

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 2018
Inventaire des marées vertes sur le littoral breton

Année 2018

Contrat AELB : 16S0030 - Juillet 2019



Sylvain BALLU : Chef de projet



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.....	74
3.3.	Suivi d'indices d'eutrophisation	76
3.3.1.	Résultats de suivi des quotas azotés dans les différents sites	76
3.3.2.	Eléments d'interprétation des profils saisonniers	76
3.3.3.	Résultats :	78
3.3.4.	Evaluation des stocks totaux	96
4.	CONCLUSION	97
	ANNEXES.....	99



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 2018.....	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 2018 apparaissent en bleu. Les masses d'eau et les sites pour lesquels les données surfaciques n'ont pas été acquises en 2018 apparaissent en violet (uniquement acquisition des photographies aériennes).....	15
Figure 4 : Nombre de sites touchés par des échouages d'ulves au moins une fois pour les inventaires estivaux en 2018 (juillet ou septembre).....	22
Figure 5 : Nombre de sites touchés par des échouages d'ulves au moins une fois en 2018 (mai, juillet, septembre).....	24
Tableau 3 : Sites touchés par des échouages d'ulves sur les trois inventaires de 2018 comparés aux années 2002-2017 sur 3 ou 4 dates d'inventaires. Le site de la Fresnaye, touché par des échouages d'Ulvaria (« ulvoïde ») en 2007, 2008, 2009, 2015, 2016, 2017 et 2018 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 ») en 2007, 2008, 2009, 2015, 2016 et 2017 a été classé dans ces sites.	26
Figure 7 : Nombre de sites touchés entre 2000 et 2018 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 2018). Le site de la Fresnaye, touché par des échouages d'Ulvaria (« ulvoïde ») sur les années 2007-2009 puis 2015-2018 a été classé dans ces sites. .	30
Figure 8 : Nombre de sites touchés par des échouages d'ulves en Bretagne entre 1997 et 2018 pour la période estivale. 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 ») de 2007 à 2009 puis de 2015 à 2018 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 ») de 2007 à 2009 puis de 2015 à 2018 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 ») de 2007 à 2009 puis de 2015 à 2018 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 départements bretons entre 1997 et 2018 (nombre d'inventaires différents selon les années). Le site de la Fresnaye, touché par des échouages d'Ulvaria (« ulvoïde ») de 2007 à 2009 puis de 2015 à 2018 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 2018. 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 de suivis à 2008.	39
Tableau 4 : Répartition des sites sur secteur de plage par classe de taille maximum atteinte en 2018 sur les 3 inventaires « généraux » (« rideau » + échouage en « équivalent 100% » de couverture). 57 sites de type « plage » ont été classés pour des échouages d'ulves en 2018 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 2018 ; le site de la Fresnaye, touché par des échouages d'Ulvaria (« ulvoïde ») de 2007 à 2009 puis de 2015 à 2018 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 2018 par des échouages d'ulves par département et par classe de taille (taille maximale atteinte sur les 3 inventaires généraux). 46

Figure 25 : ensoleillement sur les stations Météo France suivi sur la fin 2017 (novembre-décembre) et le début 2018 (janvier-octobre)..... 79

Figure 26 à 47.....85-95



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.

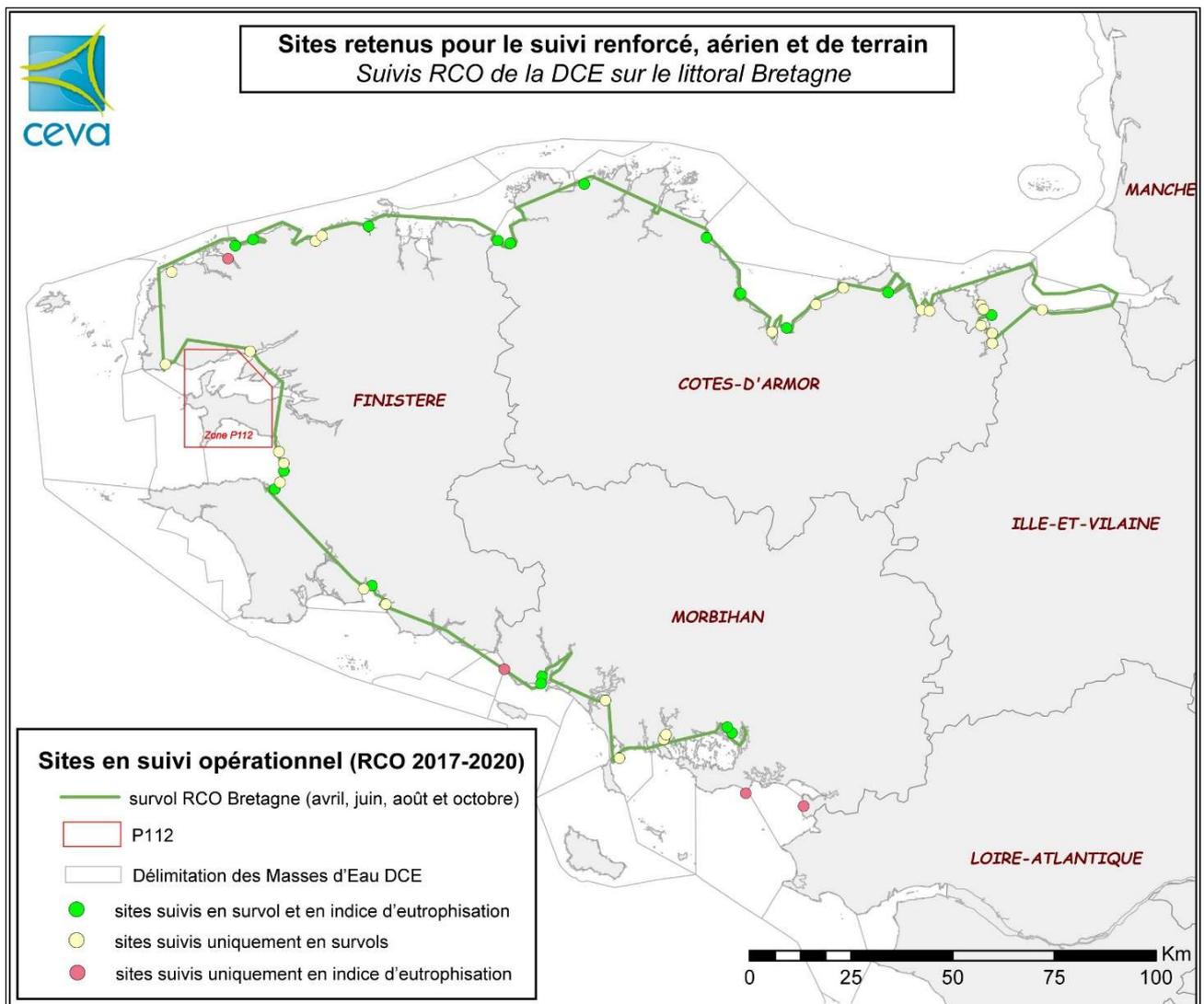


Figure 1 : plan de vol RCO Bretagne et localisation des sites intégrés au suivi



- ✓ 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 pour la plupart avec un appareil Nikon D7100 de 24 MP, équipé d'un objectif Nikkor 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 :

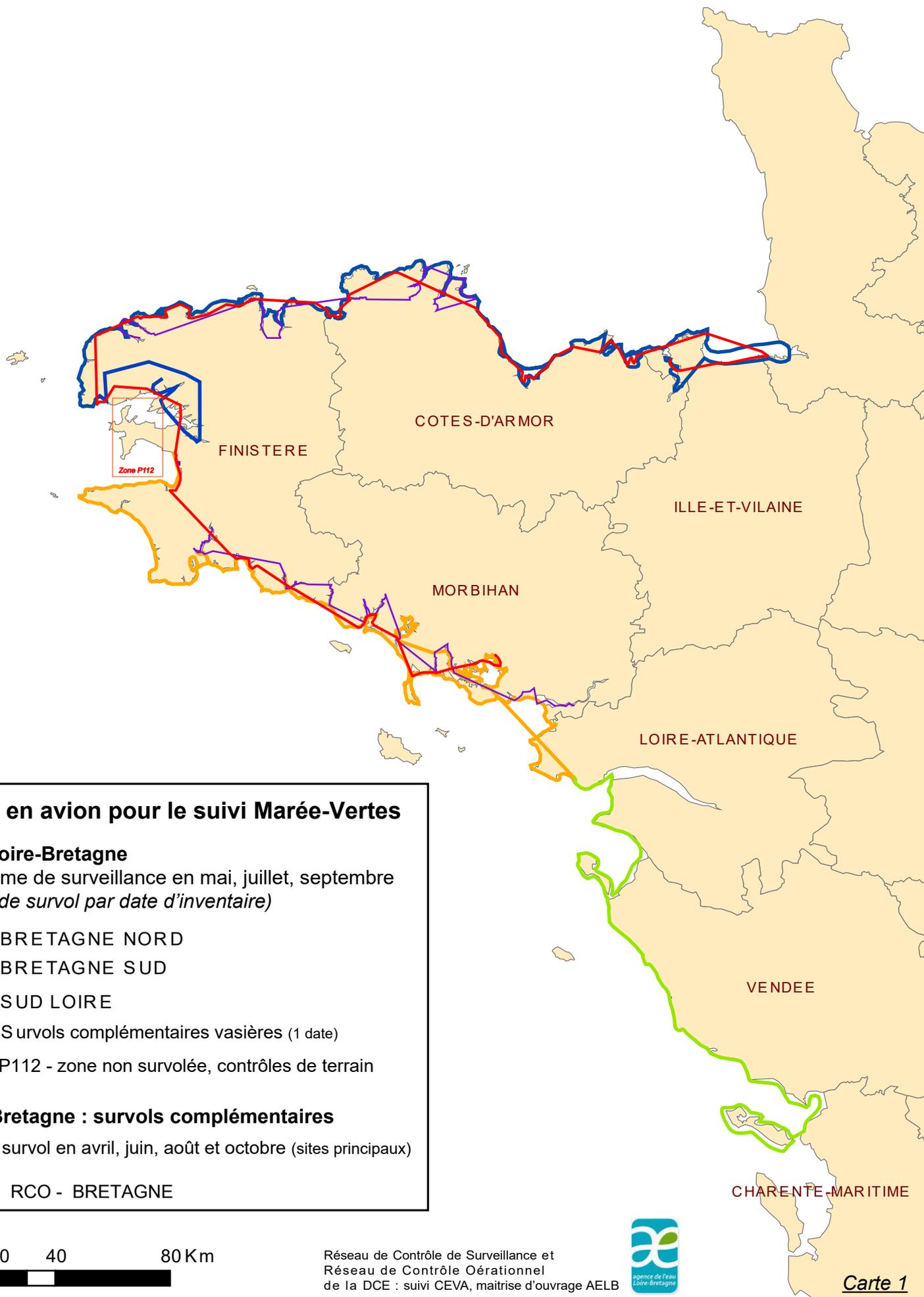
- un seuil de quantité anormale d'algues vertes détectable par avion,
- un contrôle de terrain qui vérifie que ce sont bien des ulves, qu'elles sont libres et représentent visuellement plus d'un tiers des échouages (ou d'un rideau de bas de plage).

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 vaseuse 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)

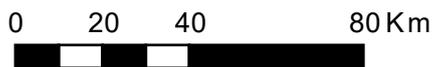
- BRETAGNE NORD
- BRETAGNE SUD
- SUD LOIRE
- Survolés complémentaires vasières (1 date)

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 2018, 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 2018, 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 2018

Code ME	ME suivies en 2018
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 »).

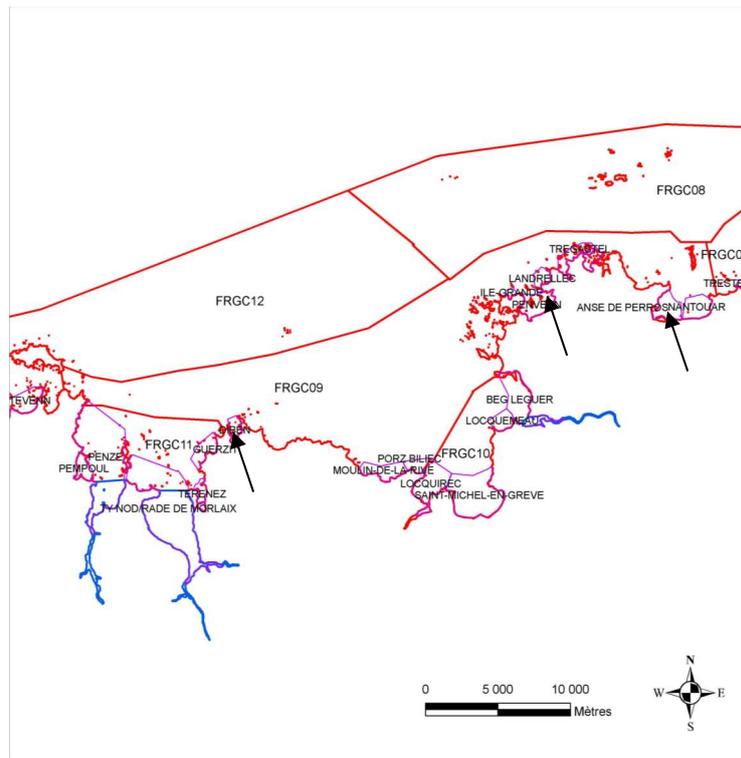


Figure 2 : Découpage des masses d'eau sur la côte nord de la Bretagne (FRGC en rouge et FRGT en bleu) combiné au découpage par sites à « échouage d'ulves » (violet). Les trois sites de vaseuse sont indiqués par les flèches

Pour une vision complète de l'inventaire 2018 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 vaseuse des masses d'eau côtières sur lesquels aucune digitalisation n'a été effectuée sont également signalés.

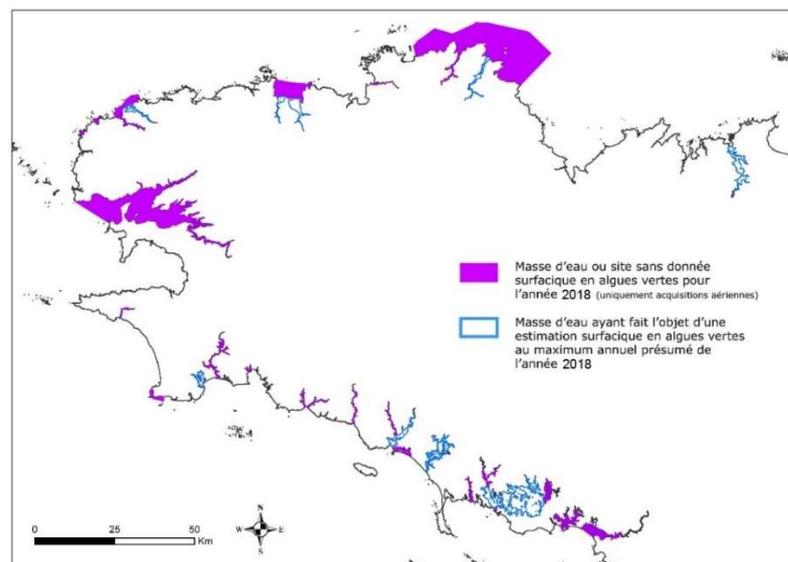


Figure 3 : Illustration des masses d'eau et des sites à « échouages d'ulves » de milieux vaseux. Les masses d'eau pour lesquelles les données ont été complètement acquises en 2018 apparaissent en bleu. Les masses d'eau et les sites pour lesquels les données surfaciques n'ont pas été acquises en 2018 apparaissent en violet (uniquement acquisition des photographies aériennes).

Les résultats sont présentés dans le rapport RCS DCE Loire-Bretagne 2018.



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 189 prélèvements effectués dès l'apparition nette et régulière des algues sur l'estran des sites. Les premiers prélèvements ont été réalisés le 19 avril (uniquement 6 sites avec suffisamment d'algues) et les derniers le 14 septembre. Le démarrage tardif de la prolifération sur la plupart des sites permet d'expliquer le nombre un peu moins important de prélèvements qu'en 2017. 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 (186 dosages N) et, pour le phosphore total (185 dosages P). En 2018, 3 échantillons n'ont pu être analysés (pertes de 3 échantillons par le labo, tous concernés par des microanalyses sur des « autres espèces » que les ulves) et un échantillon n'a pu être dosé que pour l'azote (manque de matière dans un prélèvement pour pouvoir doser le phosphore). L'ensemble des dosages a été réalisé par UPScience (ex In Vivo Labs), laboratoire agréé COFRAC, sous-traitant du CEVA.

▪ **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 2018, 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 :

- 14 mai : côtes de Bretagne Nord ; coeff. 91
- 15 mai : côtes de Bretagne Sud ; coeff. 99
- 16 mai : côtes Sud Loire ; coeff. 102

Juillet :

- 11 juillet : côtes de Bretagne Nord ; coeff. 82
- 12 juillet : côtes de Bretagne Sud ; coeff. 93
- 13 juillet : côtes Sud Loire ; coeff. 101
- 31 juillet : survol complémentaire des vasières du Sud Bretagne (Estuaire de la Vilaine, de Penerf, de la rivière d'Auray, Golfe du Morbihan, de la rivière de Crac'h, de la Ria d'Étel, du Blavet et du Scorff, de la Laïta, de l'Aven et du Belon, de l'Odet et de la rivière de Pont L'Abbé) ; coeff. 76
- 10 août : survol complémentaire des vasières du Nord Bretagne (Aber Benoit, Aber Wrac'h, baie de la Penzé, de Morlaix, estuaire du Léguer, Jaudy, Trieux et baie de Paimpol) ; coeff. 92

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 :

- 8 septembre : côtes de Bretagne Sud ; coeff. 93
- 10 septembre : côtes du Sud Loire ; coeff. 111
- 11 septembre : côtes de Bretagne Nord ; coeff. 110

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 a été jugé nécessaire.



➤ **Suivi aérien complémentaire**

Les 4 survols complémentaires se sont déroulés aux dates suivantes :

- 18 avril ; coeff. 99,
- 12 et 13 juin (Vannes-St Brieuc le 12 ; puis St Brieuc Mont Saint Michel) ; coeff. 87/96,
- 11 août ; coeff. 103,
- 09 octobre ; coeff. 107.

➤ **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 19 avril pour les premiers prélèvements et jusqu'au 14 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 2018, il est proposée 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 2018

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 2018 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 2018 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 2000-2018 concernées par au moins deux survols en période estivale, ne sont considérés ici que les dénombrements de juillet et septembre 2018.

