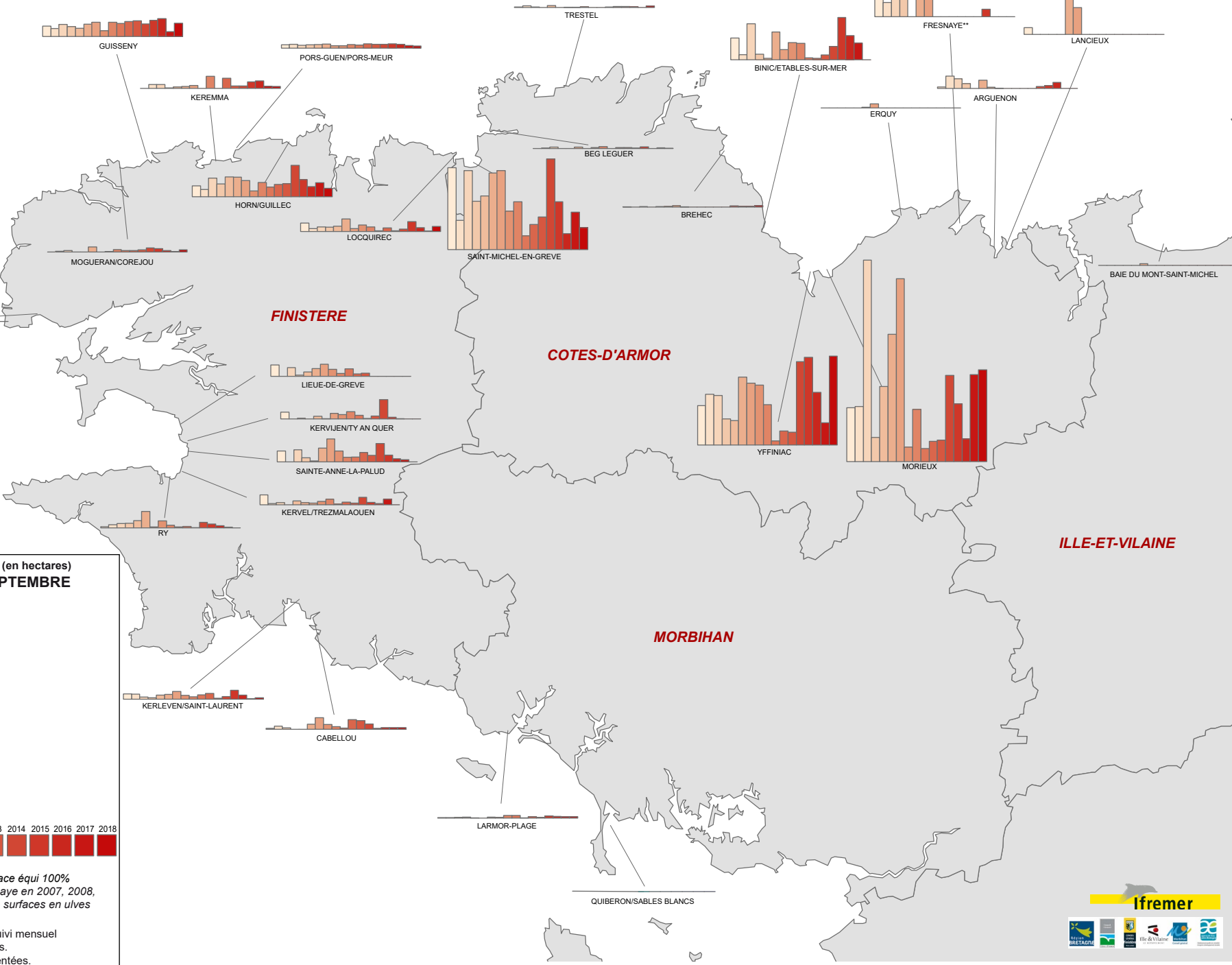


* surface totale couverte = surface rideau + surface équi 100%
 ** dépôts d'Ulvaria ("ulvoïde") sur la baie de la Fresnaye en 2007, 2008, 2009, 2015, 2016, 2017 et 2018 intégrés ici comme surfaces en ulves

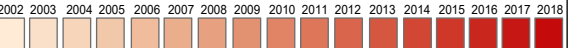
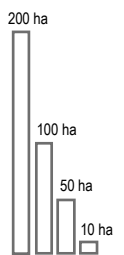
Seuls les sites de "plage" faisant l'objet d'un suivi mensuel entre avril et octobre sont représentés.
 Surfaces des sites de vase à non représentées.

Variation des échouages d'ulves sur les principaux sites entre 2002 et 2018 (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.



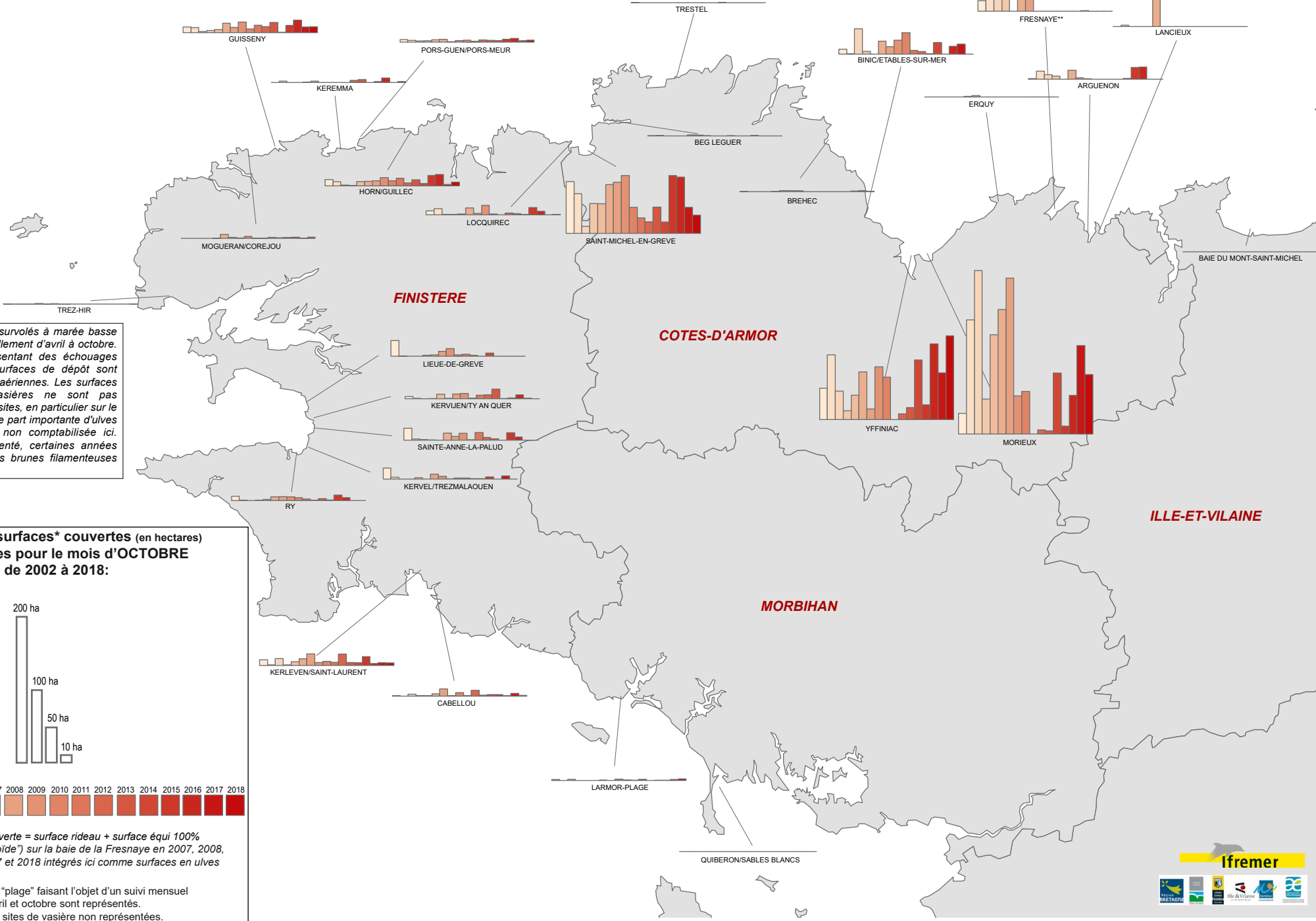
Somme des surfaces* couvertes (en hectares) par les ulves pour le mois de SEPTEMBRE de 2002 à 2018:



* 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 et 2018 intégrés ici comme surfaces en ulves

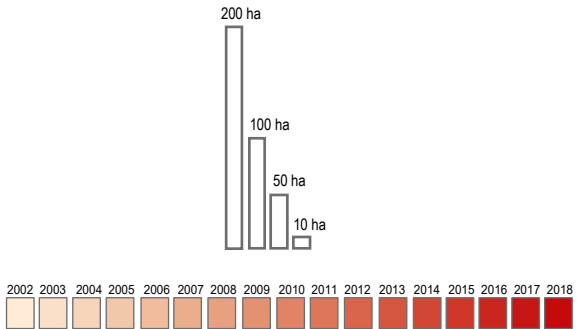
Seuls les sites de "plage" faisant l'objet d'un suivi mensuel entre avril et octobre sont représentés.
 Surfaces des sites de vase non représentées.

Variation des échouages d'ulves sur les principaux sites entre 2002 et 2018 (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.

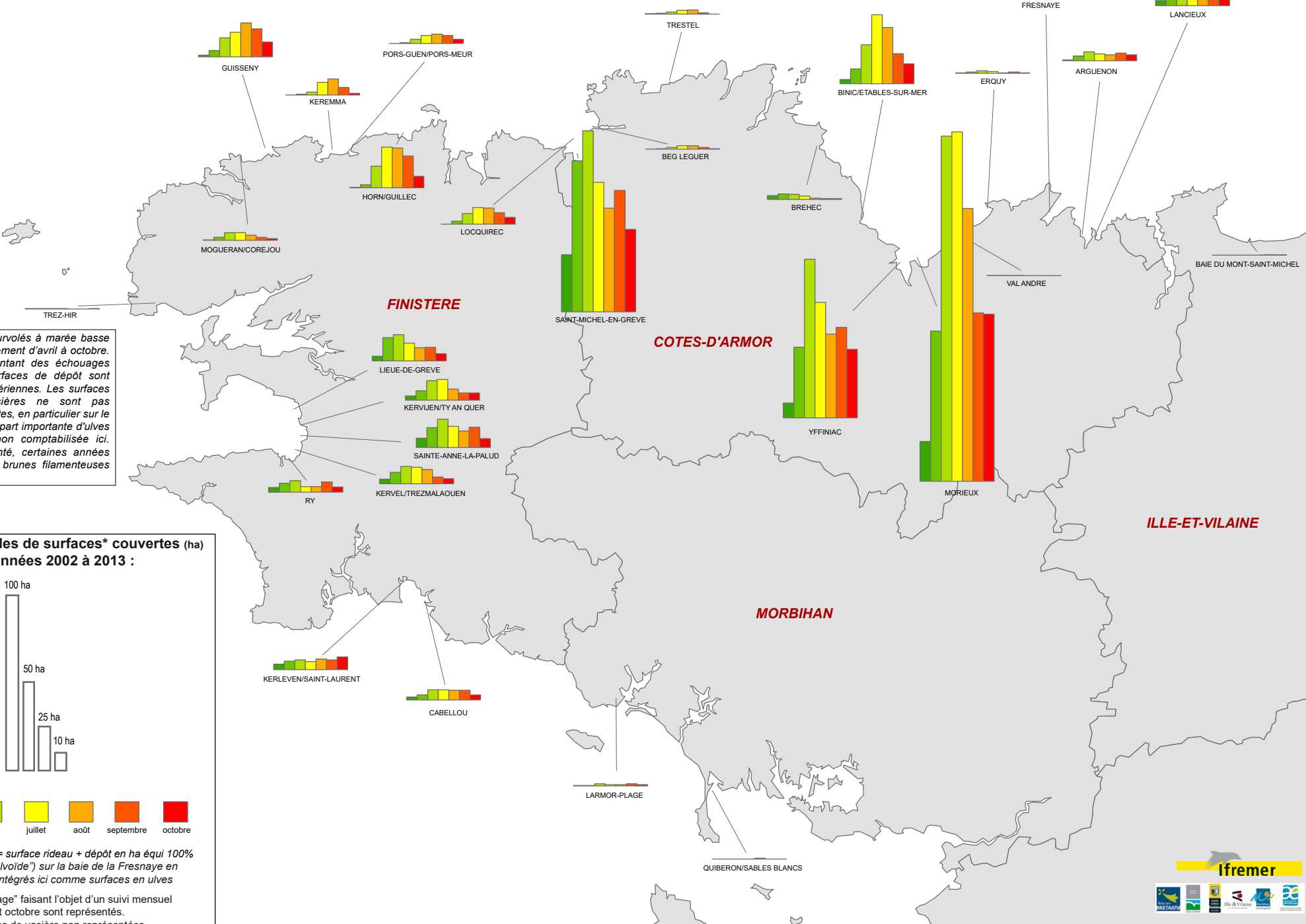
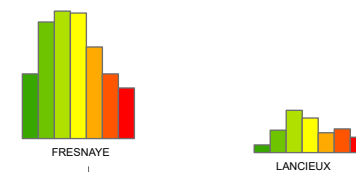
Somme des surfaces* couvertes (en hectares) par les ulves pour le mois d'OCTOBRE de 2002 à 2018:



* 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 et 2018 intégrés ici comme surfaces en ulves

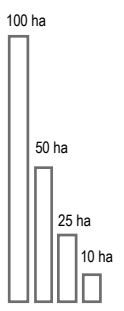
Seuls les sites de "plage" faisant l'objet d'un suivi mensuel entre avril et octobre sont représentés.
 Surfaces des sites de vase non représentées.

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 vasière non représentées.

ILLE-ET-VILAINE

MORBIHAN

COTES-D'ARMOR

FINISTERE



ANNEXE 6

FICHES DE SYNTHÈSE POUR LES PRINCIPAUX SITES POUR 2019

Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2018 sur le site
BAIE DU MONT SAINT MICHEL

18/04/2018



14/05/2018



13/06/2018



11/07/2018



11/08/2018



11/09/2018



09/10/2018



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2018 sur le site TROCTIN

18/04/2018



14/05/2018



13/06/2018



11/07/2018



11/08/2018



11/09/2018



09/10/2018



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2018 sur le site SAINT JOUAN DES GUERETS

18/04/2018



14/05/2018



13/06/2018



11/07/2018



11/08/2018



11/09/2018



09/10/2018



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2018 sur le site LANCIEUX

18/04/2018 *Pylaiella*



14/05/2018 50% d'ulves



13/06/2018 70% cladophora



11/07/2018 *Pylaiella* et *cladophora*



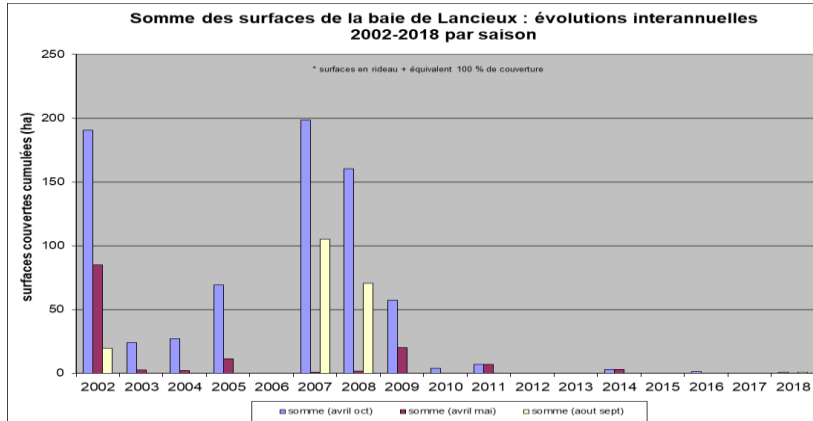
11/08/2018 100% ectocarpales



11/09/2018 *Pylaiella* / *Ectocarpus*



09/10/2018 *Ectocarpales*



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2018 sur le site ARGUENON

18/04/2018



14/05/2018



13/06/2018 *Entéromorphes*



11/07/2018 *Entéromorphes*



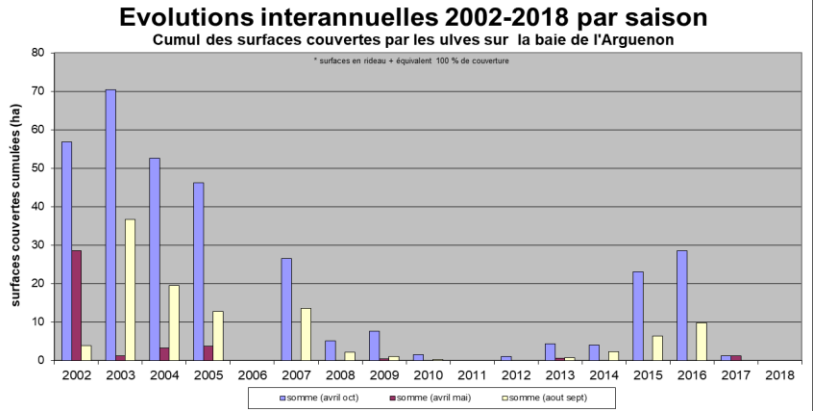
11/08/2018 *Majorité d'entéromorphes et un peu de Pylaiella*