On comptabilise alors sur le littoral breton :

- 51 sites touchés par des échouages d'ulves en juillet 2018 (carte en annexe 1)
- 56 sites touchés en septembre 2018 (carte en annexe 1)
- 66 sites au total touchés en juillet ou en septembre 2018 (carte 2)

Sur ces 66 sites recensés, en période estivale, 41 sont touchés lors des deux inventaires et 25 lors d'un des deux inventaires.

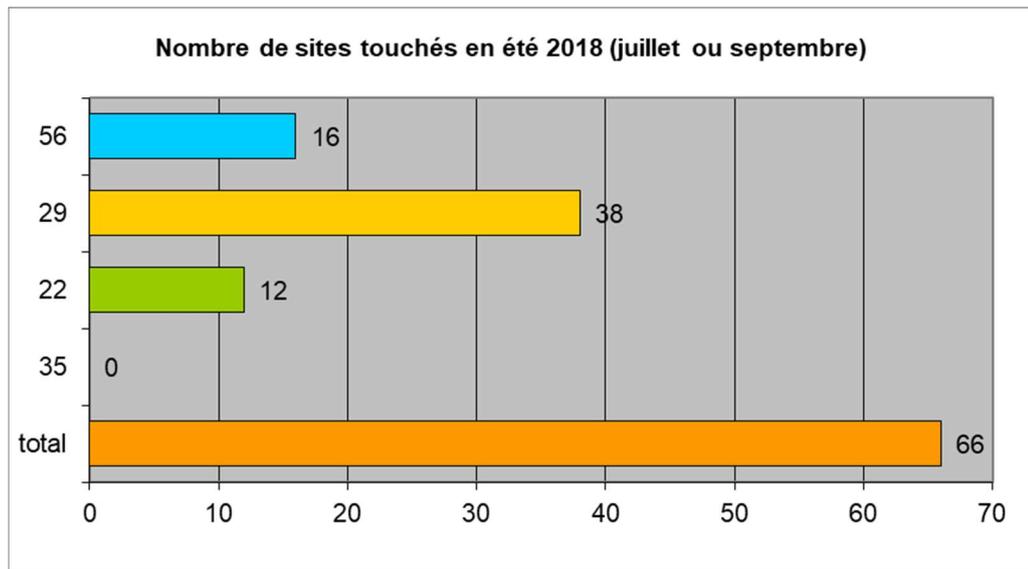
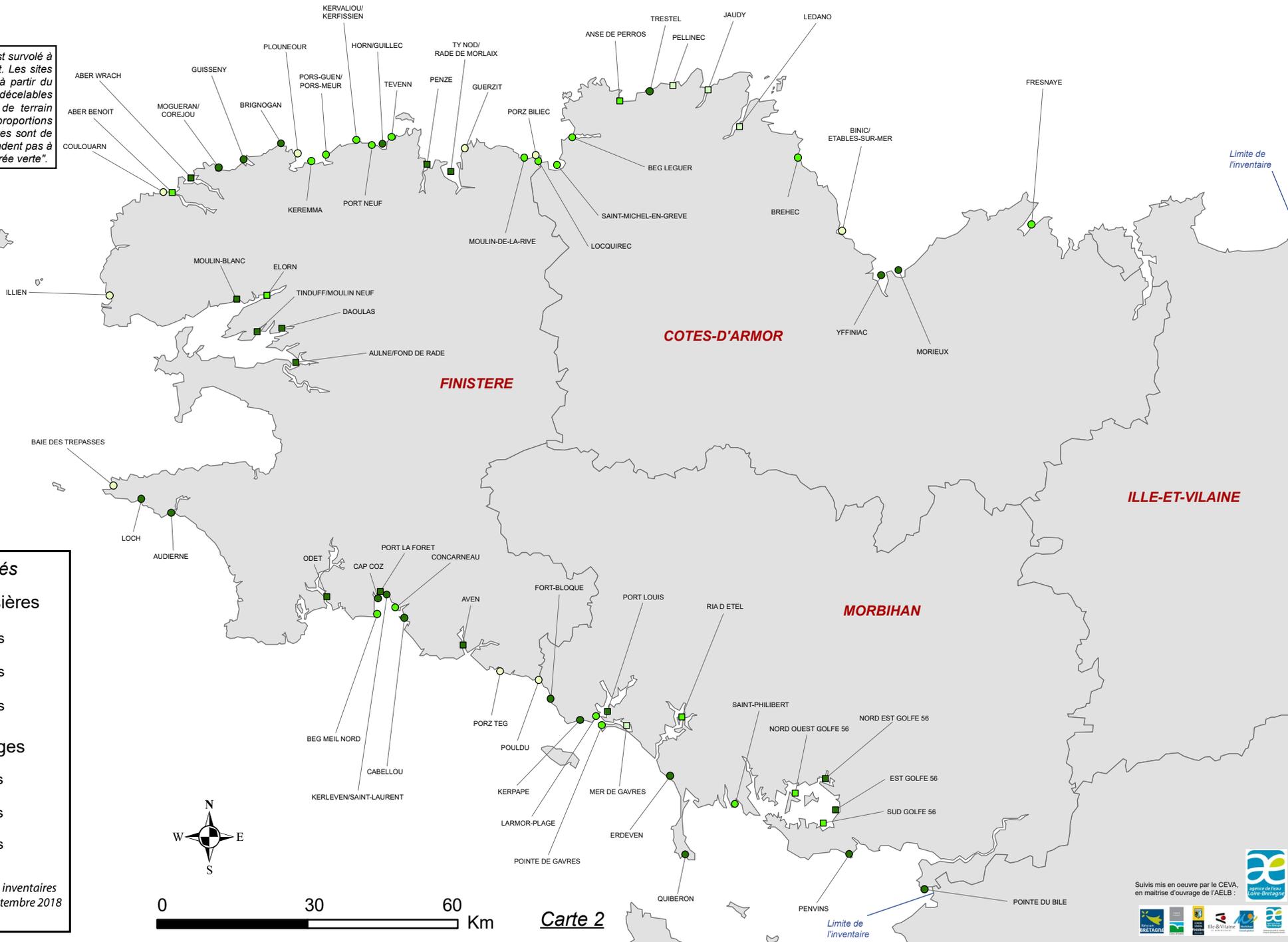


Figure 4 : Nombre de sites touchés par des échouages d'ulves au moins une fois pour les inventaires estivaux en 2018 (juillet ou septembre).

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 (58 %) du total des sites des côtes bretonnes ; suit, avec près de 2.5 fois moins de sites, le département du Morbihan puis celui des Côtes d'Armor qui totalise 3 fois moins de sites. En 2018, 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 2018

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".



66 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 2018

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 2018 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, 63 sites ont été classés comme touchés par des échouages d'ulves. Le mois de mai 2018 est donc le mois d'inventaire annuel présentant le nombre le plus élevé de sites touchés par des ulves et significativement au-dessus des années moyennes (+18 % par rapport à mai des années 2002-2017 mais très inférieur à mai 2017 avec 79 sites). Sur ce critère « dénombrement » l'année 2018 apparaît donc comme plutôt précoce (ce qui est en grande partie dû au littoral du Morbihan qui concentrait 40 % des sites en mai). Cet inventaire de début de saison, a permis de repérer 20 sites additionnels par rapport à la situation relevée sur la seule période estivale (juillet-septembre). Ce nombre élevé de sites repérés uniquement en mai confirme le caractère « précoce » de l'année 2018 sur l'indicateur nombre de sites, en particulier sur le littoral sud Bretagne (le littoral morbihannais compte à lui seul 10 sites uniquement classés en mai sur les 20 sites dans ce cas). A noter que l'analyse des surfaces couvertes donne une image différente de la précocité de l'année 2018.

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

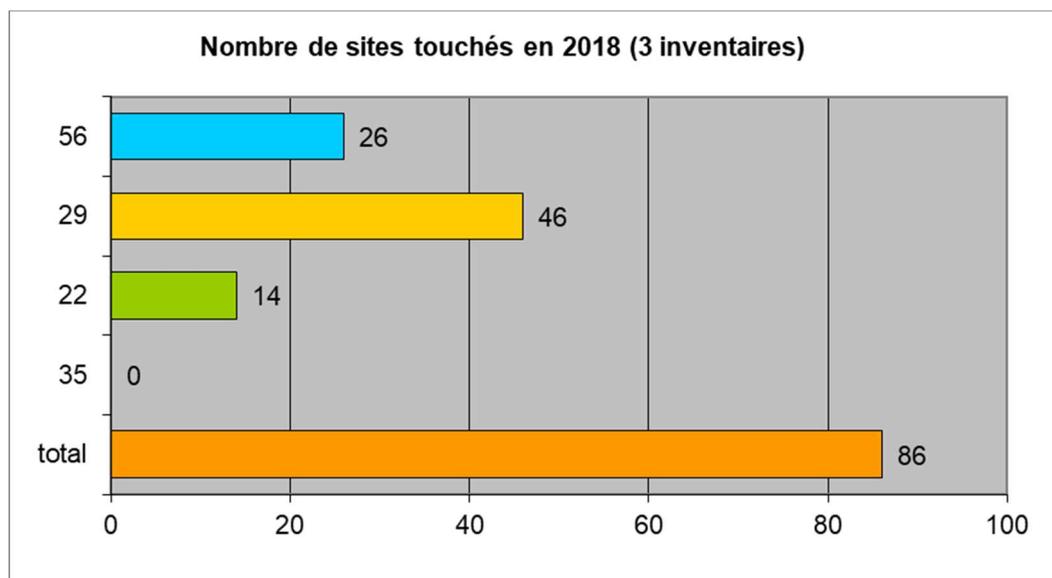


Figure 5 : Nombre de sites touchés par des échouages d'ulves au moins une fois en 2018 (mai, juillet, septembre).



Parmi les 20 sites classés uniquement au mois de mai, 10 étaient localisés sur les côtes du Morbihan, 8 sur les côtes du Finistère et 2 sur les Côtes d'Armor.

Sur l'ensemble de l'année, le département du Finistère comprend plus de la moitié des sites répertoriés en Bretagne (53 %). Viennent ensuite les départements du Morbihan (30 %) puis des Côtes d'Armor (16%). Le département d'Ille et Vilaine n'a présenté aucun site « classé » pour des échouages d'ulves en 2018 (certains secteurs de la Rance présentaient des tapis d'algues vertes filamenteuses mais les ulves ne constituant pas de tapis continus, aucun des sites de la Rance n'a été classé).

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 2018 est présenté dans le Tableau 3 avec le rappel des résultats des années antérieures (3 inventaires également pour 2007 à 2017, 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 2018 comparés aux années 2002-2017 sur 3 ou 4 dates d'inventaires. Le site de la Fresnaye, touché par des échouages d'Ulvaria (« ulvoïde ») en 2007, 2008, 2009, 2015, 2016, 2017 et 2018 a été classé dans ces sites « ulves »

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

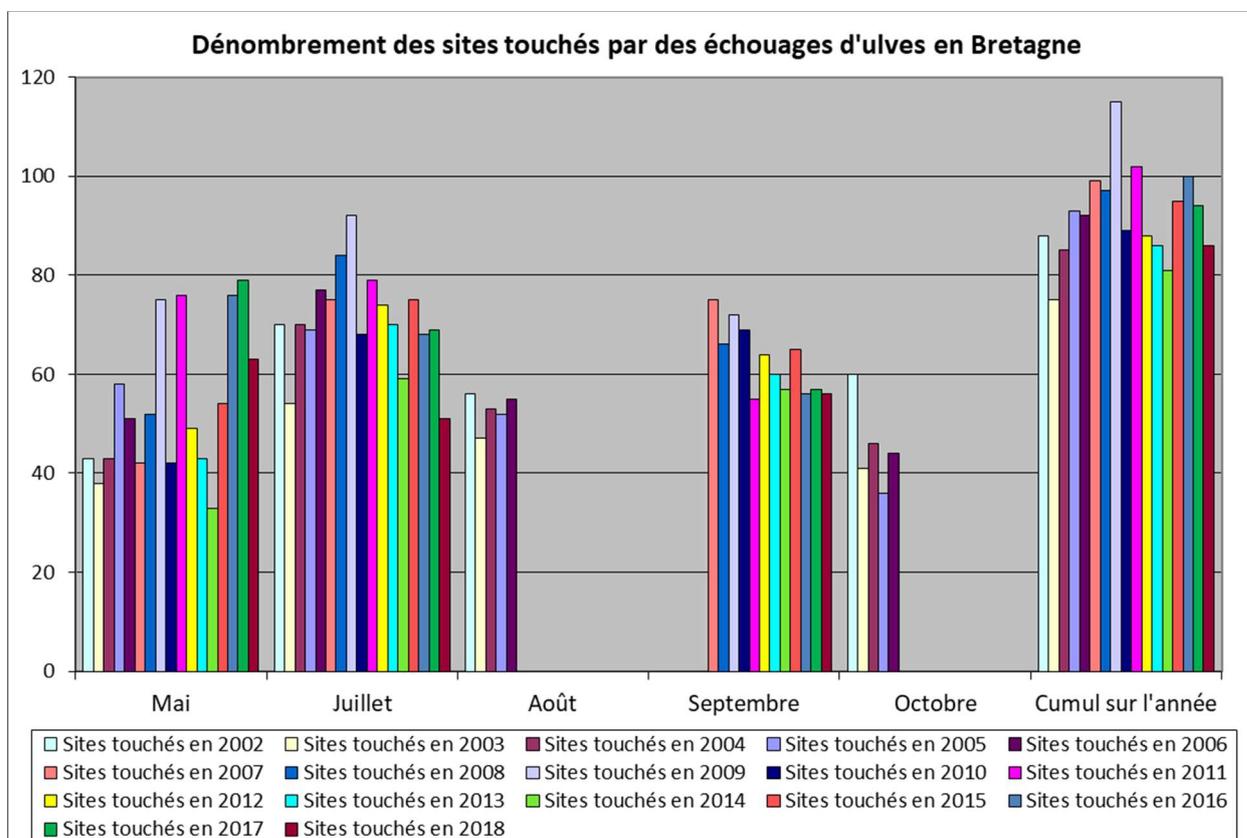


Figure 6 : Nombre de sites touchés par des échouages d'ulves par date d'inventaire sur l'ensemble du littoral breton. Le site de la Fresnaye, touché par des échouages d'*Ulvaria* (« ulvoïde ») en 2007, 2008, 2009, 2015, 2016 et 2017 a été classé dans ces sites.

Pour l'ensemble des années, on retrouve globalement une augmentation forte entre mai et juillet, 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 2018, le profil saisonnier est très écarté des années moyennes, voire opposé. En effet, c'est en mai que le nombre de sites touchés était maximum (63 sites), avec un minimum annuel (51) en juillet et une légère remontée en septembre (56). Ce niveau important en mai est principalement lié au littoral atlantique (Morbihan et sud Finistère) qui présentait un nombre important de « petits sites » touchés par des échouages d'ulves. Ces sites sont probablement le plus souvent en lien avec des croissances sur platier rocheux (« marée verte d'arrachage »). Le profil de l'hiver 2017-2018 (eaux froides, dispersion importantes puis lumière soutenue en mai) serait donc favorable à ce type de prolifération qui ne dépend pas de la reconduction de stocks dérivants. La diminution du nombre de sites entre mai et juillet est quasiment intégralement due à la diminution des sites du littoral du Morbihan (de 25 à 13 puis 12). La prolifération, sur cet indicateur, apparaît comme précoce puis relativement peu intense. 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**

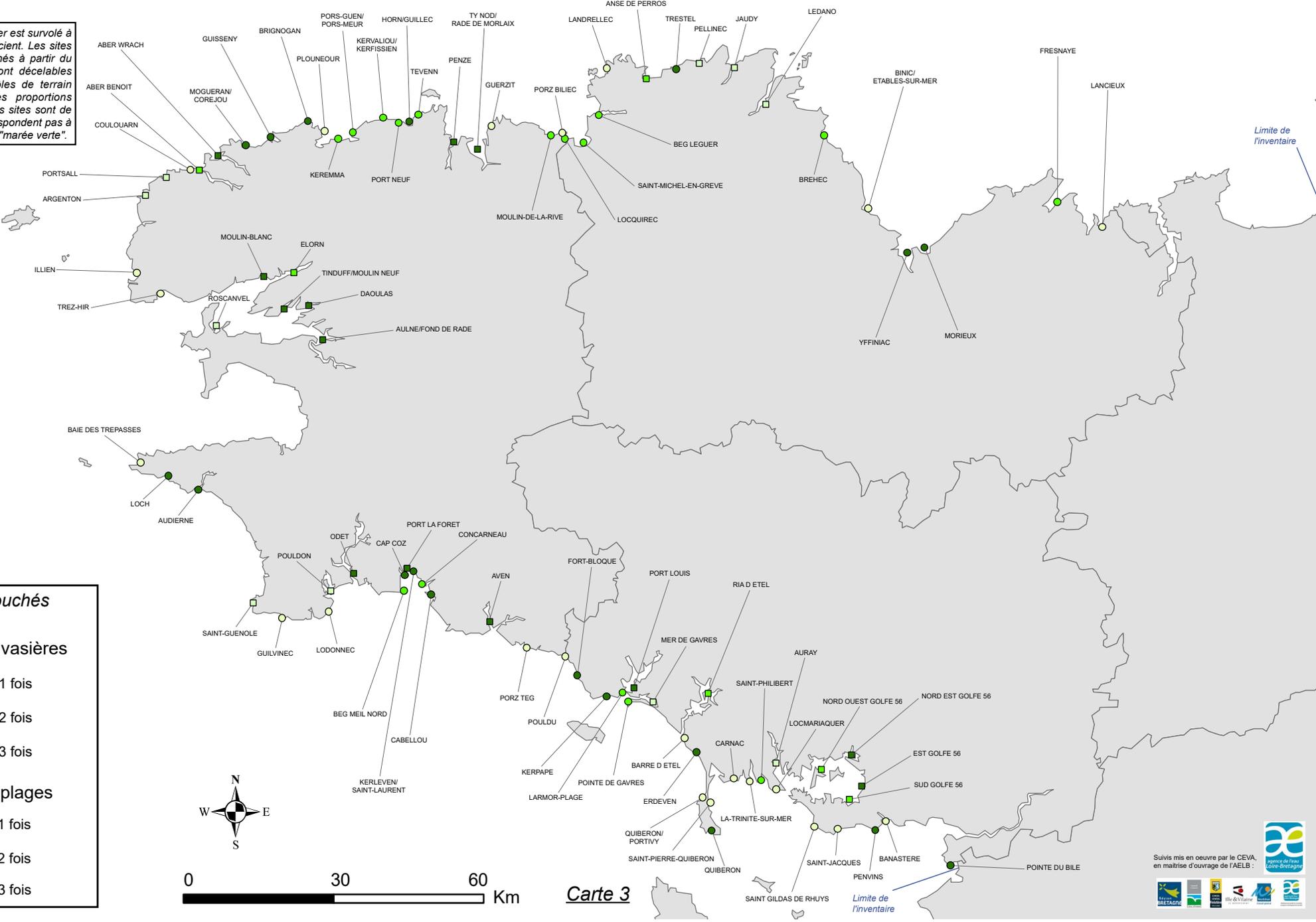
La carte des occurrences d'échouages d'ulves présente les 86 sites repérés dans l'année (carte 3). L'analyse des occurrences par site permet de percevoir :

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

En 2018, un peu plus du tiers des sites (36 %) est touché lors des 3 dates d'inventaire (contre 48 % en 2017 et 34 % en moyenne 2012-2016). 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 25% des sites qui sont touchés deux fois sur les trois inventaires. Ces sites correspondent à des sites soit dont la 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 2018, près des deux tiers des sites (61 %) 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 2018 (inventaires de mai, juillet ou septembre)

L'ensemble du littoral est surveillé 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".