11/09/2018



09/10/2018



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2018 sur le site FRESNAYE

18/04/2018



14/05/2018 *Ectocarpus, Ulvaria*



13/06/2018 *Ulvaria*



11/07/2018 70% *Ulvaria*, 10% *Pylaiella*, 15% *Polysiphonia*



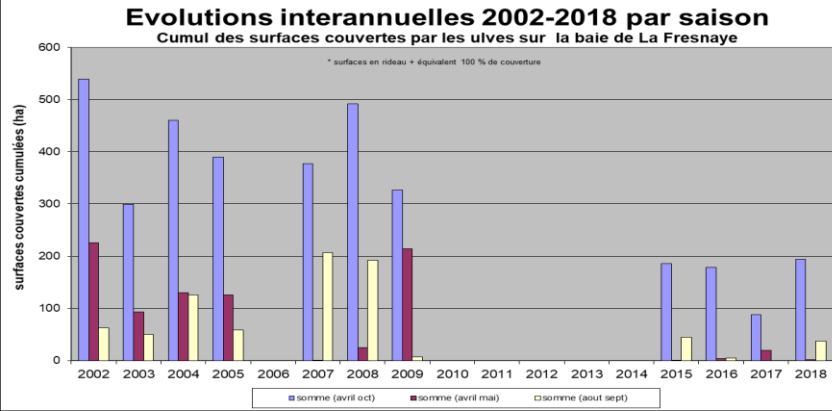
11/08/2018 *Polysiphonia, Ulvaria* et *Pylaiella*



11/09/2018 5% *Ulvaria* 5% *Polysiphonia* et 90% *Pylaiella*



09/10/2018 *Ectocarpales*



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2018 sur le site ERQUY

18/04/2018



14/05/2018



13/06/2018



11/07/2018



11/08/2018

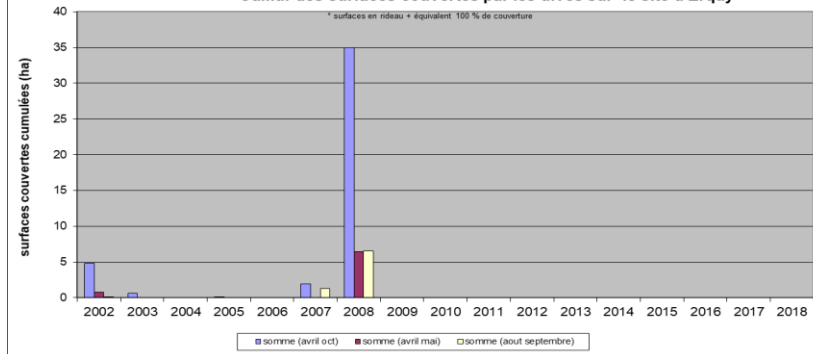


11/09/2018



Evolution interannuelles 2002-2018 par saison

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



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2018 sur le site
VAL ANDRE

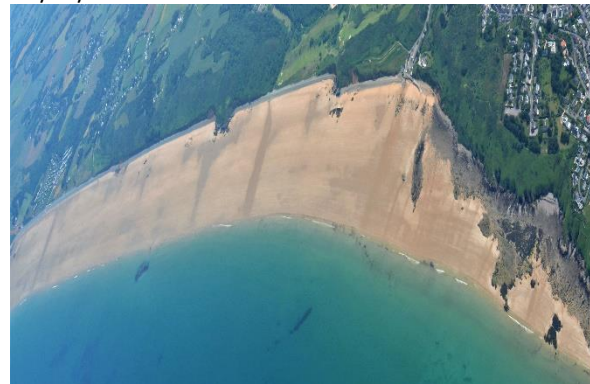
18/04/2018



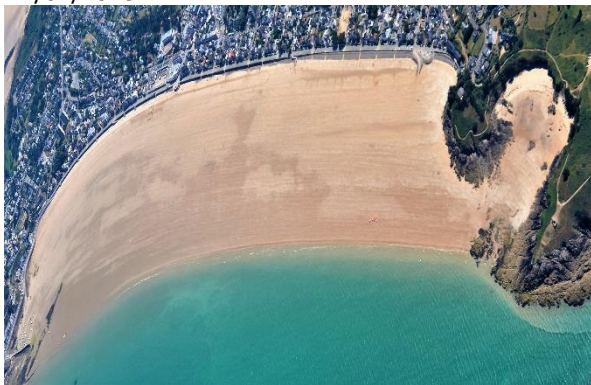
14/05/2018



13/06/2018



11/07/2018



11/08/2018



11/09/2018



09/10/2018



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2018 sur le site MORIEUX

18/04/2018



14/05/2018 10% Ectocarpaceles



13/06/2018



11/07/2018



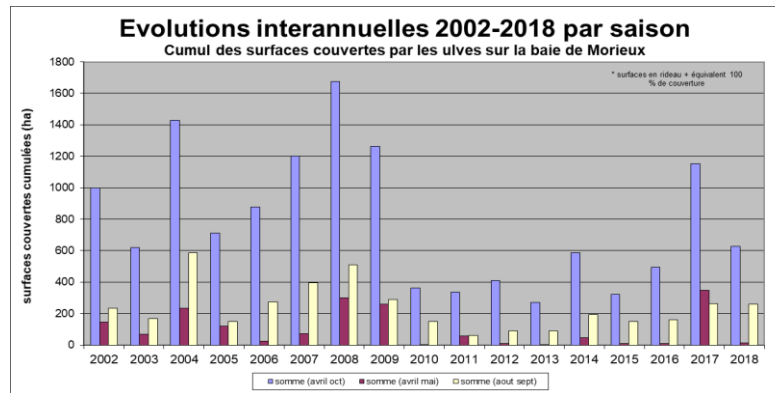
11/08/2018



11/09/2018 légère présence de Polysiphonia et de Pylaiella



09/10/2018 Légère présence d'ectocarpaceles



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2018 sur le site YFFINIAC

18/04/2018



14/05/2018 Majorité d'entéromorphes



13/06/2018



11/07/2018



11/08/2018



11/09/2018

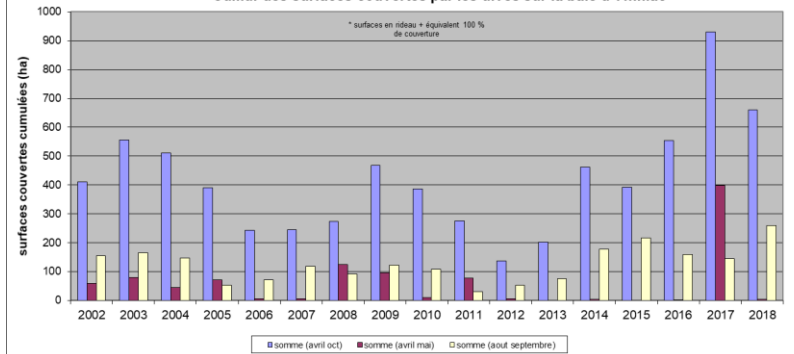


09/10/2018 Légère présence d'ectocarpales



Evolutions interannuelles 2002-2018 par saison

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



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2018 sur le site BINIC

18/04/2018



14/05/2018 10% d'ulves, 10% d'ectocarpales



12/06/2018



11/07/2018 *Cladophora*



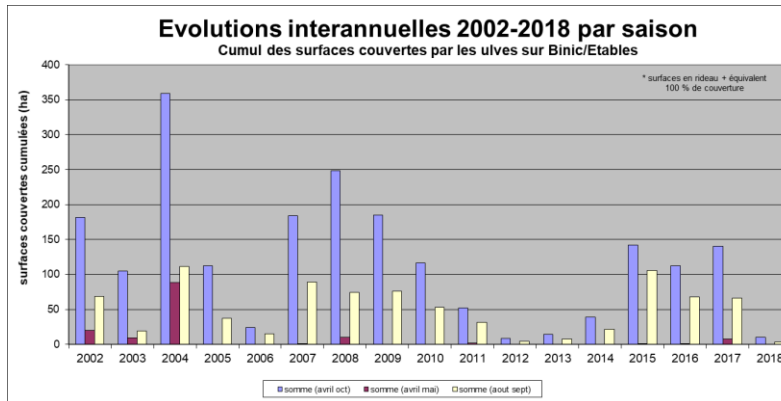
11/08/2018 *Cladophora*



11/09/2018 *Cladophora*



09/10/2018



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2018 sur le site BREHEC

18/04/2018



14/05/2018



12/06/2018



11/07/2018



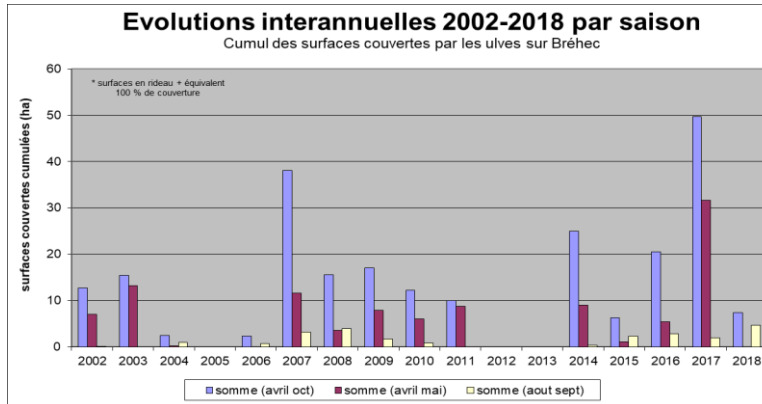
11/08/2018



11/09/2018



09/10/2018 *Légère présence de solieria*



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2018 sur le site LEDANO

18/04/2018



14/05/2018



12/06/2018



11/07/2018



11/08/2018



11/09/2018



09/10/2018



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2018 sur le site TRESTEL

18/04/2018



14/05/2018 40% d'ulves



12/06/2018



11/07/2018



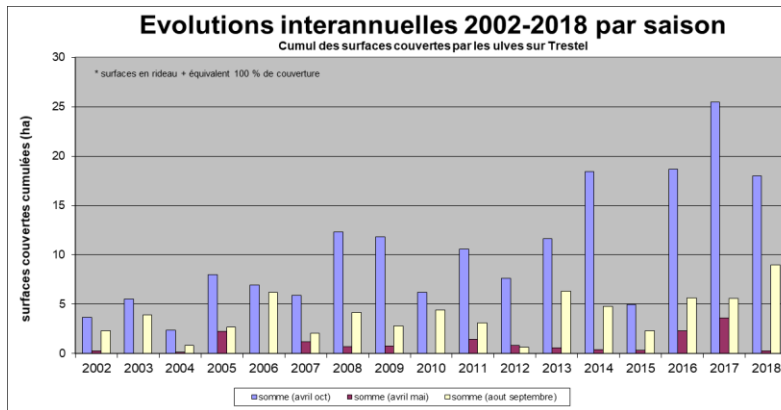
11/08/2018



11/09/2018



09/10/2018



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2018 sur le site BEG LEGUER

18/04/2018



14/05/2018



12/06/2018



11/07/2018



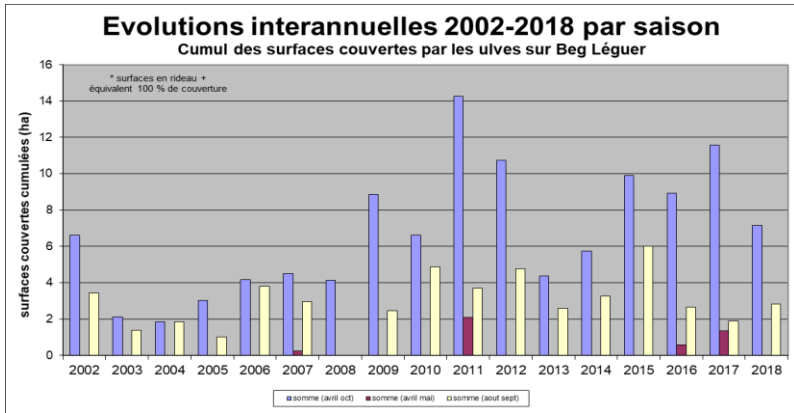
11/08/2018



11/09/2018



09/10/2018



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2018 sur le site SAINT MICHEL EN GREVE

18/04/2018



14/05/2018 10% d'ulves



12/06/2018 10% Pylaiella



11/07/2018 environ 40% de Pylaiella



11/08/2018



11/09/2018

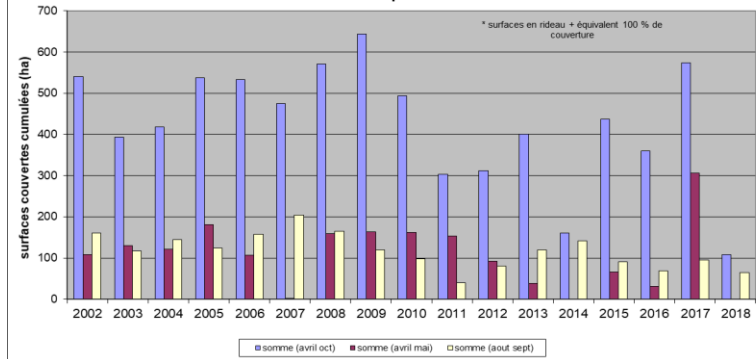


09/10/2018



Evolutions interannuelles 2002-2018 par saison

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



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2018 sur le site LOCQUIREC

18/04/2018



14/05/2018 10% d'entéromorphes



12/06/2018



11/07/2018



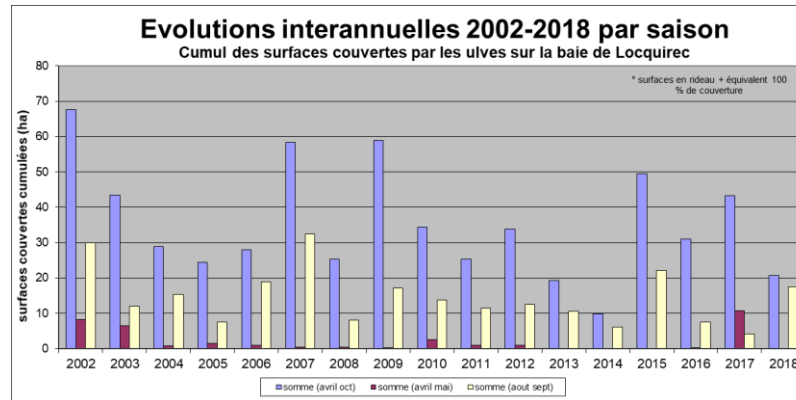
11/08/2018



11/09/2018



09/10/2018



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2018 sur le site HORN GUILLEC