86 sites touchés

Sites de type vasières

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

Sites de type plages

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

Carte 3



3.1.2. Comparaison inter-annuelle 1997-2018

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 2018 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 12 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 que l'on veille à identifier pour chaque année les méthodes employées 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, et les années suivantes à un niveau légèrement plus bas mais tout de même supérieur aux années antérieures à 2007. Il faut cependant tenir compte des dates des inventaires qui ne sont pas toujours aux mêmes périodes. Le fait que pour les 12 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 2014 le nombre de site est à nouveau à un niveau bas (en moyenne 81 et même 72 pour 2014). L'année 2015 apparaît, en nombre de sites, à un niveau élevé (85 sites), niveau qui les années suivantes baisse régulièrement jusqu'à l'année **2018 de plus faible nombre de sites** depuis l'année 2007, année depuis laquelle les périodes d'inventaire sont identiques (**66 sites** soit 16 % de moins qu'en moyenne 2000-2017 et 22 % de moins qu'en moyenne 2007-2017).

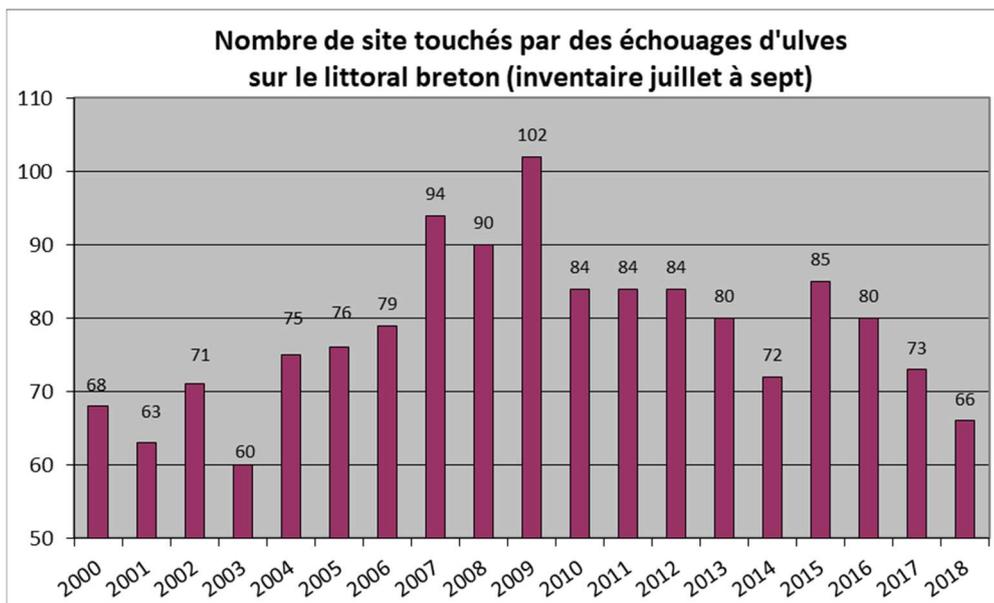


Figure 7 : Nombre de sites touchés entre 2000 et 2018 par des échouages d'ulves en période estivale (début juillet et fin août pour 2000 ; fin juin et début septembre pour 2001 ; juillet et / ou août pour 2002-2006 et mi-juillet et mi-septembre pour les années 2007 à 2018). Le site de la Fresnaye, touché par des échouages d'*Ulvaria* (« ulvoïde ») sur les années 2007-2009 puis 2015-2018 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, première année d'inventaire, 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 changées en 2007 et sont, depuis 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, 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. A diminution régulière en nombre de site depuis 2016 est quant à elle le fait de la diminution du nombre de secteurs de plage touchés, les sites de vasière restant à un niveau constant.

L'augmentation, assez régulière depuis 1997 (et jusqu'en 2009) en nombre de sites, concerne essentiellement les sites de vasière ce qui peut être liée à la fois à une réelle **augmentation de la colonisation de ces milieux**, mais aussi à une **meilleure perception par le CEVA** de ces sites, par des survols plus complets des Rias et une meilleure connaissance de ces dépôts. Dans ces circonstances, la diminution sensible du nombre de vasières touchées depuis 2010 (16 sites de moins en 2017 ou 2018 qu'en 2009) est significative.

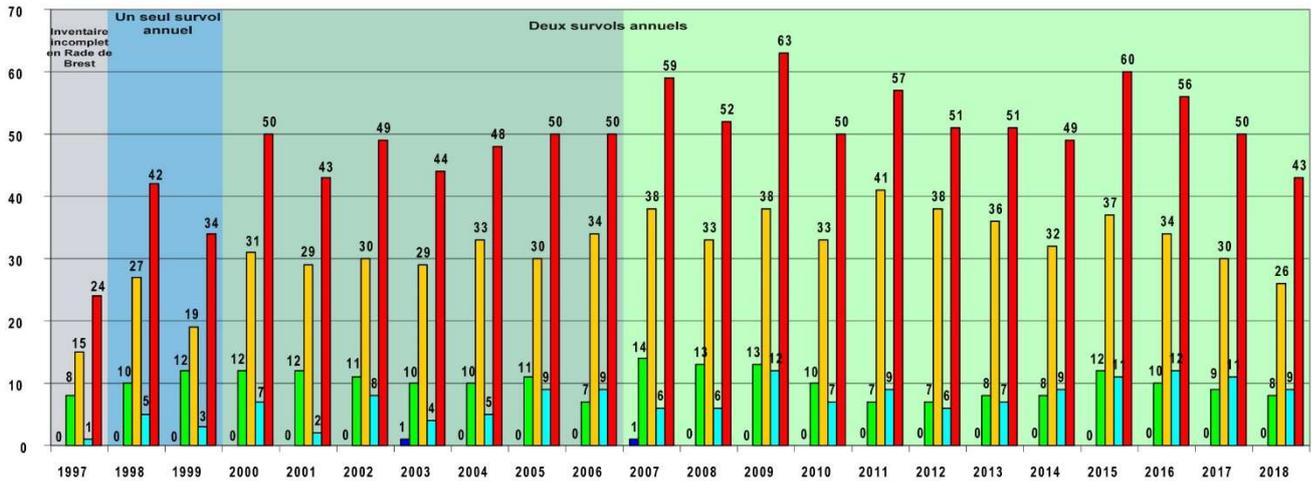


Comme précisé plus haut, le dénombrement des sites, ne concerne pas uniquement des sites qui peuvent être qualifiés de « marées vertes » et comprend des sites dont les dépôts sont peu étendus ; il convient donc de relativiser ce résultat et de se reporter à l'analyse des **surfaces d'échouage pour appréhender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

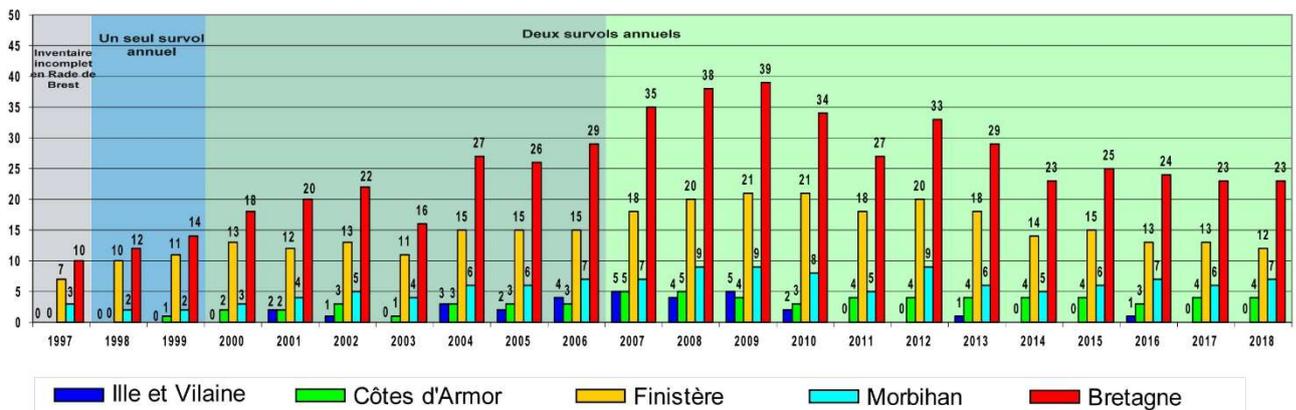


Nombre de sites concernés par des échouages d'ulves entre 1997 et 2018

Secteur de plage



Secteurs de vasières estuariennes



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

Date des inventaires							
1997*	19, 26 et 31 juillet	1998	25, 28 et 30 juillet	1999	10 et 12 août	2000**	4 et 5 juillet puis 29 et 30 août
2004**	19 et 20 juillet puis 19 et 20 août	2005**	21 et 22 juillet puis 19 et 23 août	2006**	11, 12, 13 juillet puis 8 et 9 août	2007**	16, 17 juillet puis 10 et 11 septembre
2011**	14 et 15 juillet puis 13 et 15 septembre	2012**	20 et 22 juillet puis 15 et 18 septembre	2013**	22 au 24 juillet puis 20 et 22 septembre	2014**	13 et 16 juillet puis 8 et 9 septembre
2018**	11 et 12 juillet puis 8 et 11 septembre	2008**	21 et 22 juin puis 5 et 7 septembre	2009**	10 et 11 juillet puis 17 et 18 septembre	2015**	18 et 21 juillet puis 11 et 12 septembre
		2009**	10 et 11 juillet puis 13 et 14 août	2010**	10, 13 juillet puis 8 et 9 septembre	2016**	19 et 21 juillet puis 18 et 21 septembre
		2010**	14 et 18 juillet puis 13 et 14 août	2017**	24 et 25 juillet puis 18 et 19 septembre		

L'ensemble du littoral 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 "marées vertes". 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 2018 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 ») de 2007 à 2009 puis de 2015 à 2018 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.

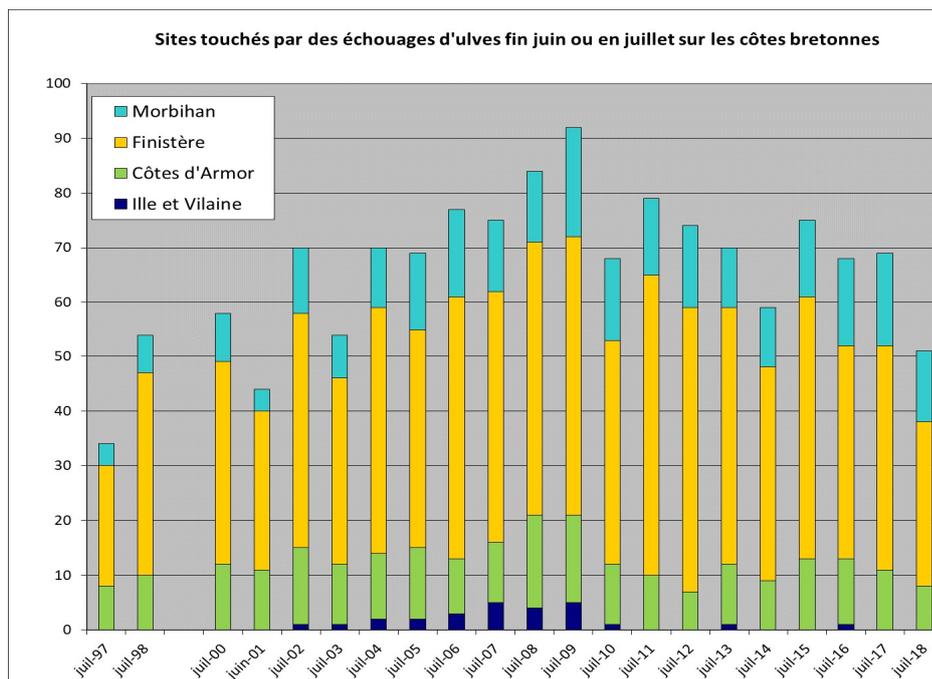


Figure 9 : Sites touchés par des échouages d'ulves en début de saison (fin juin ou juillet) sur les côtes bretonnes. Le site de la Fresnaye, touché par des échouages d'Ulvaria (« ulvoïde ») de 2007 à 2009 puis de 2015 à 2018 a été classé dans ces sites.

La Figure 9 met en évidence un nombre de sites (51) particulièrement bas pour le début d'été 2018 (juillet) en net repli par rapport aux dernières années et à un niveau très inférieur à la moyenne des dernières années (72 sur 2002-2017). Cet indicateur met donc en évidence une année dont le niveau en début d'été est particulièrement bas, malgré un niveau de mai relativement élevé.

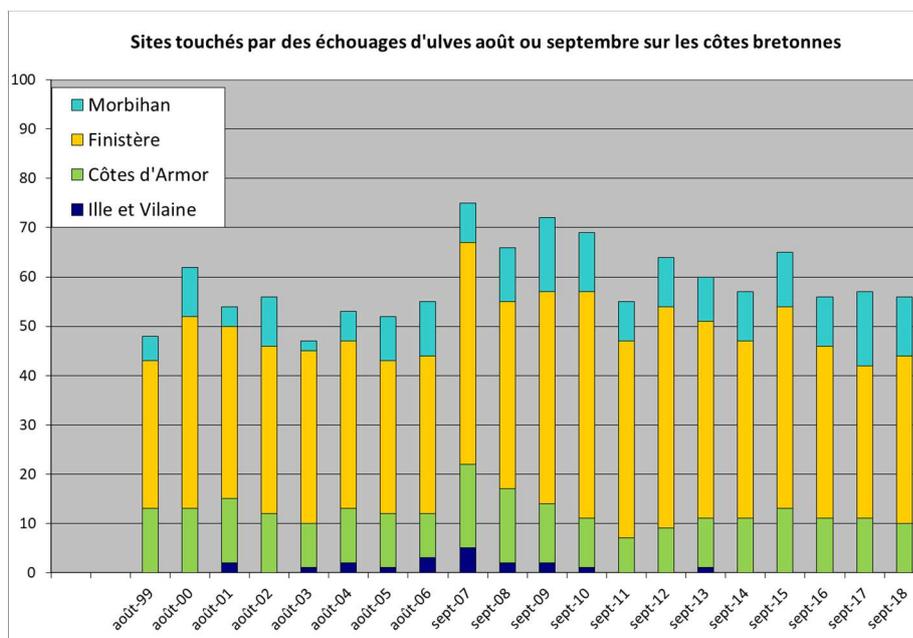


Figure 10 : Sites touchés par des échouages d'ulves en « fin de saison » (août ou septembre) sur les côtes bretonnes. Le site de la Fresnaye, touché par des échouages d'Ulvaria (« ulvoïde ») de 2007 à 2009 puis de 2015 à 2018 a été classé dans ces sites.



La Figure 10 indique, avec 56 sites, un niveau en septembre 2018 quasiment identique aux deux années précédentes et inférieur aux années antérieures (63.3 sur septembre 2007-2017 et 59.9 sur la fin de saison des années 2002 à 2017). 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'acquérir des références locales sur la colonisation des sites par les ulves, informations qui sont archivées avec photos et commentaires et qui, au fil des observations annuelles, permettent l'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

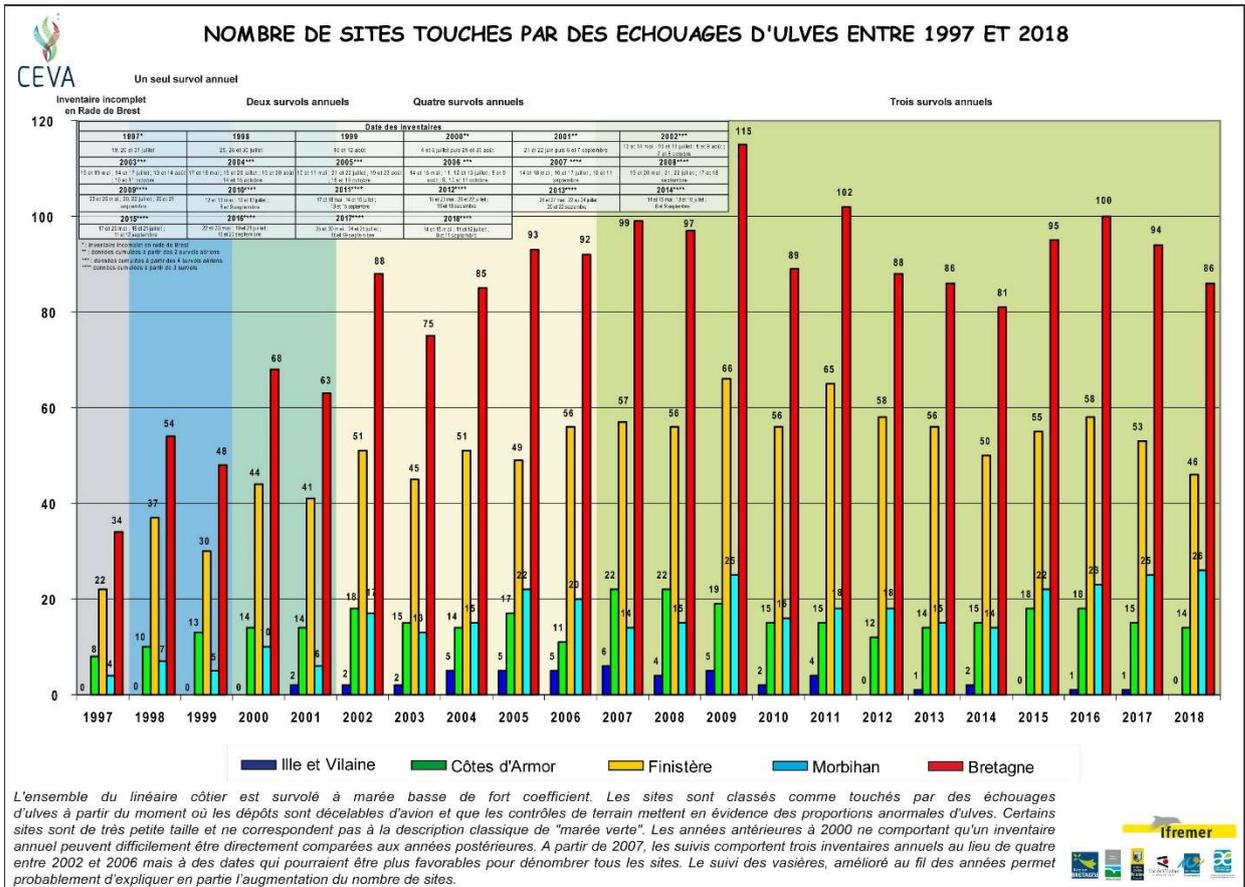


Figure 11 : Nombre de sites touchés par des échouages d'ulves sur l'ensemble de la saison sur les départements bretons entre 1997 et 2018 (nombre d'inventaires différents selon les années). Le site de la Fresnaye, touché par des échouages d'Ulvaria (« ulvoïde ») de 2007 à 2009 puis de 2015 à 2018 a été classé dans ces sites.