18/04/2018



14/05/2018



12/06/2018 Entéromorphes



11/07/2018



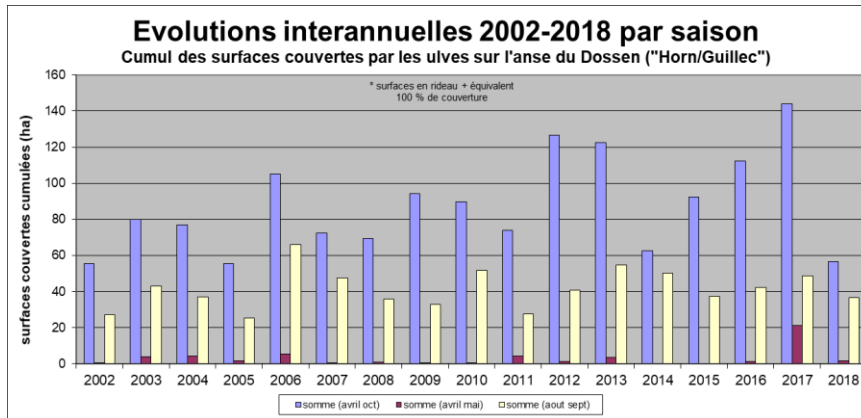
11/08/2018



11/09/2018



09/10/2018



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2018 sur le site PORS GUEN

18/04/2018



14/05/2018



12/06/2018



11/07/2018



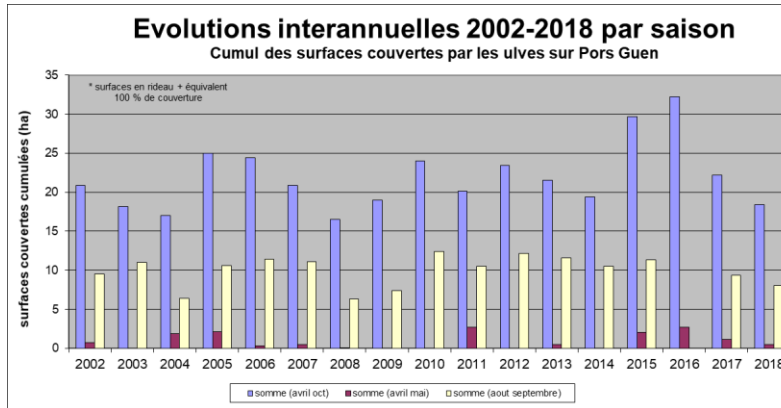
11/08/2018



11/09/2018



09/10/2018



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2018 sur le site KEREMMA

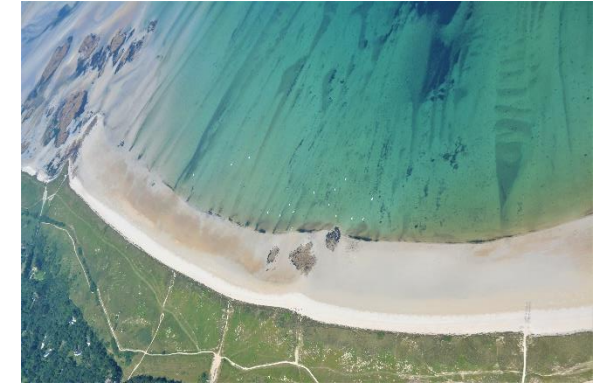
18/04/2018



14/05/2018



12/06/2018



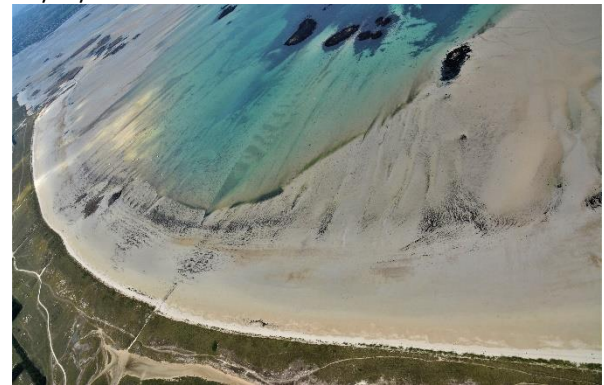
11/07/2018



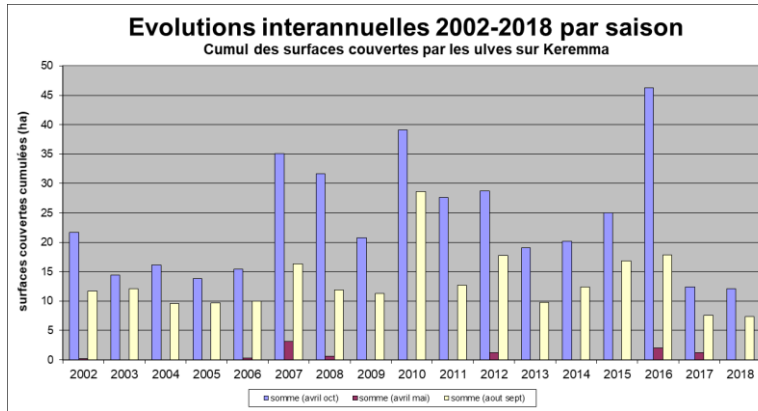
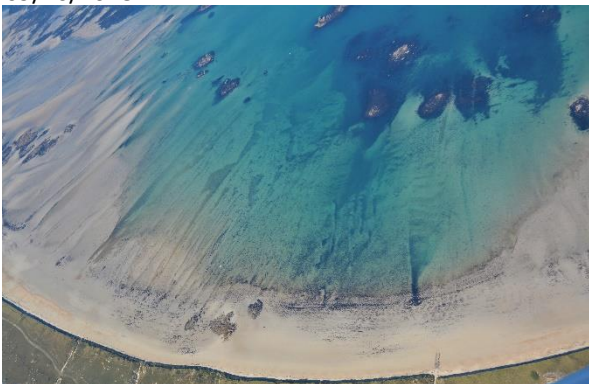
11/08/2018



11/09/2018



09/10/2018



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2018 sur le site **GUISSENY**

18/04/2018



14/05/2018



12/06/2018



11/07/2018



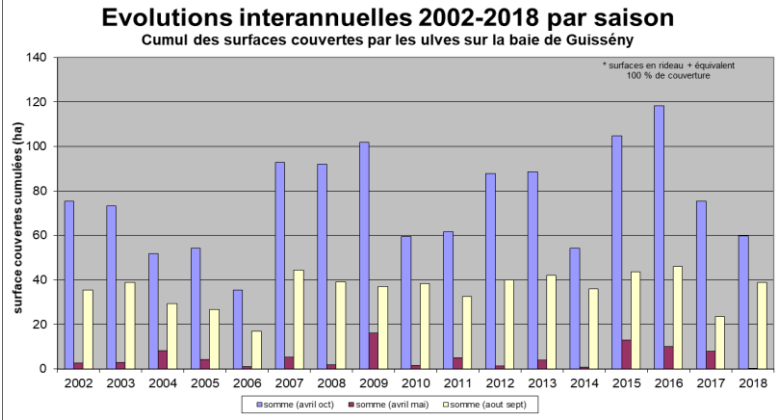
11/08/2018



11/09/2018



09/10/2018



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2018 sur le site MOGUERAN COREJOU