- L'année 2018, si l'on considère les trois dates d'inventaire (Figure 11), voit le nombre de site touchés diminuer par rapport à 2017 et 2016. La diminution est moins importante que ce que propose l'indicateur du nombre de sites sur la période estivale, du fait d'un nombre élevé de sites touchés en mai. Après le rebond que représentait les années 2015 et 2016, l'année 2018 retrouve un niveau comparable aux années 2012-2014. Le nombre de sites touchés par des échouages d'ulves en 2018 est sensiblement inférieur au niveau moyen estimé depuis 2007 (86 sites contre 95 sur les années 2007-2017). Le niveau de l'année bien que relativement bas est soutenu par la situation de mai qui présentait un nombre de sites élevé (20 sites ont été touchés en mai uniquement). 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).

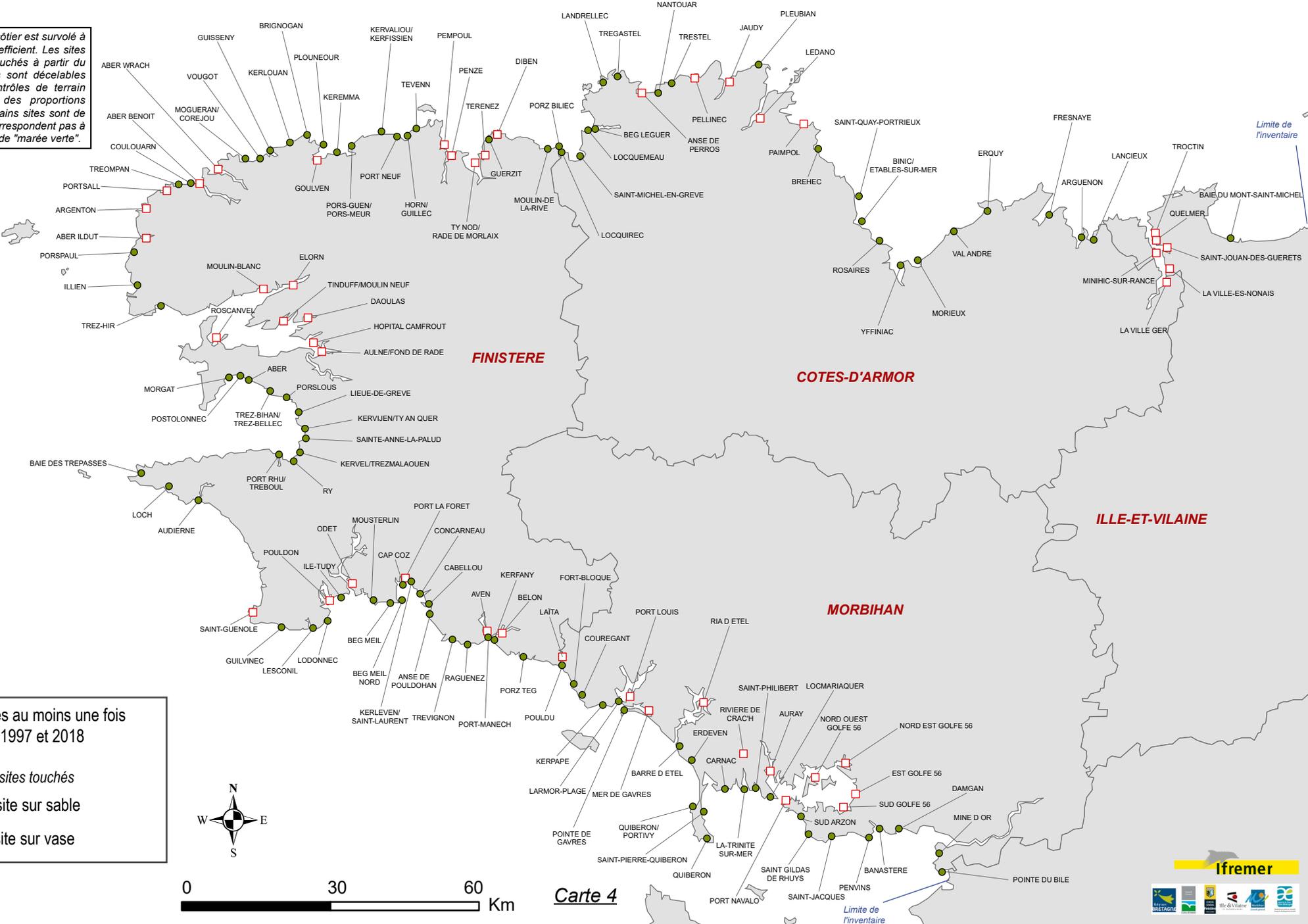


- Logiquement, à l'échelle des 20 dernières années, avec le nombre d'inventaires qui augmente (passage de 1 à 2 inventaires en 2000 puis de 2 à 4 en 2002), le nombre total de sites concernés par des échouages d'ulves augmente de façon assez continue. Comme exprimé au point précédent, le passage de 4 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.
- Un site (« CARNAC ») a été classé pour des échouages d'ulves pour la première fois en 2018 pour le mois de mai (déjà classé, certaines années pour des échouages d'algues vertes filamenteuses).

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 14 fois sur les 22 années d'inventaires sont représentés (soit près de deux années sur trois). 67 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 est sorti de cette liste car non classé pour les ulves en 2018), 9 l'ont été 21 années sur 22 (3 sites de la baie de Douarnenez quittent cette catégorie car sans ulves en 2018) et 9 l'ont été 20 années sur 22 (soit 33 sites qui ont été touchés au moins 20 années sur 22). 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).

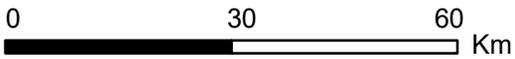
Sites touchés par des échouages d'ulves au moins une fois depuis 1997

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 2018

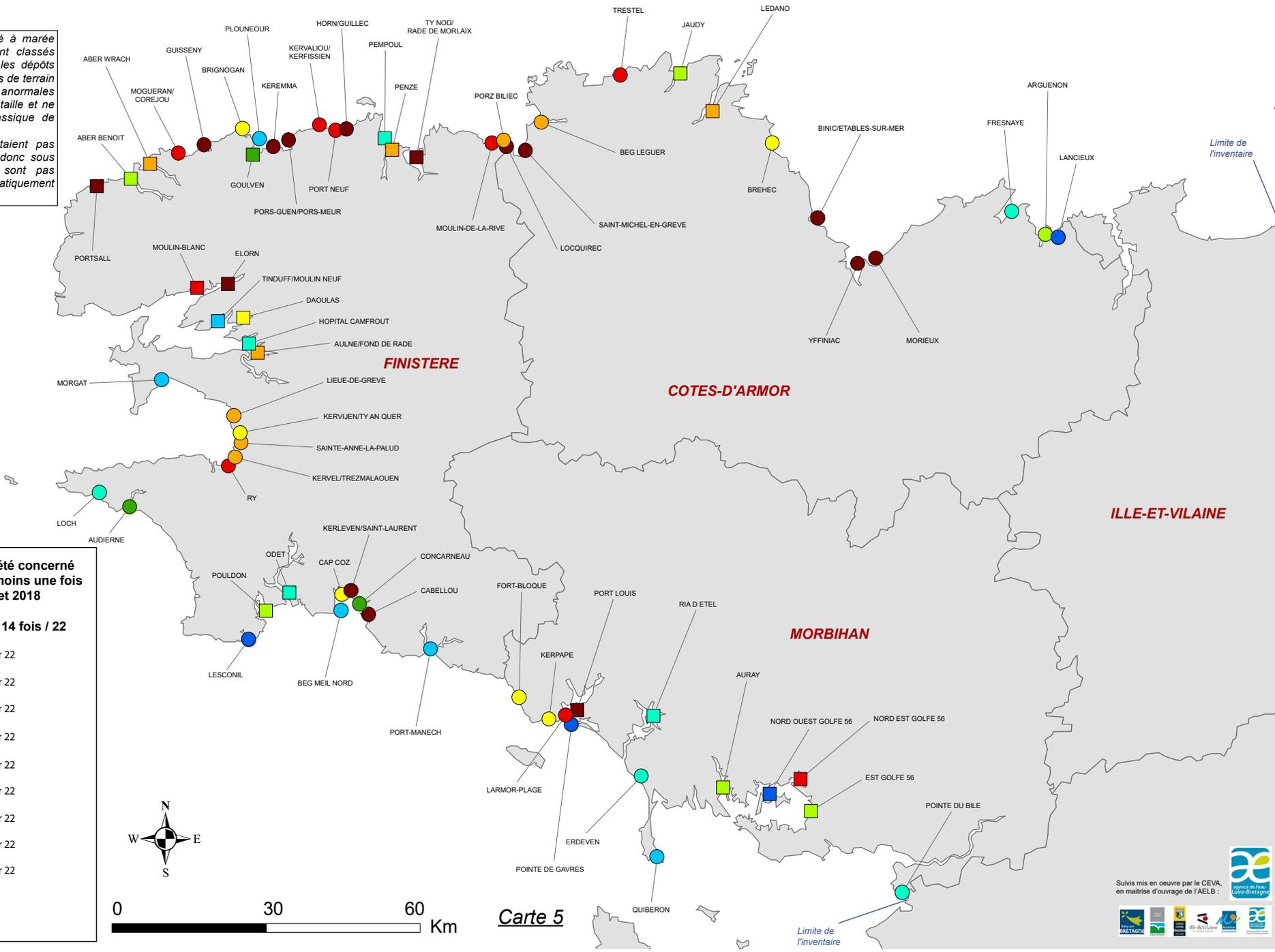
- site sur sable
- site sur vase



Carte 4

Sites les plus fréquemment touchés par des échouages d'ulves sur la période 1997-2018

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).

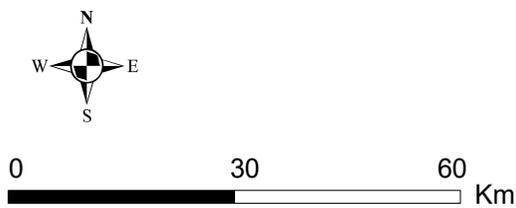


Nombre d'années où le site a été concerné par des échouages d'ulves au moins une fois dans l'année entre 1997 et 2018

67 sites concernés au moins 14 fois / 22

- site concerné 14 années sur 22
- site concerné 15 années sur 22
- site concerné 16 années sur 22
- site concerné 17 années sur 22
- site concerné 18 années sur 22
- site concerné 19 années sur 22
- site concerné 21 années sur 22
- site concerné 22 années sur 22

○ 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 2018. 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 2018, **29 sites sur les 86 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 2018, 23 vasières sont concernées en juillet ou septembre ce qui représente donc **35 % du total des sites**. La légère hausse en pourcentage est liée à un nombre de site de plage inférieur à l'année précédente (même nombre de sites de vasière touchés). La **proportion de vasières touchées est identique au niveau moyen sur les années 2007-2017**. 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 1997-2018).
- **La prolifération sur la plupart de ces sites est assez longue** : les deux tiers (66 %) des sites sont touchés deux ou trois fois sur les trois inventaires de 2018. 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, année de plutôt faible prolifération, elles étaient 10 dans ce cas. En 2018 également, 10 vasières se trouvent dans cette situation, ce qui peut être considéré comme une situation intermédiaire. On peut noter pour 2018 que 13 vasières sont classées lors des trois inventaires (soit 44 % de l'ensemble des vasières classées).

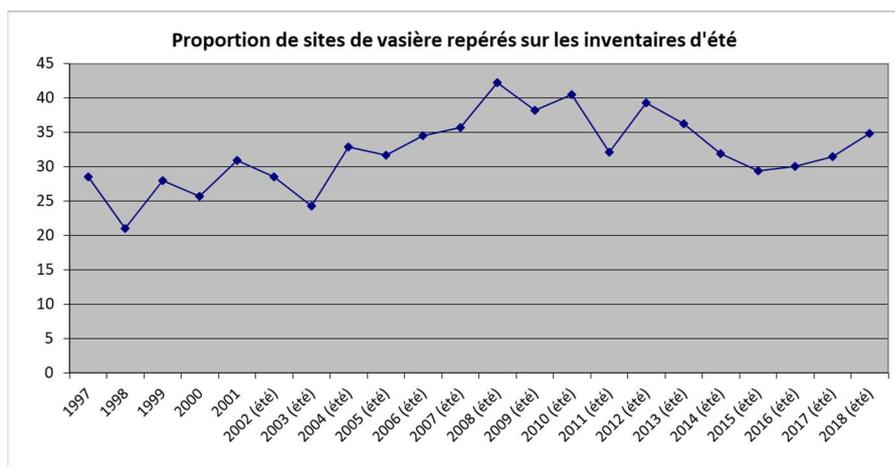
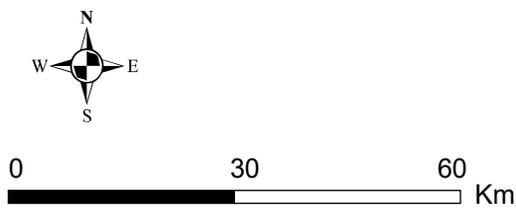
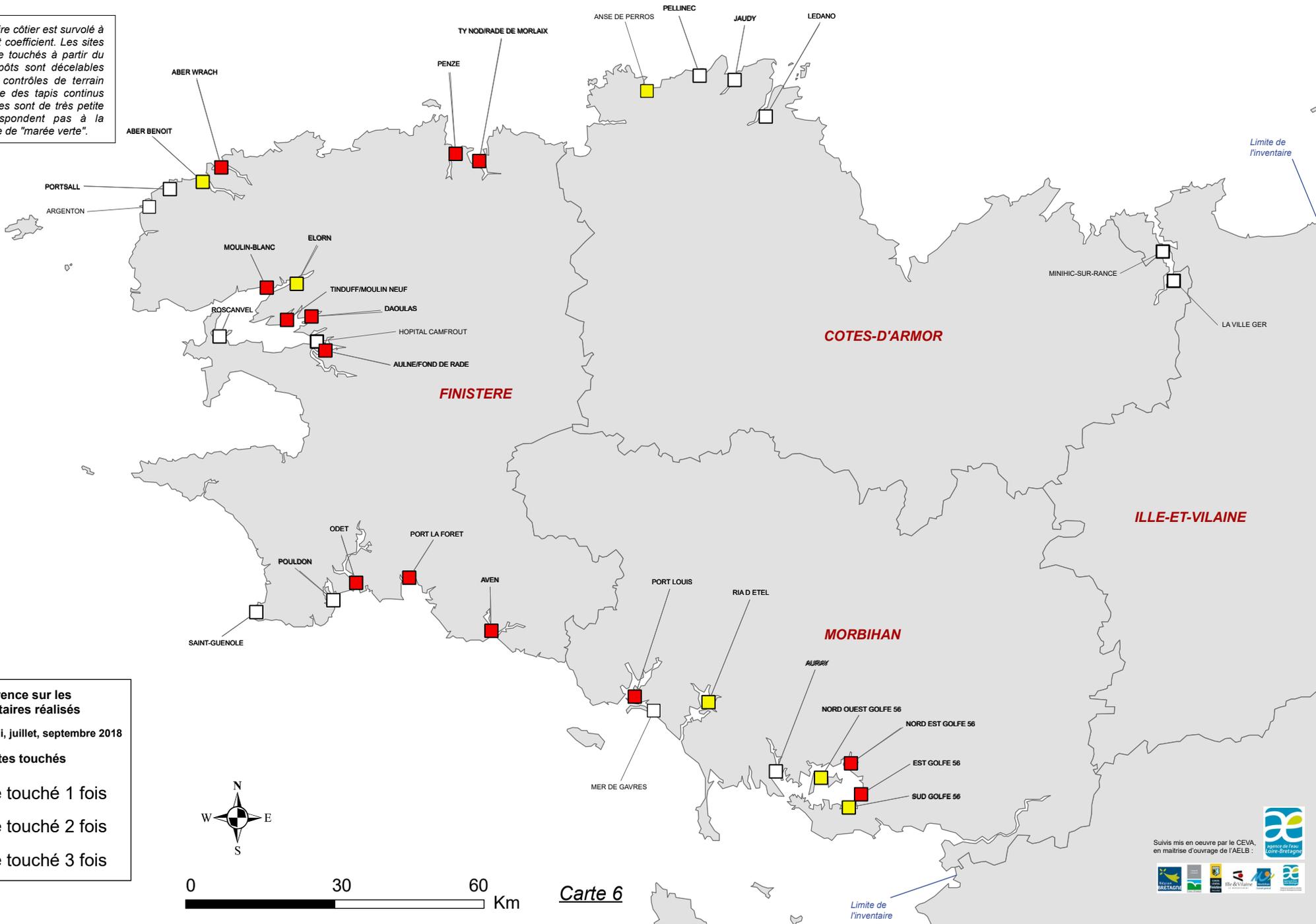


Figure 12 : Proportion de vasières dans les sites touchés par des échouages d’ulves sur les années 1997 à 2018. L’amélioration des suivis permet probablement d’expliquer, en partie au moins, l’augmentation de la proportion des vasières dans le total des sites inventoriés du début de suivis à 2008.