18/04/2018



14/05/2018



12/06/2018



11/07/2018



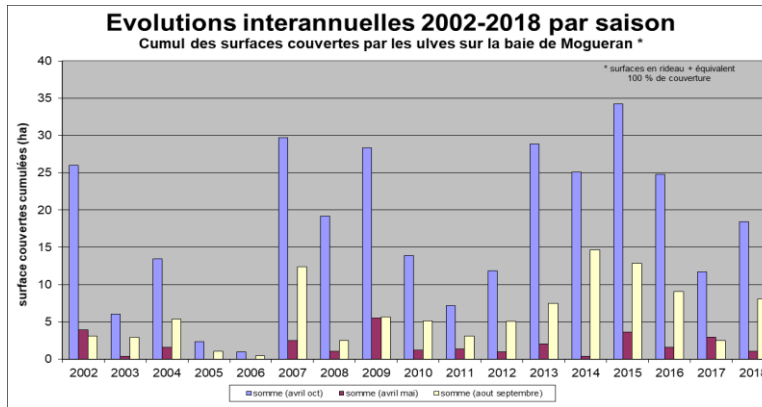
11/08/2018



11/09/2018



09/10/2018



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2018 sur le site
PORTSALL

18/04/2018



14/05/2018



12/06/2018



11/07/2018



11/08/2018



11/09/2018



09/10/2018



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2018 sur le site TREZ HIR

18/04/2018



14/05/2018



12/06/2018



11/07/2018



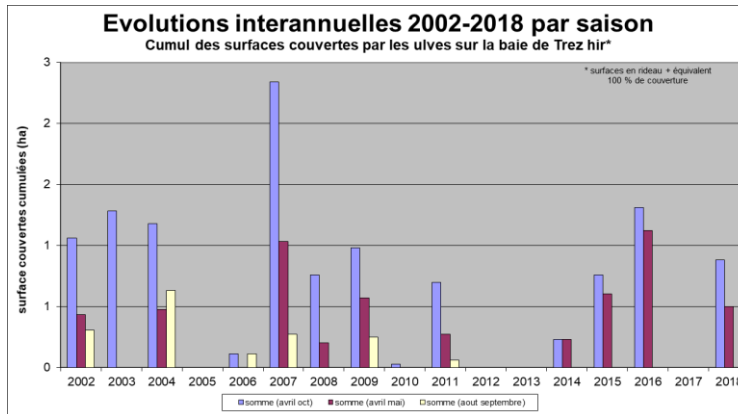
11/08/2018



11/09/2018 Majorité d'entéromorphes

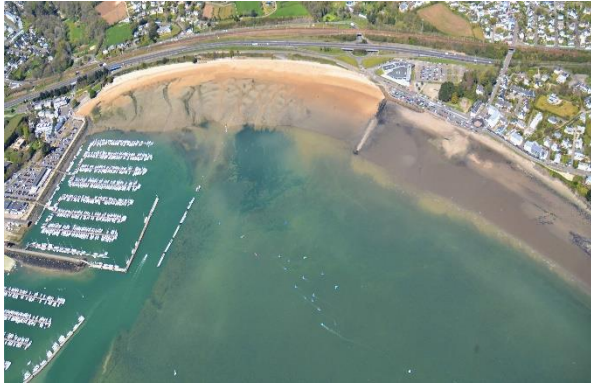


09/10/2018 40% d'ulves



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2018 sur le site MOULIN BLANC

18/04/2018



14/05/2018



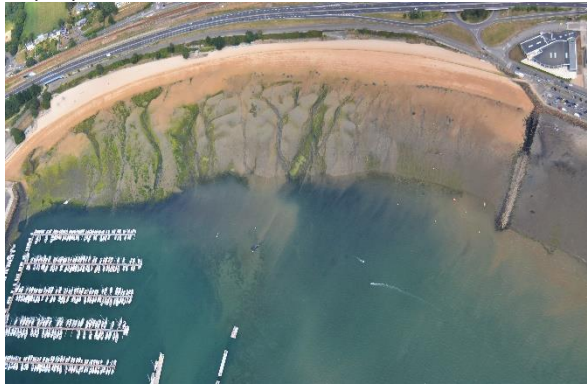
12/06/2018



11/07/2018 100% ulves



11/08/2018



11/09/2018



09/10/2018



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2018 sur le site LIEUE DE GREVE

18/04/2018



15/05/2018 *Falkenbergia*



12/06/2018 *Falkenbergia*



12/07/2018 *Falkenbergia*



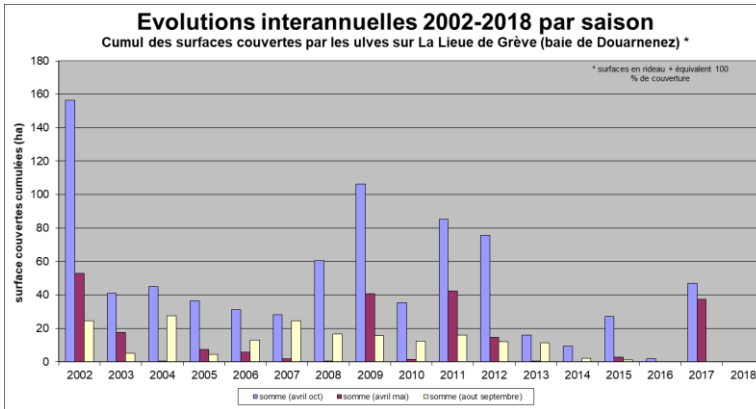
11/08/2018 *Ectocarpales*



08/09/2018 *Ectocarpales*



09/10/2018 *Ectocarpus*



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2018 sur le site KERVIJEN - TY AN QUER

18/04/2018



15/05/2018



12/06/2018



12/07/2018



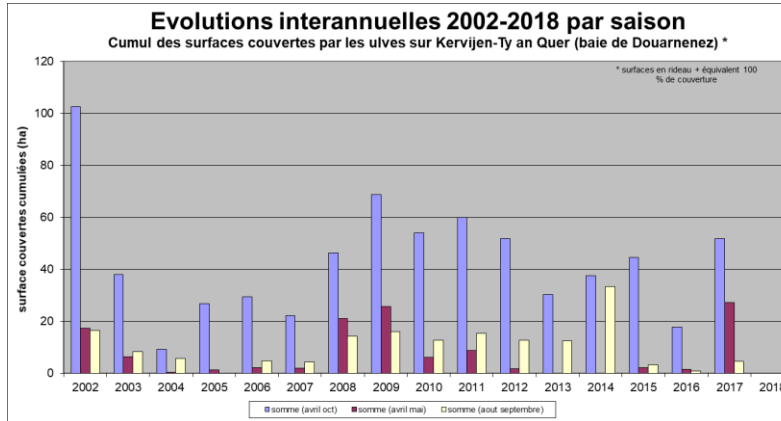
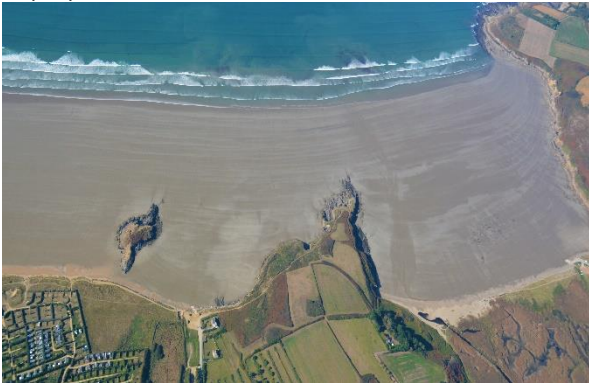
11/08/2018 *Ectocarpales et Cladophora*



08/09/2018



09/10/2018



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2018 sur le site SAINTE ANNE LA PALUD

18/04/2018



15/05/2018 *Falkenbergia*



12/06/2018 90% *Falkenbergia* 10% *Ulves*



12/07/2018 *Falkenbergia*



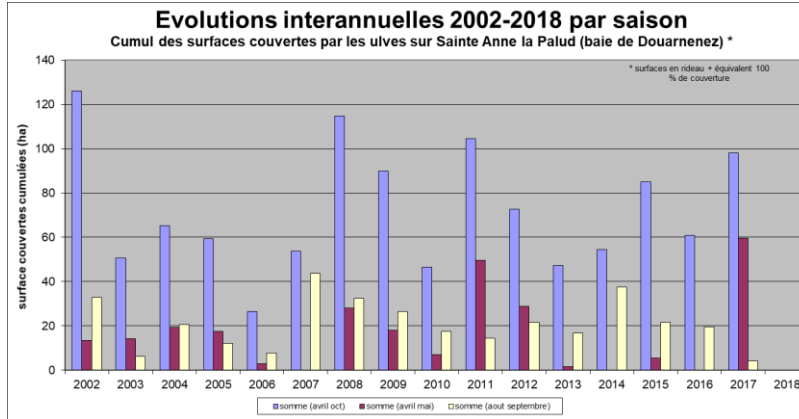
11/08/2018 *Ectocarpales* et *Cladophora*



08/09/2018



09/10/2018



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2018 sur le site KERVEL-TREZMALAOUEN