Vasières touchées par des échouages d'ulves au cours de la saison 2018

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 distinction est opérée selon 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, qui maintenant sont considérées comme 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. Le systématien 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 de la morphologie de ces algues. 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 particulièrement abondantes en 2018. En plus de ces échouages d'algues vertes « non ulves », des proliférations d'autres algues que des algues vertes ont concerné de nombreux secteurs. 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 en cours au CEVA pour mieux caractériser l'écophysiologie de ces « autres algues »). Cette thématique des « autres algues que les ulves » est donc particulièrement importante encore en 2018 comme c'était également le cas en 2016 et 2017 puisque certains sites ont été très fortement touchés par des proliférations de ce type, en particulier la baie de Douarnenez 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) ou *Asparagopsis* (*Falkenbergia*) (baie de Douarnenez) semble avoir une incidence forte sur le développement des Ulves (compétition entre espèces, au moins pour le paramètre lumière). Cela renforce l'intérêt de les suivre du fait de l'implication potentielle sur les proliférations d'ulves.

Les éléments marquants pour 2018 sont :



- de **nombreux sites (13) touchés** par des proliférations **d'algues vertes filamenteuses** (décrites sous le terme générique d' « Entéromorphes » ou « Cladophora »), principalement au cours du mois de juillet. Ces proliférations concernent beaucoup plus de sites qu'en 2017 (5 sites) et 2016 (9 sites). Le niveau de 2018 est proche de ce qui avait été relevé en 2015 (14 sites) ou 2014 (17 sites). Les cas relevés en 2018 sont principalement sur le littoral nord Bretagne, mais on relève quelques sites sur la côte sud (en particulier, 3 sites sur la baie de la Forêt).
- De **très nombreux sites ont 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 plusieurs années, **l'est des Côtes d'Armor** est fortement concerné par ces proliférations (Fresnaye et Lancieux ; en association avec des algues vertes et du *Polysiphonia* spp.). Ces algues sont à nouveau retrouvées sur la **baie de Douarnenez** en fin de saison 2018 (septembre) et, pour la première fois sur la baie de **Saint Michel en Grève** en juillet. Quelques autres sites (baie de Quiberon, Aber Benoit et Nantouar) sont également concernés en 2018 (en mai sur tous les sites et mai et juillet sur l'Aber Benoit).
- La **baie de Douarnenez** est concernée par des proliférations **massives d'algues rouges filamenteuses** de mai à juillet (identifiées comme étant du *Falkenbergia rufolanosa*). Ce phénomène avait été décrit pour la première fois sur la baie de Douarnenez en 2017. Les années antérieures, cette algue avait par contre été repérée en prolifération plus à l'ouest, sur le site de « Crozon-Anse de Dinan ».
- Seuls 2 sites ont été classés en 2018 pour des échouages (modestes) de *Solieria chordalis* (Erdeven et Saint Gildas de Rhuys), alors que les échouages de cette algue sont souvent massifs en fin de saison (septembre), en particulier, sur le littoral de la presqu'île du Rhuys.



3.1.5. Conclusion

Les inventaires en dénombrement de sites sur le littoral breton en 2018 ont permis de repérer :

- Un nombre de sites touchés par des échouages d'ulves sur les 3 inventaires **en repli par rapport à 2016 et 2017** : avec 86 sites repérés, l'année est à un niveau **sensiblement inférieur au niveau moyen 2007-2017** (95 sites).
- Un nombre de sites **élevé en mai** (63 sites, soit le niveau maximal annuel de 2018) sensiblement supérieur à la moyenne 2002-2017 (53.4 sites soit + 18 %) mais inférieur au niveau exceptionnel de 2017 (79 sites). Sur ce critère, l'année **2018 apparaît donc comme une année plutôt précoce**.
- Un niveau de juillet (51 sites) qui diminue sensiblement par rapport à mai alors qu'en moyenne pluriannuelle on relève une augmentation importante entre ces deux dates. Le niveau de **juillet est très inférieur à la moyenne** sur le nombre de sites touché (51 contre 72 sur 2002-2017).
- Un niveau en septembre (56 sites) qui montre un léger rebond mais est **inférieur à la situation moyenne** (56 sites contre 63 en moyenne 2007-2017, chronique la plus longue disponible sur septembre), indiquant, sur ce critère, **une fin de prolifération peu soutenue**.
- L'analyse sur la seule **période juillet à septembre** (66 sites) indique une année en repli par rapport à 2017 et aux 2 années précédentes et **le niveau le plus bas depuis 2007**.
- Au travers de ce dénombrement on perçoit donc une année de **prolifération précoce et relativement peu intense en été puis à l'automne**.
- Une **proportion des sites de vasière** dans le total des sites (35 %) qui est conforme au niveau moyen sur les années 2007-2017.
- De nombreux sites touchés par des proliférations **d'autres algues que les ulves** : algues vertes filamenteuses en majorité sur des sites du littoral nord ; Ectocarpales sur l'est du littoral costarmorcain, sur la baie de Douarnenez et même sur la baie de Saint Michel en Grève (première observation) ; algues rouges filamenteuses sur la baie de Douarnenez en mai et juillet. En 2018, l'algue rouge ***Solieria chordalis*** étaient peu présente (alors que les échouages sont fréquemment massifs sur la côte sud Bretagne à l'automne).
- 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 cette année ; 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 2018 comme pour les années 2009 à 2017, 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 2018 »)



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

Pour ce qui est des sites « sableux » touchés par des échouages d'ulves en 2018, 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 0,22 à 203,3 ha soit dans un rapport de 1 à 900, 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 2018 (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 sur le cumul du linéaire breton pour la moyenne 2002-2017), et pour certains sites dont le maximum est en août (Finistère nord notamment) voire en octobre certaines années. En 2018, année très tardive, le maximum annuel des sites de plus fort poids régional est en juillet (le maximum du cumul des sites sableux est en juillet) ce qui explique que le maximum sur 3 ou 7 inventaires est identique pour les sites représentant les surfaces les plus élevées. On perçoit bien, à travers ces représentations, les grandes disparités rencontrées 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 2018 sur les 3 inventaires « généraux » (« rideau » + échouage en « équivalent 100% » de couverture). 57 sites de type « plage » ont été classés pour des échouages d'ulves en 2018 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	19
de 1 à 10 hectares	31
de 10 à 50 hectares	4
de 50 à 200 hectares	2
plus de 200 hectares	1

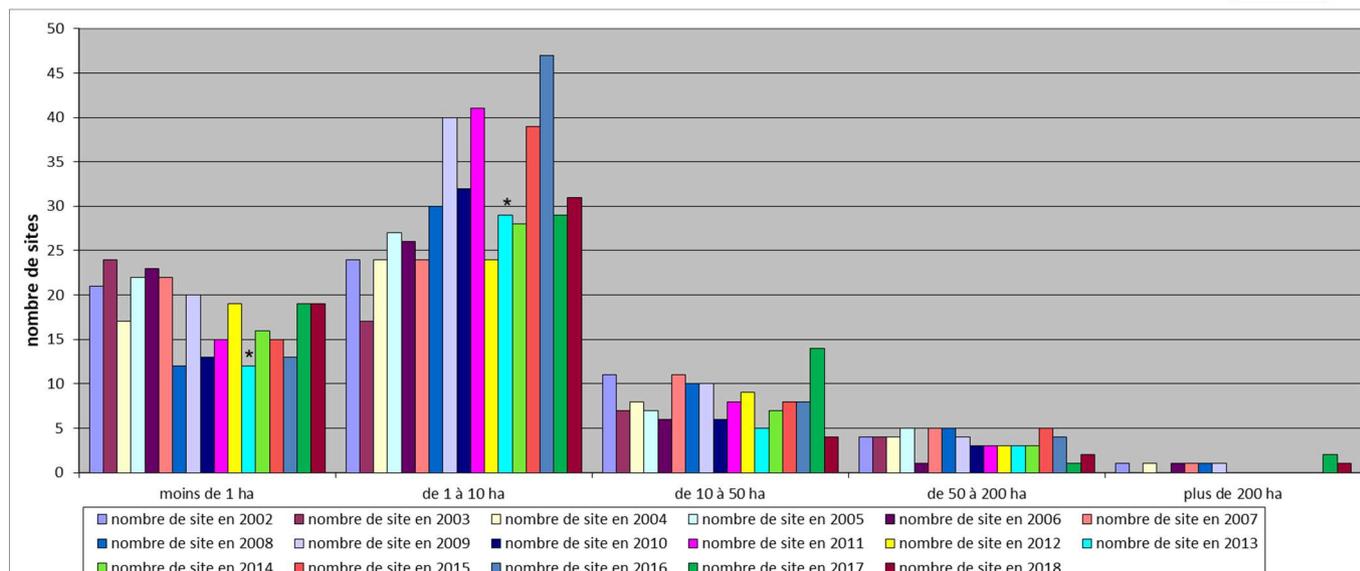


Figure 13 : Répartition par classe de taille (maximum annuel sur les trois inventaires « généraux ») des sites présentant des échouages d'ulves sur secteur de plage entre 2002 et 2018 ; le site de la Fresnaye, touché par des échouages d'*Ulvaria* (« ulvoïde ») de 2007 à 2009 puis de 2015 à 2018 a été 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 2018 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	1	10	8	19
de 1 à 10 ha	0	5	16	10	31
de 10 à 50 ha	0	1	3	0	4
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 des Tableau 4 et Tableau 5 permet de conclure pour la saison 2018 :

- La catégorie 1 et 10 ha regroupe plus de la moitié des sites (54%).
- Des sites classés comme touchés par des échouages d'ulves, de très petites tailles sont également bien représentés (33 % en dessous d'un ha).



- La catégorie « plus de 200 ha » ne **compte qu'1 site en 2018** (« Yffiniac » avec 203 ha alors que « Morieux » avec 199 ha est juste sous ce seuil) alors que les 2 sites de la baie de Saint Briec étaient dans cette catégorie en 2017 ce qui n'était pas arrivé depuis 2010.
- 2 sites se trouvent entre **50 et 200 ha** (« Morieux » et « Fresnaye ») alors qu'ils étaient au nombre de 3.6 en moyenne sur 2002-2017
- Enfin, la catégorie des sites « moyens », **entre 10 et 50 ha regroupe seulement 4 sites en 2018** (contre 8.4 en moyenne 2002-2017). Ce niveau peu élevé dans cette catégorie s'explique en partie par l'absence d'ulves pour les différents sites du fond de baie de Douarnenez qui le plus souvent sont dans cette catégorie et par des surfaces plus faibles qu'en moyenne sur certains sites fréquemment dans cette catégorie (par ex. « Locquirec », « Binic/Etables »...).
- 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 2018 le seuil de 50 ha. Le site de « Kerleven/Saint Laurent » est celui présentant le plus de surface maximale en 2018 (au même niveau que Guissény avec un peu plus de 18 ha) devant l'anse du Dossen (« Horn/Guillec » avec moins de 12 ha). Sur les 7 inventaires annuels, par contre, le site « du Dossen » est nettement devant les autres sites finistériens (près de 25 ha en août).
- 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 », « Fresnaye » et « Saint-Michel-en-Grève », sur les maximums pour les 3 ou 7 inventaires annuels. Viennent ensuite, pour le maximum couvert sur les 7 inventaires, 5 sites finistériens et 2 sites costarmoricaïns. 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 1500 ha ; presque autant pour l'estran de « Morieux »).
- En 2018, le département **du Morbihan** (seuls les sites sableux sont considérés ici) ne présente aucun site au-dessus de 10 ha en maximum annuel (maximum 3 ha pour le site de « Penvins ») et 10 sites sont dans la classe 1 à 10 ha (tous entre 1 et 3 ha). On trouve ensuite 8 sites de moins de 1 ha en maximum annuel.
- Le département **d'Ille et Vilaine** ne comprend encore en 2018 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 linéaire breton (mai, juillet et septembre). Cette donnée représente mieux la prolifération sur l'ensemble de la saison que la donnée précédente en maximum annuel. On y distingue les trois sites costarmoricaïns les plus touchés, « Yffiniac », « Morieux » (baie de Saint Briec) et « Fresnaye », puis dans une moindre mesure les sites de « Saint-Michel-en-Grève », « Guissény », « Horn/Guillec » et « Kerleven/Saint-Laurent ». Les sites morbihannais sableux (vasières non analysées ici) sont moins visibles du fait de leurs surfaces plus modestes (« Pointe du Bile », en premier lieu, puis « Kerpape »). 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 2018 (comme de 2015 à 2017) concerné par des surfaces relativement importantes (« baie de la Fresnaye » avec une prolifération d'Ulvaria et de Pylaiella sur une partie de la saison et plus modestement « Baie de Lancieux » pour des ulves en mai et du Pylaiella le reste de la saison). Alors que les cartes font apparaître **l'absence d'ulves sur la baie de**

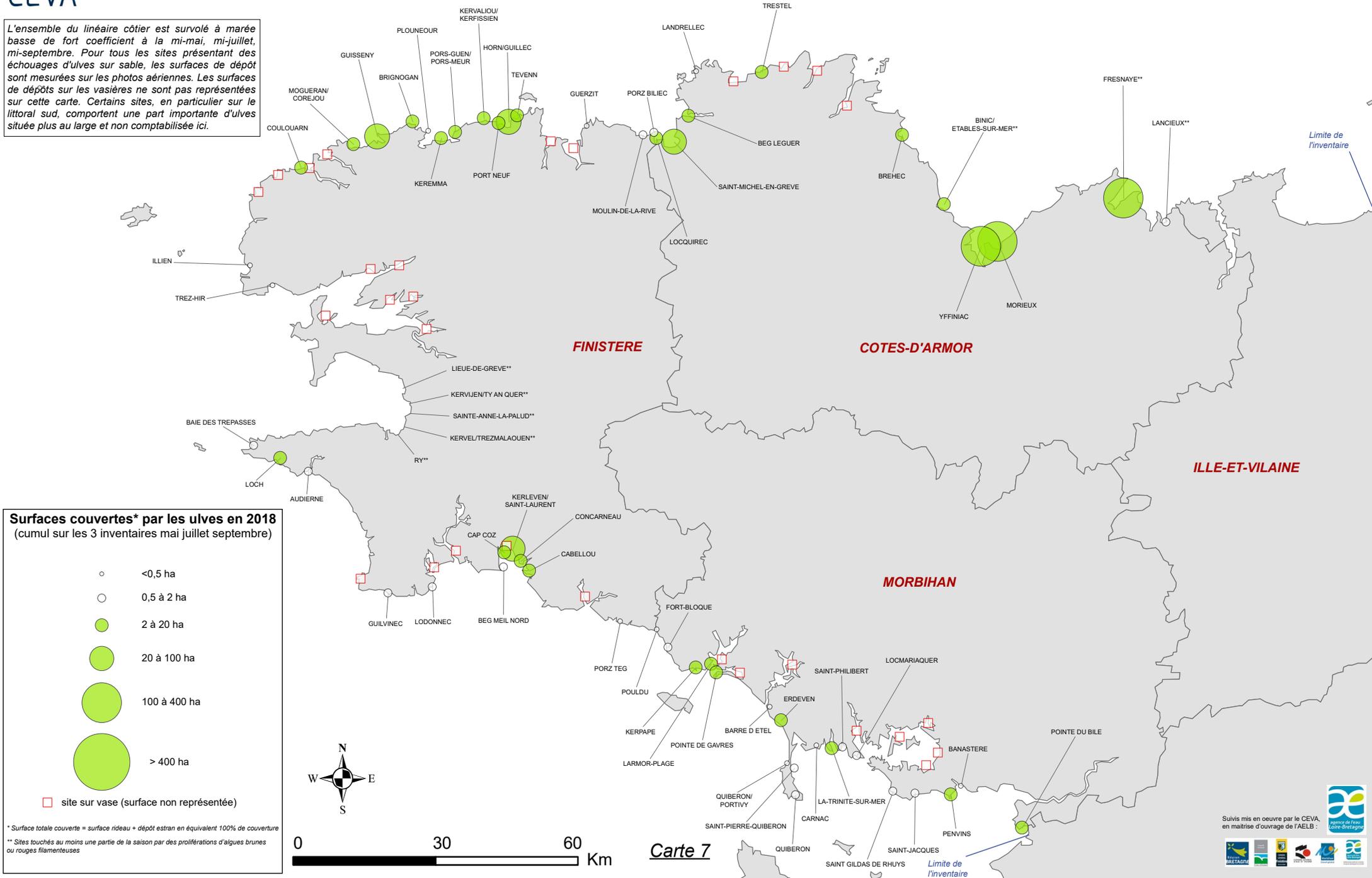


Douarnenez, contrairement à toutes les années antérieures (mais autres algues brunes et rouges filamenteuses présentes). Sur ces cartes, l'importance des dépôts d'ulves sur les sites sur vase n'est pas représentée, seule la position de ces sites est reportée. Ces cartes permettent de faire la synthèse 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'est des Côtes d'Armor (baie de la Fresnaye-Lancieux) puis la ME du Trégor (Léon-Trégor) et de l'Ouest des Côtes d'Armor (baie de Lannion). La ME « Baie de Douarnenez » (comme sur les deux cartes précédentes), ne comporte aucune surface en ulves. Cette ME ayant été concernée en 2018, et pour la première fois depuis le début des suivi, uniquement par des algues brunes et rouges filamenteuse (non comptabilisées en surfaces). A noter que certaines de ces ME sont concernées aussi par des proliférations d'ulves sur vasières qui ne sont pas comptabilisées ici.