18/04/2018



15/05/2018



12/06/2018



12/07/2018



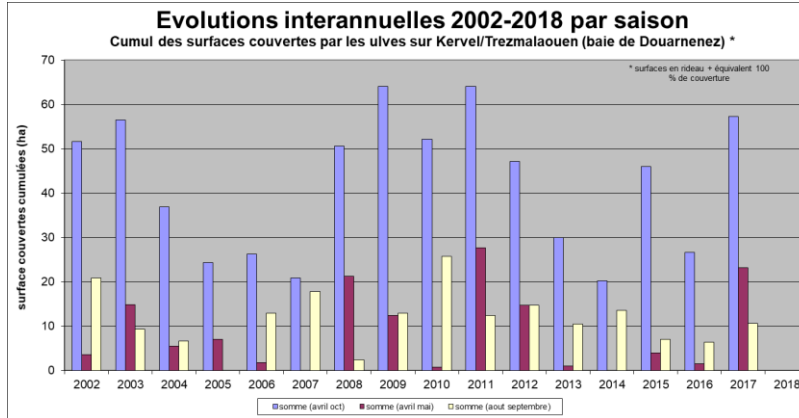
11/08/2018 *Ectocarpales et Cladophora*



08/09/2018



09/10/2018 *Ectocarpus*



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2018 sur le site RY

18/04/2018 *Falkenbergia*



15/05/2018 *Falkenbergia*



12/06/2018 90% *Falkenbergia* 10% *Ulves*



12/07/2018 *Falkenbergia*



11/08/2018



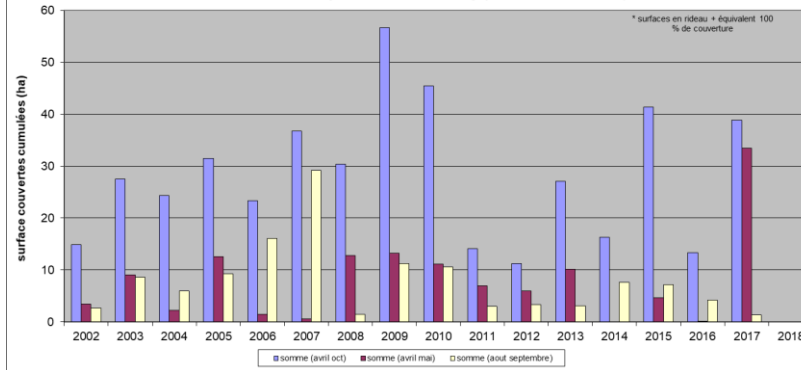
08/09/2018 *Ectocarpales* et un peu de *cladophora*



09/10/2018



Evolutions interannuelles 2002-2018 par saison
Cumul des surfaces couvertes par les ulves sur le Ry (baie de Douarnenez) *

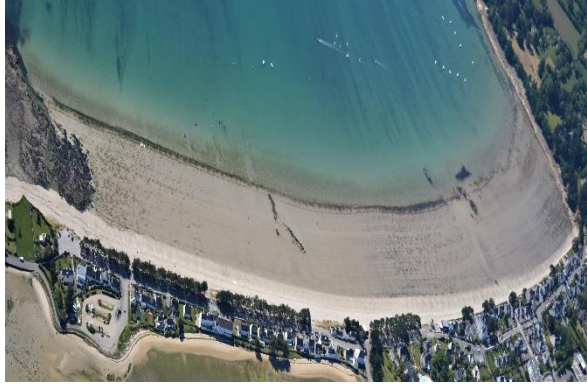


Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2018 sur le site CAP COZ

18/04/2018



15/05/2018



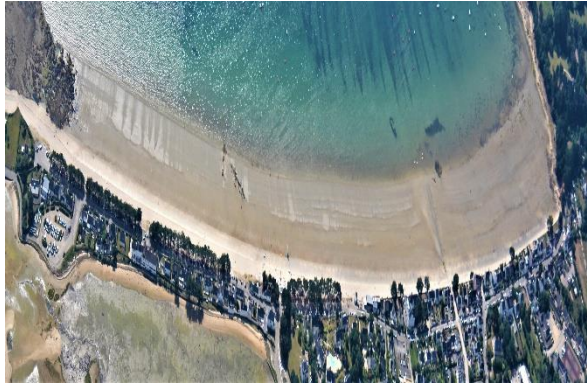
12/06/2018



12/07/2018 55% entéromorphes



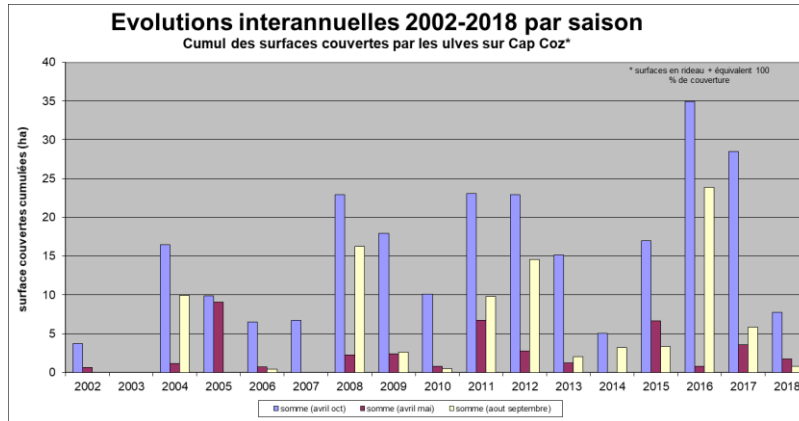
11/08/2018



08/09/2018



09/10/2018



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2018 sur le site KERLEVEN SAINT LAURENT

18/04/2018



15/05/2018 *Echouage d'ulves record*



12/06/2018



12/07/2018 60% entéromorphes



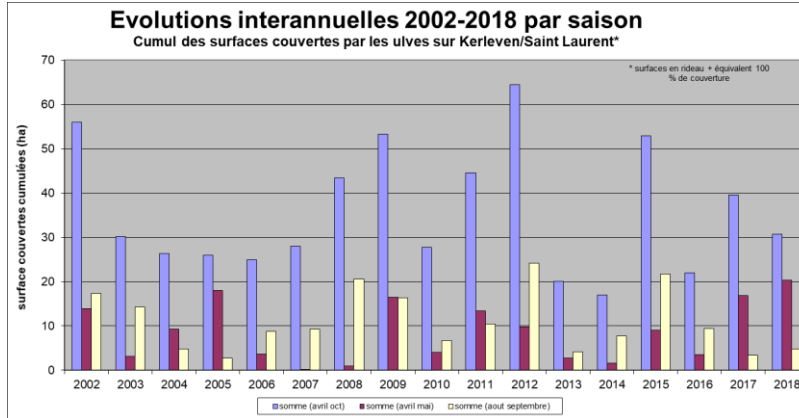
11/08/2018



08/09/2018



09/10/2018



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2018 sur le site CABELLOU

18/04/2018



15/05/2018



12/06/2018



12/07/2018 75% Entéromorphes



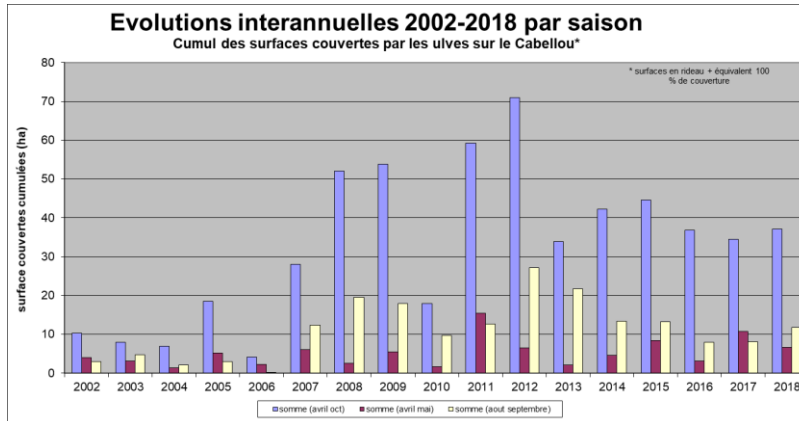
11/08/2018 40% Entéromorphes



08/09/2018



09/10/2018



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2018 sur le site LARMOR PLAGE

18/04/2018



15/05/2018



12/06/2018



12/07/2018



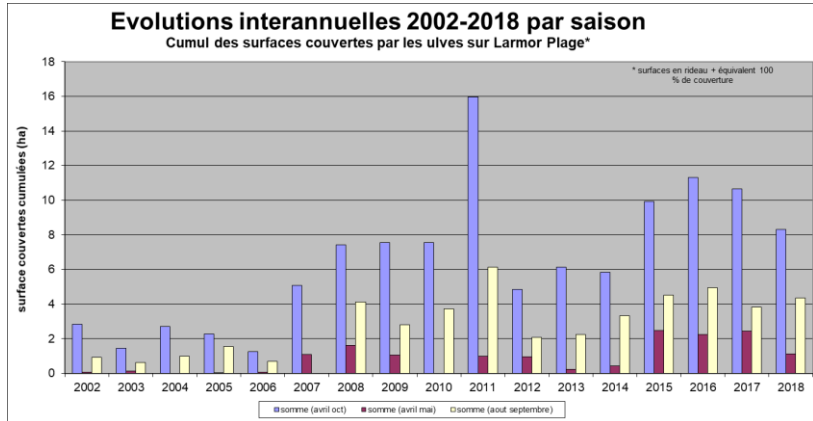
11/08/2018



08/09/2018



09/10/2018



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2018 sur le site
PORT LOUIS

18/04/2018



15/05/2018



12/06/2018



12/07/2018



11/08/2018



08/09/2018



09/10/2018



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2018 sur le site RIA D'ETEL

18/04/2018 *Ulvaria*



15/05/2018



12/06/2018



12/07/2018



11/08/2018



08/09/2018



09/10/2018



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2018 sur le site QUIBERON SABLES BLANCS