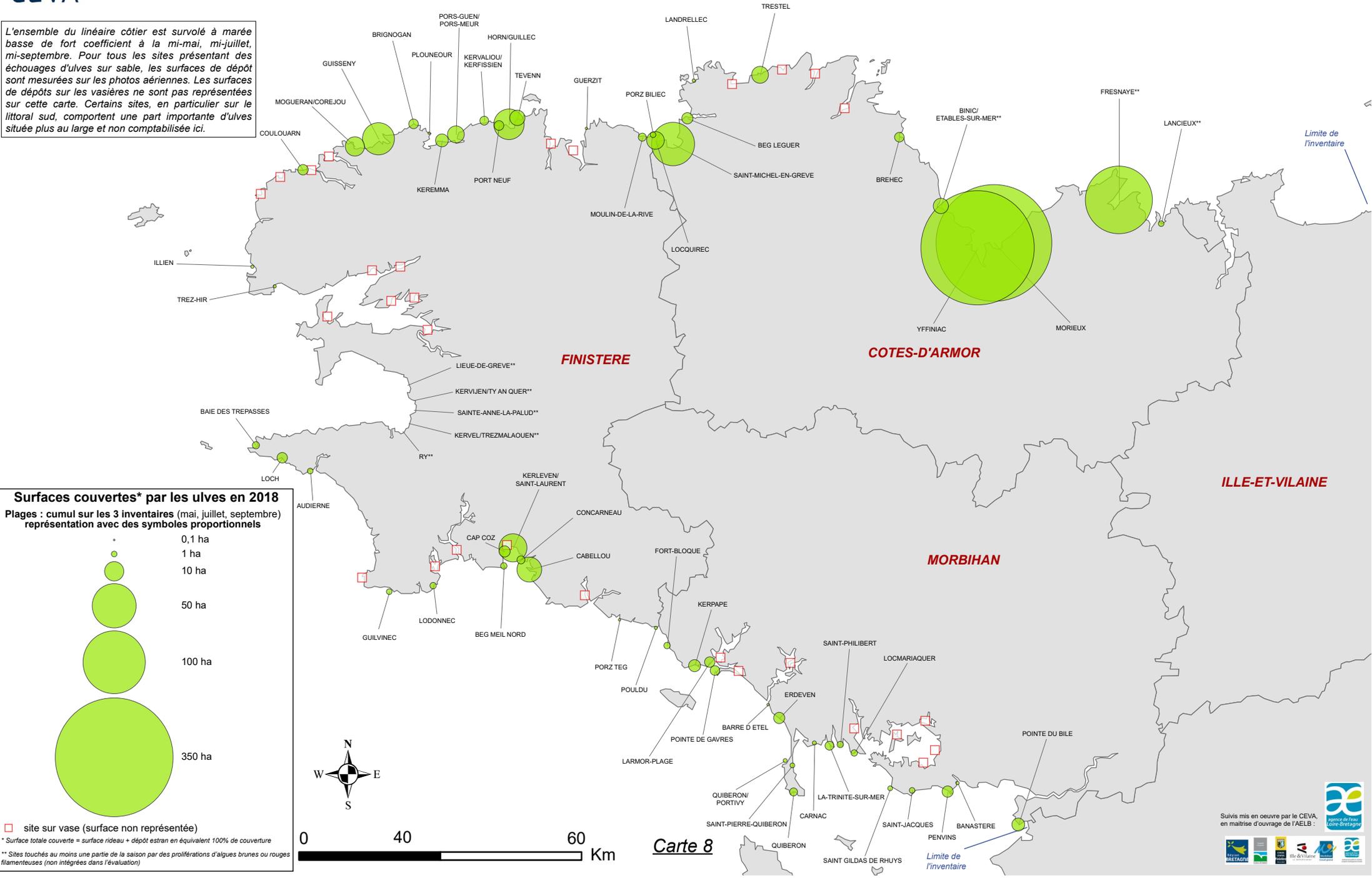
Surfaces couvertes par les ulves cumulées lors des 3 inventaires de surveillance de la saison 2018

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 2018

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.

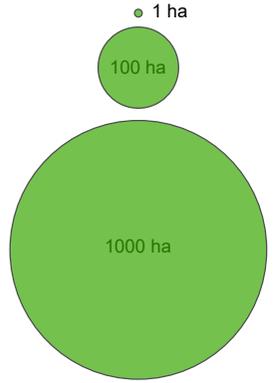


Surfaces couvertes par les ulves sur les plages Cumul par Masse d'Eau en 2018 (contrôle de surveillance DCE)

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.

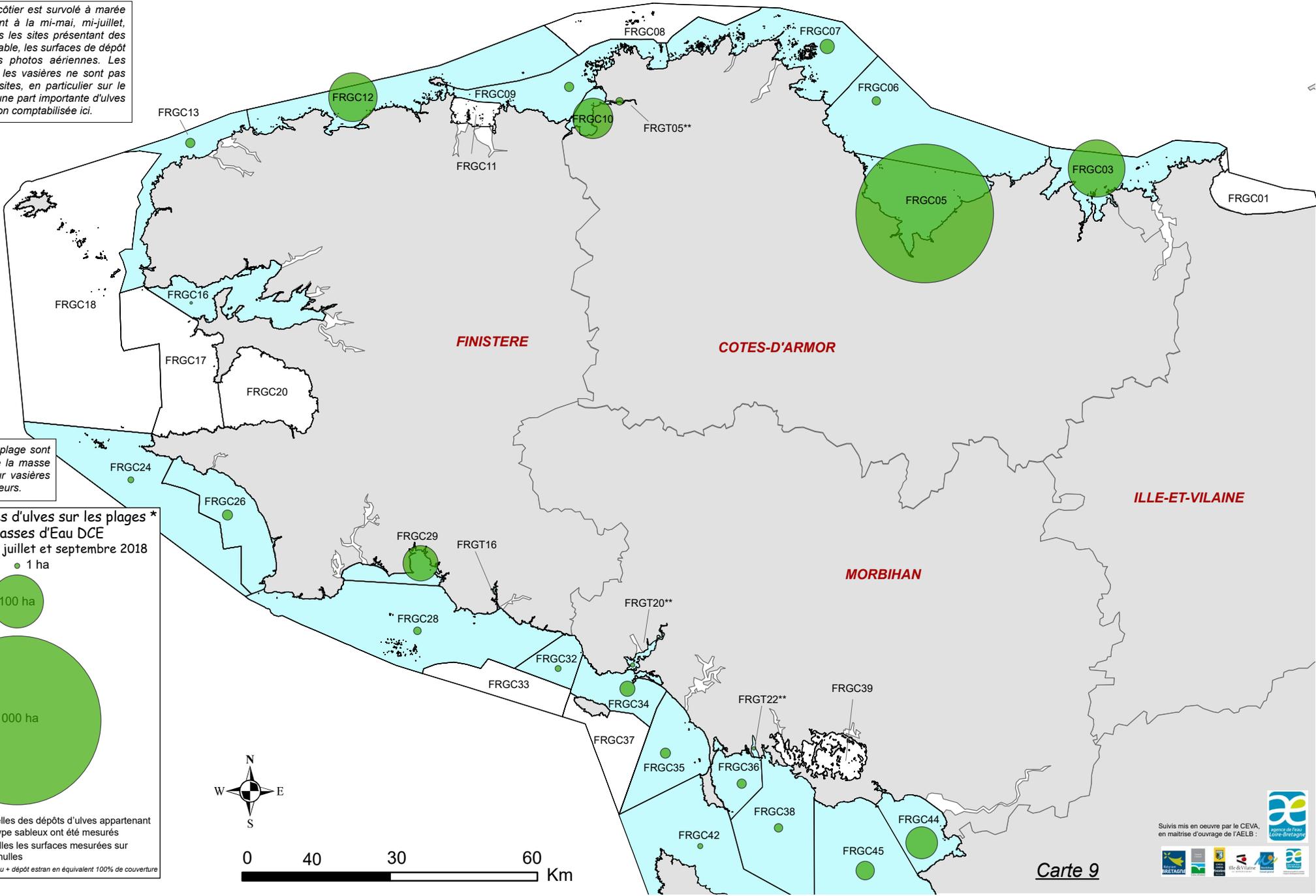
Seuls les échouages sur plage sont reportés ici à l'échelle de la masse d'eau. Les échouages sur vasières sont comptabilisés par ailleurs.

Cumul des surfaces d'ulves sur les plages *
sur les Masses d'Eau DCE
inventaires de mai, juillet et septembre 2018



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





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 2018 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 2018 par rapport aux années antérieures. On relève :

- En avril, la situation est exceptionnelle avec des ulves uniquement sur 2 sites de la « baie de la Forêt » alors que, sauf exception, les baies des Côtes d'Armor et la baie de Douarnenez présentent lors de cet inventaire des surfaces non nulles (voire importantes comme en 2017).
- En mai, le littoral sud Bretagne comporte plus de sites touchés (et par des surfaces relativement importantes) que le nord, ce qui est exceptionnel. La surface cumulée sur les sites du sud Bretagne est nettement supérieure à celle des sites du nord Bretagne. La prolifération apparaît donc particulièrement tardive, sur le nord Bretagne.
- En juin, les surfaces progressent fortement sur les sites de la baie de Saint Briec et de la Fresnaye et plus modestement sur le reste du littoral (absence d'ulves sur Saint Michel en Grève encore à cette date).
- En juillet, les surfaces continuent de progresser sur les sites du nord Bretagne, plus particulièrement sur les Côtes d'Armor. Cela est en partie dû au niveau exceptionnellement bas sur ces sites en juin.
- En Septembre les surfaces diminuent légèrement, sur la plupart des sites (et s'effondrent sur la « Fresnaye » et « Binic/Etables »).
- En Octobre les surfaces évoluent peu, plutôt à la baisse. Les plus sites présentant le plus de couverture sont sur les Côtes d'Armor (« baie de Saint Briec » et de « Saint Michel en Grève »).

➤ 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 2018 ; 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 cinq 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 2018, exception faite de la baie de la Forêt, très précoce, tous les sites ont été « tardifs ». Dans cette mesure, on peut



considérer que les sites de la baie de Saint-Brieuc et de la Fresnaye, ont été « relativement » précoces. Alors que sur la baie de Douarnenez, on note que ce retard dans le démarrage s'est transformé en absence de prolifération d'ulves sur 2018 (mais autres algues, rouge puis brunes présentes, en « remplacement »).

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 retard de la prolifération 2018, il est surtout à mettre en relation avec les caractéristiques hivernales (dispersion hivernale élevée, température de l'eau basse, peu d'ensoleillement), les surfaces d'octobre 2017 (stocks de reconduction) étant au niveau moyen des années 2002-2016.

▪ **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 2018, ces sites ont été particulièrement tardifs ce qui est probablement à mettre en relation avec les conditions de température de l'eau plus basse qu'en moyenne et à la faible luminosité des mois d'hiver et de début de printemps (a priori peu d'impact de la houle 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 tardif sur la baie de « Saint Brieuc ». 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 Brieuc). L'absence de prolifération d'ulves en baie de Douarnenez 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 étayaient également cette hypothèse.



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, aux vues 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 2018 entre avril et octobre

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

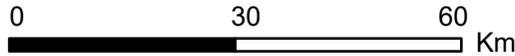
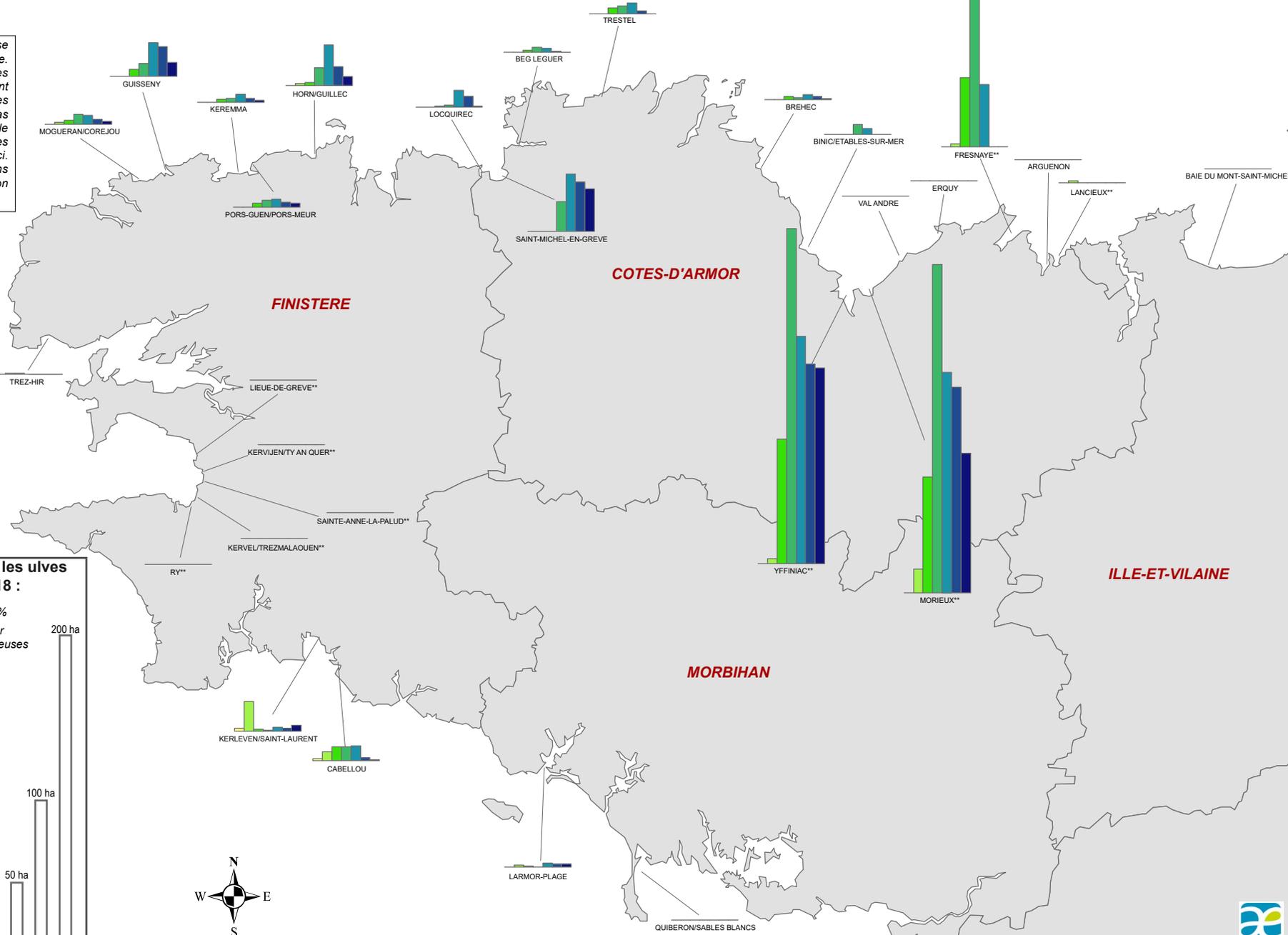
Surfaces* couvertes (en hectares) par les ulves pour les 7 inventaires de 2018 :

* 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

- Avril
- Mai
- Juin
- Juillet
- Août
- Septembre
- Octobre



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 2002-2018

De 2002 à 2006 dans le cadre de Prolittoral puis de 2007 à 2018, dans le cadre du Cimav (suivis complémentaires du CEVA) 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 2018, 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 est restée 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 toutes les années précédentes (+ 90 % en septembre et + 80 % en octobre par rapport à 2002-2006).
- un cumul de 15 % supérieur à la moyenne 2002-2006 mais 10 % inférieur à l'année 2004 (année du cumul maximal depuis 2002)



Pour l'année 2008 avaient été constatés :

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

Pour l'année 2009 avaient été mesurés :

- un démarrage **extrêmement précoce** avec 200 % de plus pour le mois d'avril qu'en moyenne 2002-2008 et 50 % pour le mois de mai,
- un niveau **maximal en juin** jamais atteint depuis le début de la série en 2002 (et de 50 % supérieur à la moyenne 2002-2008),
- un niveau en fin de saison plus modeste avec 50 % de moins que la moyenne pour septembre et 7 % de moins sur le mois d'octobre (conditions ayant précédé le survol de septembre particulièrement défavorables aux dépôts expliquant, en partie au moins, ce retrait en fin de saison),
- un niveau **cumulé de 20 % supérieur** à la moyenne 2002-2008 et en deuxième position derrière l'année record 2008 (presqu'identique à 2004 classé 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 % inférieures 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 Brieuc** 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 Brieuc (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 Brieuc 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 Brieuc (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 et septembre se traduisant par une surface en septembre très élevée (combinaison de la très forte augmentation de certains sites très tardifs en 2014 et de la croissance restée soutenue sur la baie de Saint Briec),
- 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 d'autres secteurs, comme la baie de Saint Briec, connaissent 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 (surface devenant significative en 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 les sites du 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 (par ex. baie de Guissény ou encore 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).



Evolutions surfaciques relevées en 2018 :

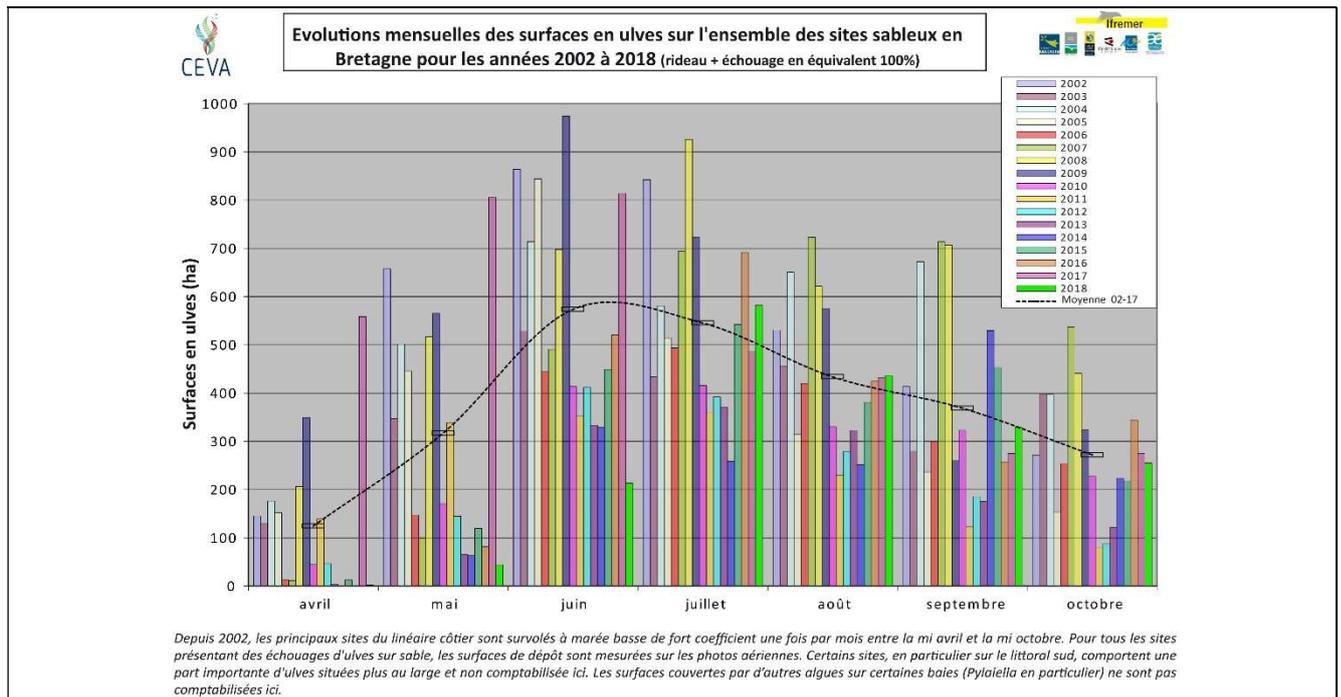


Figure 14 : évolutions mensuelles des surfaces en ulves sur l'ensemble des sites sableux en Bretagne faisant l'objet de suivis mensuels sur la période 2002-2018.

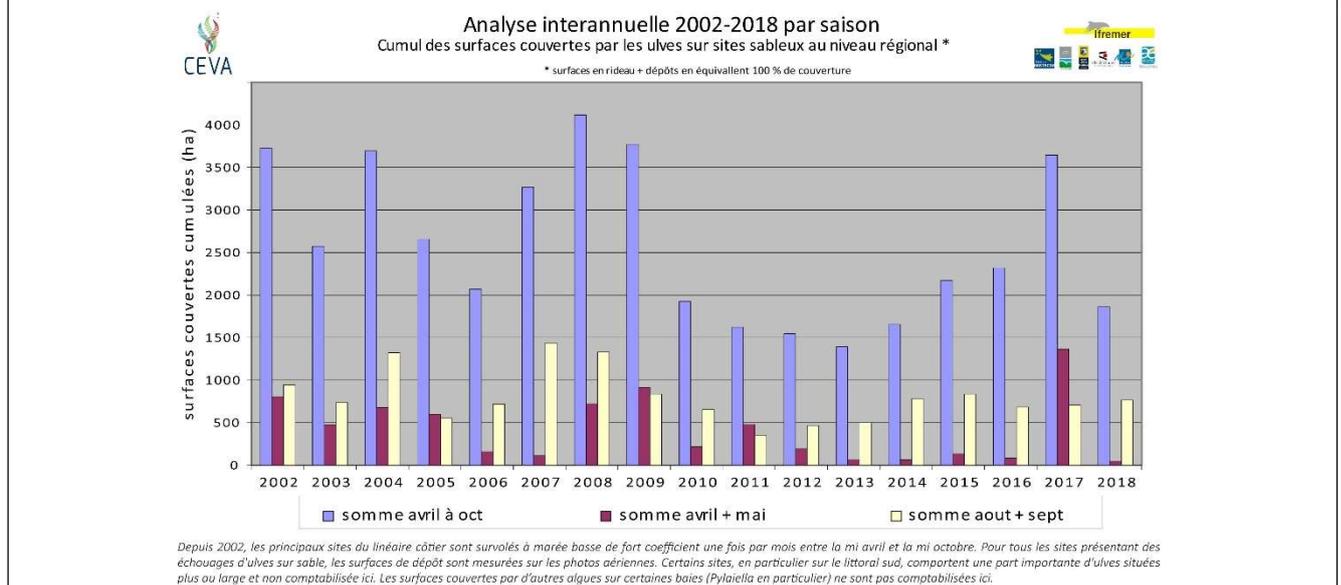


Figure 15 : évolutions annuelles et par saison des surfaces en ulves sur l'ensemble des sites sableux en Bretagne faisant l'objet de suivis mensuels sur la période 2002-2018

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

- **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).

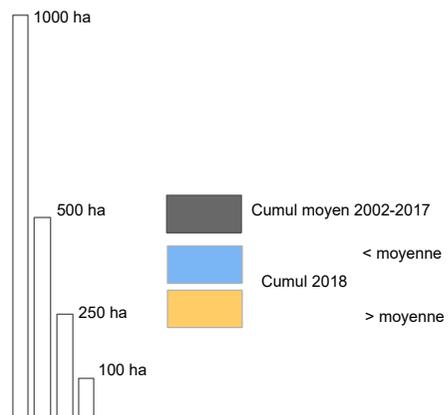
- Après ce démarrage très tardif, les **surfaces en juin progressent** fortement (facteur 5 entre mai et juin contre 1.8 en moyenne 2002-2017), ce qui est encore **le cas en juillet** (augmentation d'un facteur 2.7) alors qu'en moyenne pluriannuelle les surfaces diminuent très légèrement entre juin et 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 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).

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 2002-2017 et la **carte 10** permet de visualiser le détail des surfaces mensuelles sur ces mêmes sites pour l'année 2018.

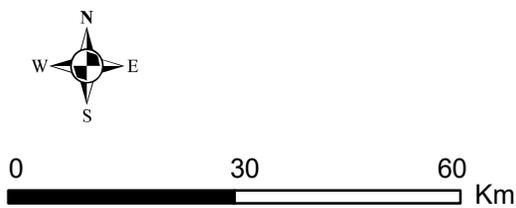
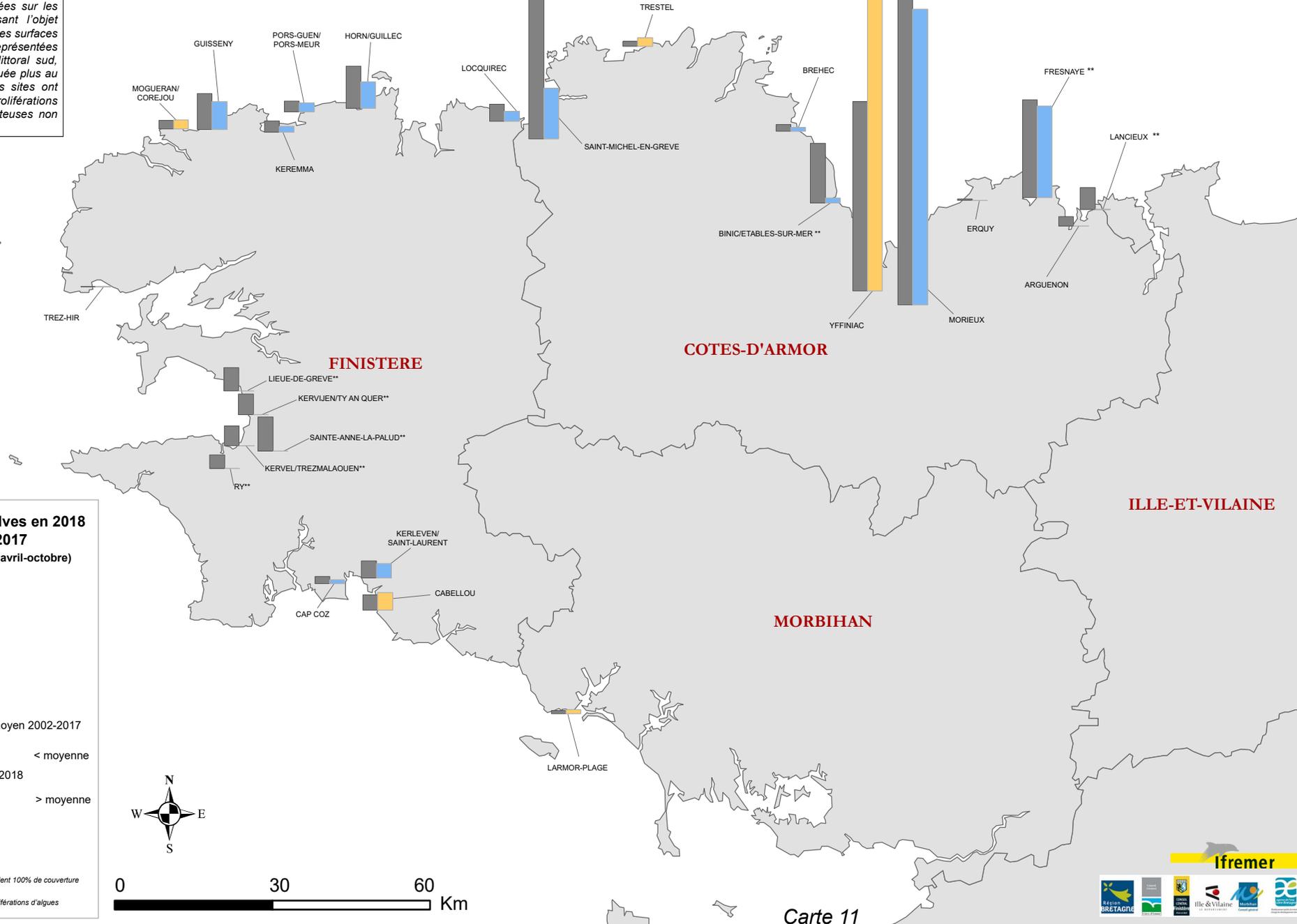
Surfaces couvertes par les ulves sur les principaux sites sableux cumul des 7 inventaires de la saison 2018 et moyenne 2002-2017

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 2018 notamment, des proliférations d'algues brunes, rouge ou vertes filamenteuses non comptabilisées.

Surfaces couvertes* par les ulves en 2018 et en moyenne 2002-2017
Plages : cumul sur les 7 inventaires (avril-octobre)



* Surface totale couverte = surface rideau + dépôt estran en équivalent 100% de couverture
** Sites touchés au moins une partie de la saison 2018 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 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 corréler le démarrage de la marée verte d'une année avec le niveau atteint en fin d'année précédente.

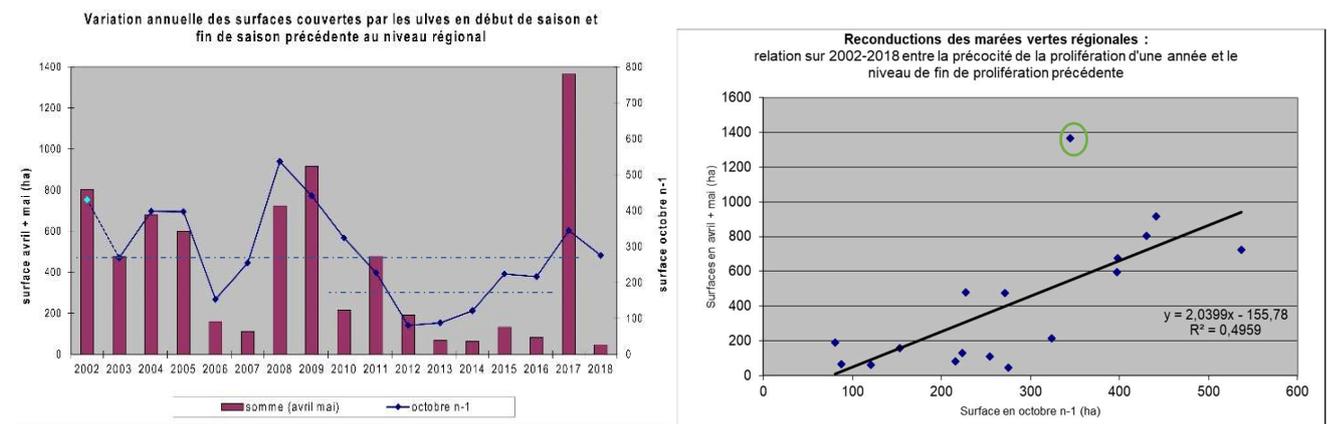


Figure 16 droite et gauche : Surfaces couvertes par les ulves en début de saison (avril+mai) et lien avec le niveau de couverture de la fin de l'année n-1. Les niveaux plus faibles qu'attendus en 2006, 2007, 2010, 2013, 2014, 2015, 2016 et 2018 s'expliquent par : pour 2006, 2010 et 2013 des températures de l'eau significativement plus froides en hiver que les normales et pour 2007, 2013, 2014, 2015, 2016 et 2018 par le côté particulièrement dispersif de l'hiver. Le niveau plus élevé en début 2011 et surtout 2017 (point encerclé) qu'attendu est lié aux caractéristiques de la fin de l'hiver / début de printemps (temps calme et lumineux).



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, très exceptionnelle (cf. plus bas, facteurs explicatifs) puis le retard, lui aussi très exceptionnel de la prolifération 2018 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,

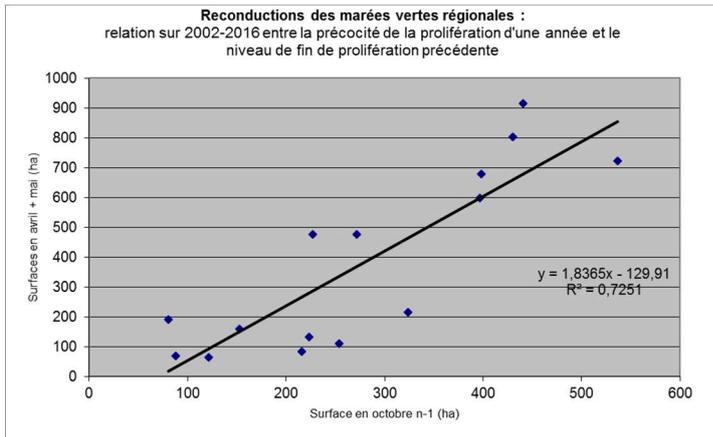


Figure 17 : relation entre les surfaces avril+mai d'une année n avec le niveau d'octobre n-1 sur la période 2002-2016

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.

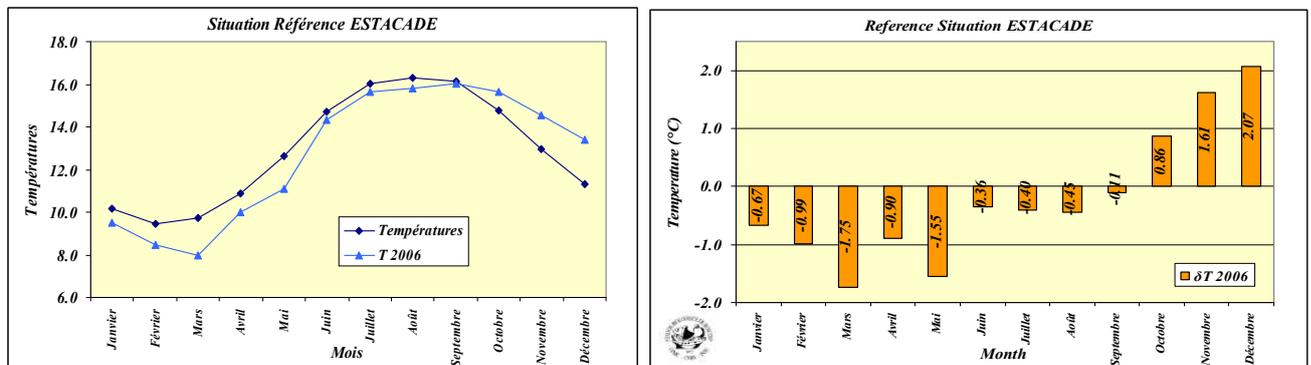


Figure 18 : données de température de l'eau en baie de Morlaix en 2006 par rapport à la moyenne 1985-2006 (données SOMLIT fournies par la Station Biologique de Roscoff)

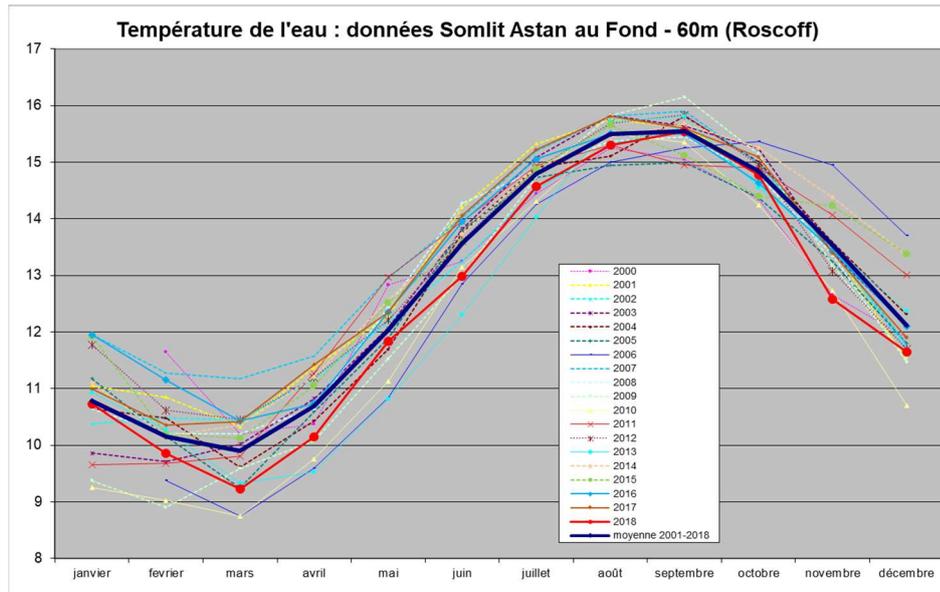


Figure 19 : données de température de l'eau en baie de Morlaix entre 2000 et décembre 2018 sur le point Astan au fond -60m (données SOMLIT fournies par la Station Biologique de Roscoff). On distingue l'année 2010 dont le profil est quasiment identique à l'année 2006 et l'année 2013 dont les températures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

L'hiver 2017-2018 (Figure 19) présente, à partir de février des températures de l'eau inférieures aux moyennes pluriannuelles (de 0.3 à 0.7 °C entre février et avril). Ces températures plus basses que la moyenne ne sont cependant pas aussi froides que les années 2010, 2013 et 2016. Ce paramètre était donc défavorable (ou au minimum « neutre ») à un démarrage précoce des proliférations sur 2018. On note que l'anomalie négative de température se poursuit sur le printemps et l'été (-0.3 °C sur mai à août).

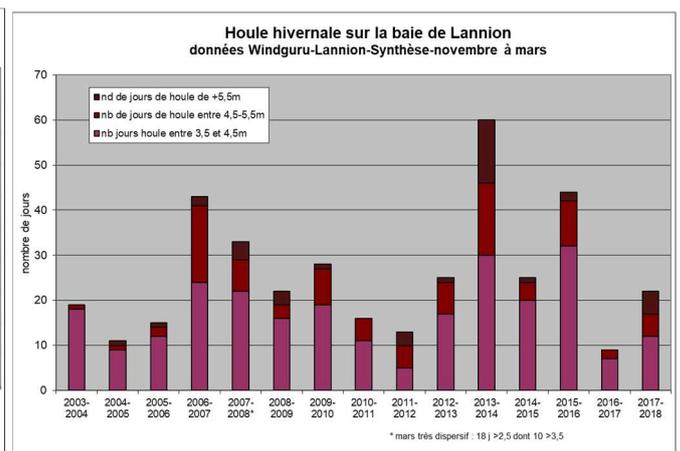
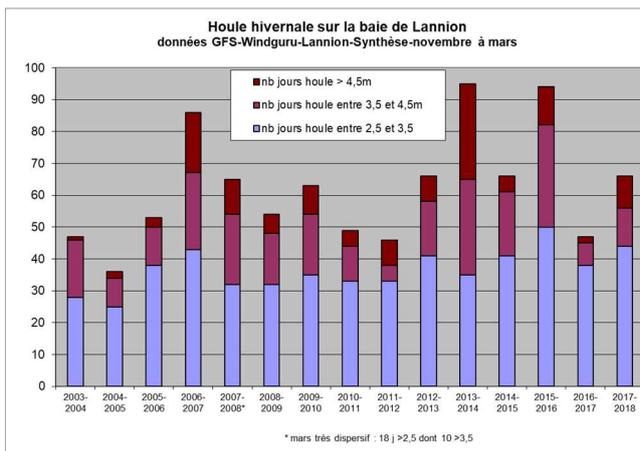


Figure 20 (a) et (b) : statistiques de houle du modèle GFS stockées sur le site Internet Windguru pour le site de Lannion (archivage de la dernière prévision tri-horaire) et compilation par catégorie de hauteur de vague pour la période de novembre à mars. (a), à gauche pour les houles de plus de 2.5 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 est le moins dispersif de la série alors que le suivant 2017-2018 est nettement dispersif.