18/04/2018



15/05/2018 *Ectocarpus*



12/06/2018 *Solieria chordalis*



12/07/2018



11/08/2018



08/09/2018



09/10/2018 Majorité d'algues rouges diverses



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2018 sur le site AURAY

18/04/2018



15/05/2018



12/06/2018



12/07/2018



11/08/2018



08/09/2018



09/10/2018



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2018 sur le site ARCAL

18/04/2018



15/05/2018



12/06/2018



12/07/2018



11/08/2018



08/09/2018



09/10/2018

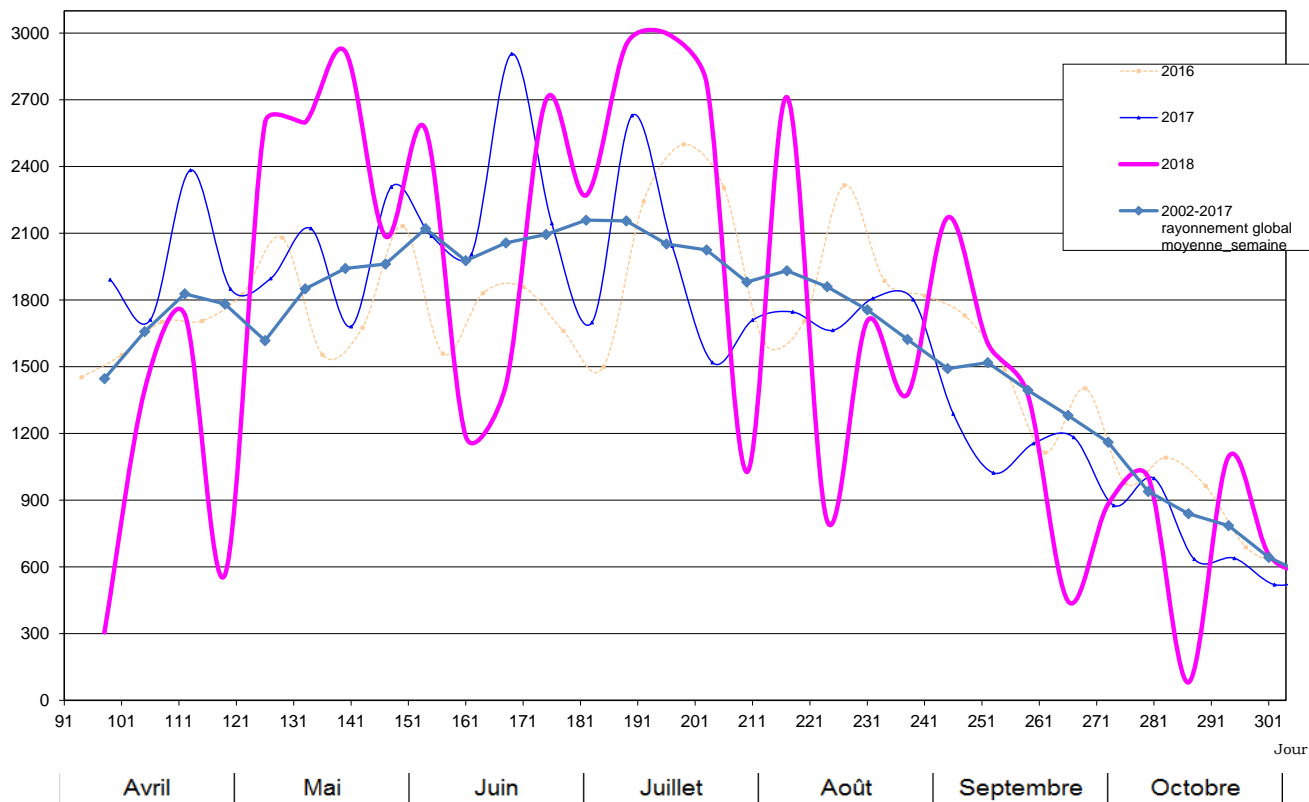




ANNEXE 7

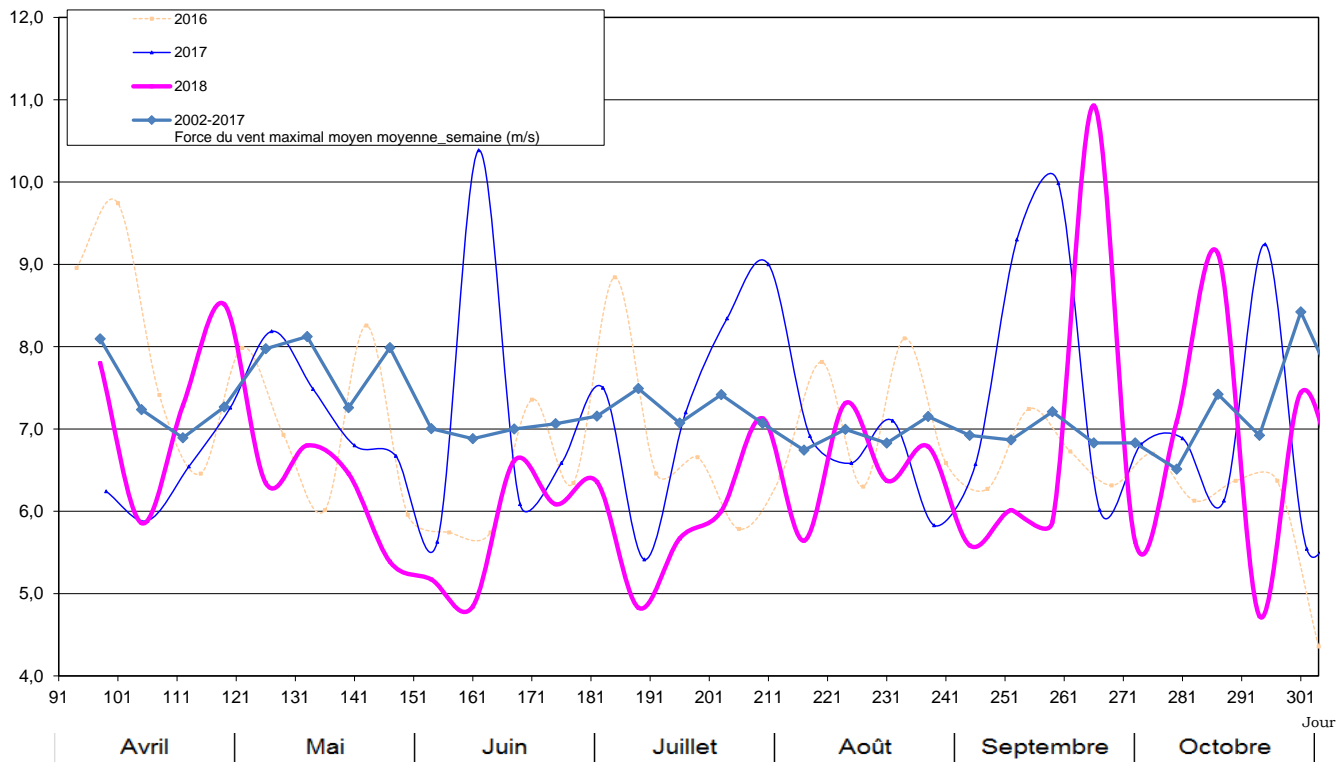
DONNEES METEO

Rayonnement global (J/cm²/jour)



Evolution saisonnière du rayonnement solaire global journalier (moyenné par semaine) à la station de Saint-Cast-le-Guildo en 2016, 2017, et 2018.

Force du vent (m/s)



Evolution saisonnière de la force du vent journalière (moyenné par semaine) au niveau de la station météorologique de Lannion en 2016, 2017, et 2018.



ANNEXE 8

FLUX D'AZOTE