L'hiver 2017-2018 peut être décrit comme nettement dispersif, en particulier du fait des tempêtes de mi-décembre, fin décembre/début janvier et mi-janvier. **Sur les épisodes les plus intenses** (houle de plus de 5.5 m) l'hiver 2017-2018 est le **deuxième hiver le plus dispersif** depuis 2003 derrière l'hiver 2013-2014 (5 jours contre 14 sur la période novembre à mars).

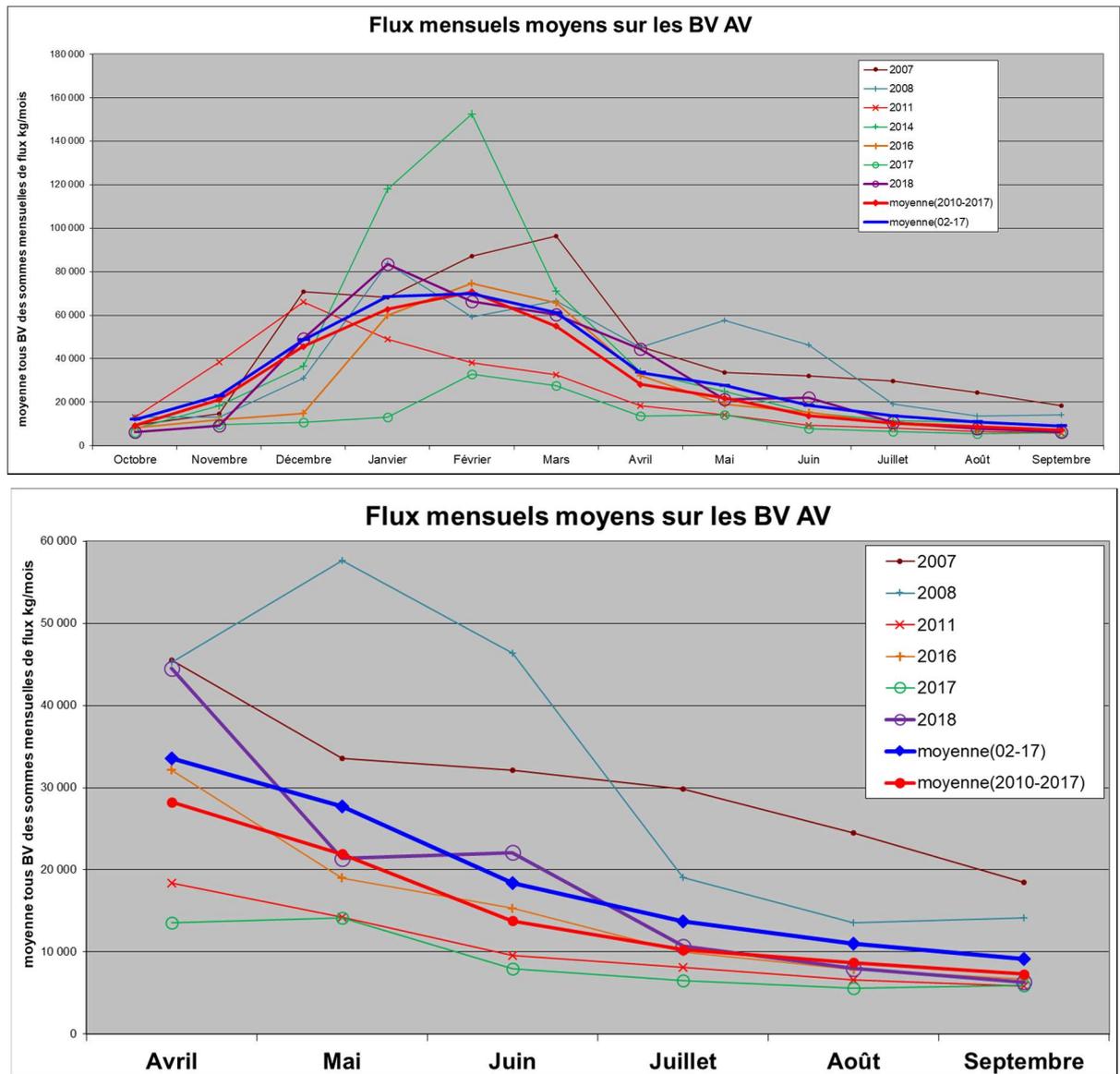
Pour ce qui est de la reconduction de la marée verte sur **l'hiver 2017-2018, les caractéristiques peuvent être résumées ainsi :**

- Les **quantités présentes en octobre 2017 étaient 20 % inférieures à octobre 2016 et au niveau de la moyenne 2002-2016**. Les surfaces étaient cependant 50 % supérieures à la moyenne des dernières années (2010-2016),
- La température de l'eau **était, pour février, mars et avril inférieures** à la moyenne pluriannuelle (respectivement -0.3, -0.7 et -0.6 °C au-dessous de la moyenne 2000-2017 : réseau SOMLIT à Astan – 60 m de fond),
- **L'hiver a été nettement dispersif** : en particulier du fait des tempêtes de mi-décembre, fin décembre/début janvier et mi-janvier, sur les épisodes les plus intenses, l'hiver **2017-2018 apparaît nettement dispersif** : 2^{ème} hiver comptant le plus de jours de plus de 5.5 m de houle (5 jours contre 14 en 2013-2014, année la plus dispersive) et + 16 % de jours de houle de plus de 4.5 m qu'en moyenne 2003-2016 ; et même + 42 % si on exclut l'hiver 2013-2014 atypique). Sur l'ensemble de la période novembre à mars, le nombre de jours de houle de plus de 2.5 m est 6 % supérieur à la moyenne, ce qui place l'hiver 2017-2018 au 4^{ème} rang sur les 15 années, derrière 2013-2014, 2015-2016 et 2006-2007 (et au même niveau que 2012-2013 et 2014-2015).
- En plus de ces éléments, il est à noter que les **paramètres d'ensoleillement ont été défavorables** sur les mois de décembre, janvier et mars. L'excédent d'ensoleillement de février est lié à la dernière semaine du mois (50 % des heures d'ensoleillement du mois : vent d'est soutenu et températures négatives probablement peu profitables aux ulves).

A noter, à l'opposé de la situation hivernale 2017-2018, que le démarrage de la prolifération 2019, est, suivant les mêmes critères, prévu précoce au moins sur la baie de Saint Brieuc (niveau des stocks en fin 2018 élevé sur cette baie et hiver relativement peu dispersif, eaux plutôt chaudes et fort ensoleillement ; cf. rapport Cimav P1 2018).

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 Brieuc, 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).



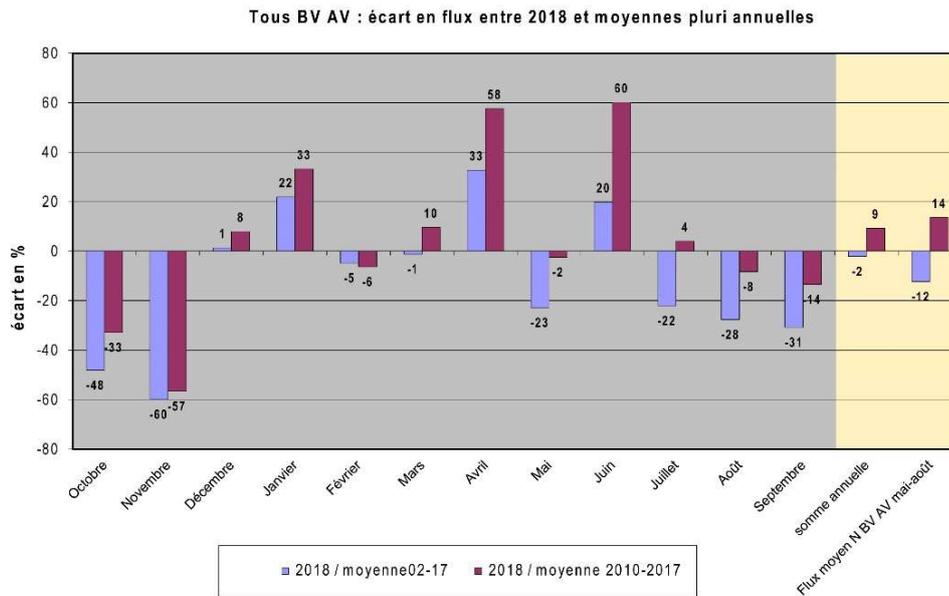


Figure 22 : Ecart de flux mensuel, annuel et saisonnier aux exutoires des BV AV par rapport aux années antérieures (moyenne des sommes mensuelles pour tous les BV). Sur l'ensemble de la période annuelle le flux est de 9 % supérieur à la moyenne 2010-2017 (excédents les plus forts en juin - 60% -, avril et janvier ; déficits important en octobre et novembre 2017) ; sur la période sensible « mai-août » le flux est de 14 % supérieur au flux moyen 2010-2017 (avril et juin fortement excédentaires, août et septembre déficitaires). Ces valeurs régionales sont cependant assez variables selon les territoires (cf. rapport CIMAV P1)

Les caractéristiques pluviométriques et d'éclairements fournis par Météo France (cf. rapport CIMAV P1) permettent de décrire un hiver 2017/2018 moyennement pluvieux (excédents pluviométriques sur décembre, janvier et mars ; déficits pour novembre et février) et peu lumineux (excepté février en lien avec 1 semaine de temps froid et ensoleillé). Les mois de mai et juillet ont ensuite été particulièrement lumineux et secs alors que le mois de juin apparaît moyennement lumineux et pluvieux sur l'ouest des Côtes d'Armor. Les mois d'août et septembre présentent un ensoleillement proche des normales et des déficits pluviométriques marqués (autour de -50 % excepté pour Dinard en août excédentaire de 15 %). En septembre (sur les Côtes d'Armor) et surtout octobre, l'ensoleillement est particulièrement important (excédent de 40 à 60 % favorable à cette période de l'année à un maintien des algues en arrière-saison).

Les flux annuels et saisonniers sont très 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) dont le poids en flux est important. **Les flux d'azote inorganique dissous ayant fortement diminué ces dernières années sur cette baie** (baisse sensible des concentrations de nitrates et traitement de l'azote sur la step de St 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.

Sur la période la plus sensible aux proliférations (mai-août pris comme indicateur) le flux 2018 est supérieur à la moyenne 2010-2017 (+14 %) mais inférieur si l'on considère la période 2002-2017 (-12 %). Le niveau « moyen régional » mai-août résulte de situations locales **très tranchées** : des flux qui sont sur le Frémur (baie de la Fresnaye) **fortement excédentaires** (33 % par rapport à 2002-2017 et 110 % par rapport à 2010-2017), **plus légèrement sur la baie de Saint Briec** (5 % sur l'ensemble de la baie par rapport à 2002-2010 mais 80 %



par rapport aux années plus récentes 2010-2017) mais **déficitaires ou proche de la moyenne sur les autres bassins versants** (jusqu'à - 50 % sur la baie de Douarnenez par rapport à 2002-2017). Ces différences de comportement en flux sont en premier lieu à **mettre en relation avec les différences de pluviosité** sur les différents secteurs avec notamment des **pluies d'orages, en fin mai et début juin**, qui ont été intenses sur l'est des Côtes d'Armor. Ce qui n'a pas été le cas sur l'ouest Bretagne. On enregistrait en particulier sur la station Météo France de Saint Briec 90 mm de pluie entre le **27 mai et le 11 juin soit le double de la pluviosité « normale » mensuelle qui est tombé en moins de 15 jours**. 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). Et enfin, l'évolution des teneurs moyennes en nutriments ces dernières années jouent également sur les séries de référence de flux (en particulier sur 2002-2017).

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).

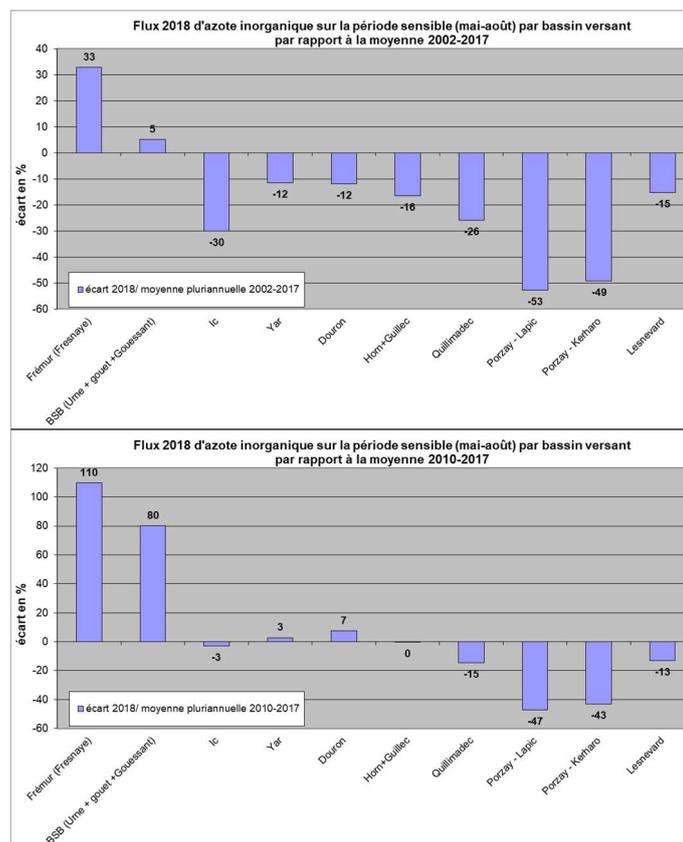


Figure 23 : écarts par BV entre flux d'azote inorganique dissous sur mai-août 2018 et le flux pluriannuel 2002-2017 (à gauche) et 2010-2017 (à droite). La pluviosité différente et le contexte géologique local expliquent en majeure partie des différences de comportement (+ impact du traitement de l'azote inorganique sur la Step de Saint Briec depuis 2006).

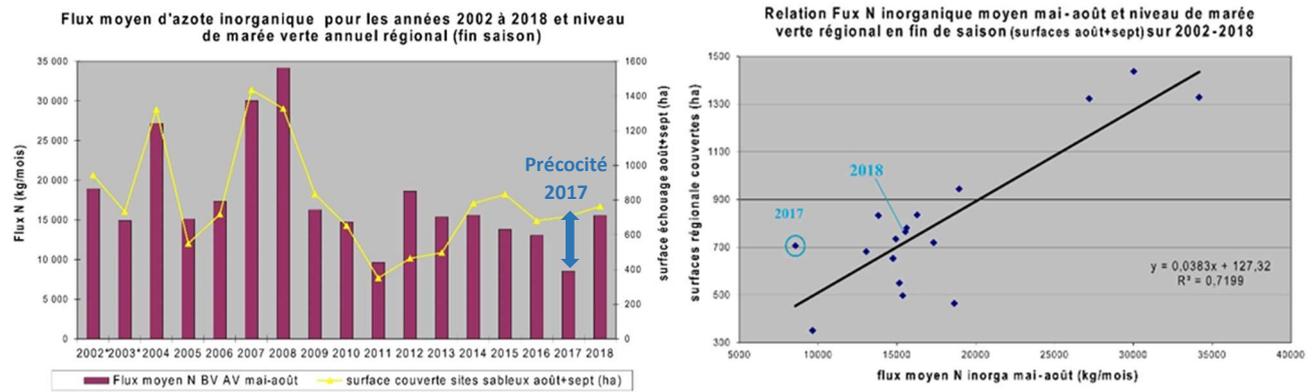


Figure 24 (a) et (b) : Flux d'azote sur la période sensible (moyenne des flux de mai à août sur les BV AV) et niveau de marée verte atteinte en fin de saison (surface en août+septembre sur les plages bretonnes). Les surfaces couvertes par des algues brunes (ou rouges) filamenteuses notamment en 2011, 2012, 2013, 2015 et 2017 en baie de Saint Briec, en 2016, 2017 et 2018 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 2018 pour chaque site aux années antérieures. La carte 11 permet de comparer l'année 2018 à la moyenne pluriannuelle 2002-2017. Sur ces cartes apparaissent nettement des **réactions différentes de certains sites** :

- pour la plupart, les sites ont connu une prolifération cumulée sur l'année inférieure à très inférieure à la situation moyenne 2002-2007. C'est en particulier le cas de la baie de Douarnenez (pas d'échouage d'ulves, pour la première fois depuis le début des suivis), des baies de Lancieux et Arguenon à l'est des Côtes d'Armor, de la baie de Saint Michel en Grève et des baies du nord Finistère.
- quelques sites cependant présentent des proliférations légèrement supérieures au niveau moyen pluriannuel (« Moguéran/Coréjou », « Cabellou », « Larmor-Plage », « Trez-Hir ») et deux sites des niveaux fortement supérieur à la moyenne : « Trestel » avec 80 % de plus qu'en moyenne (mais niveau absolu bas) et surtout « Yffiniac » qui présentait des échouages 65 % supérieur au niveau moyen 2002-2017. La carte 12 montre pour l'anse d'« Yffiniac » que si le cumul 2018 est inférieur au niveau « record » de 2017 (-30 %), l'année 2018 constitue la deuxième valeur après 2017 sur la série 2002-2018. La somme des deux « anses » de la baie de Saint Briec (« Morieux » et « Yffiniac ») est également à un niveau supérieur à la moyenne pluriannuelle mais relativement proche de la situation moyenne (+ 8 %). La situation sur la baie d'« Yffiniac » pourrait donc en partie être liée à des conditions de vent sur 2018 qui auraient favorisé les échouages sur cette anse. Les contextes hydrologiques différents des deux bassins versants d'alimentation de la baie peuvent aussi expliquer ces réactions différentes (Gouet granitique avec des soutiens d'étiages « naturels » plus forts, renforcés par des soutiens d'étiages liés au barrage de Ploufragan).

Pour expliquer les différences de réaction des différents secteurs côtiers, il convient d'analyser les flux qui arrivent sur la période sensible (cf. rapport P1 pour le détail par mois des flux des différents cours d'eau) de ces secteurs mais également les caractéristiques intrinsèques de ces baies : plus ou moins bonne conservation des algues en hiver et plus ou moins forte saturation par les flux (liée à l'importance des flux mais aussi au confinement plus ou moins important des baies). Ainsi, les secteurs très fortement saturés par l'azote (ex.



Horn/Guillec, cf. analyse des quotas azotés) ne sont pas affectés par une diminution légère des flux une année, voire même verront une prolifération plus importante du fait de conditions climatiques plus favorables quand de telles années de flux plus bas se produisent (moins de précipitation allant a priori de pair avec un temps plus calme donc moins dispersif et plus ensoleillé, conditions favorables à la croissance des algues).

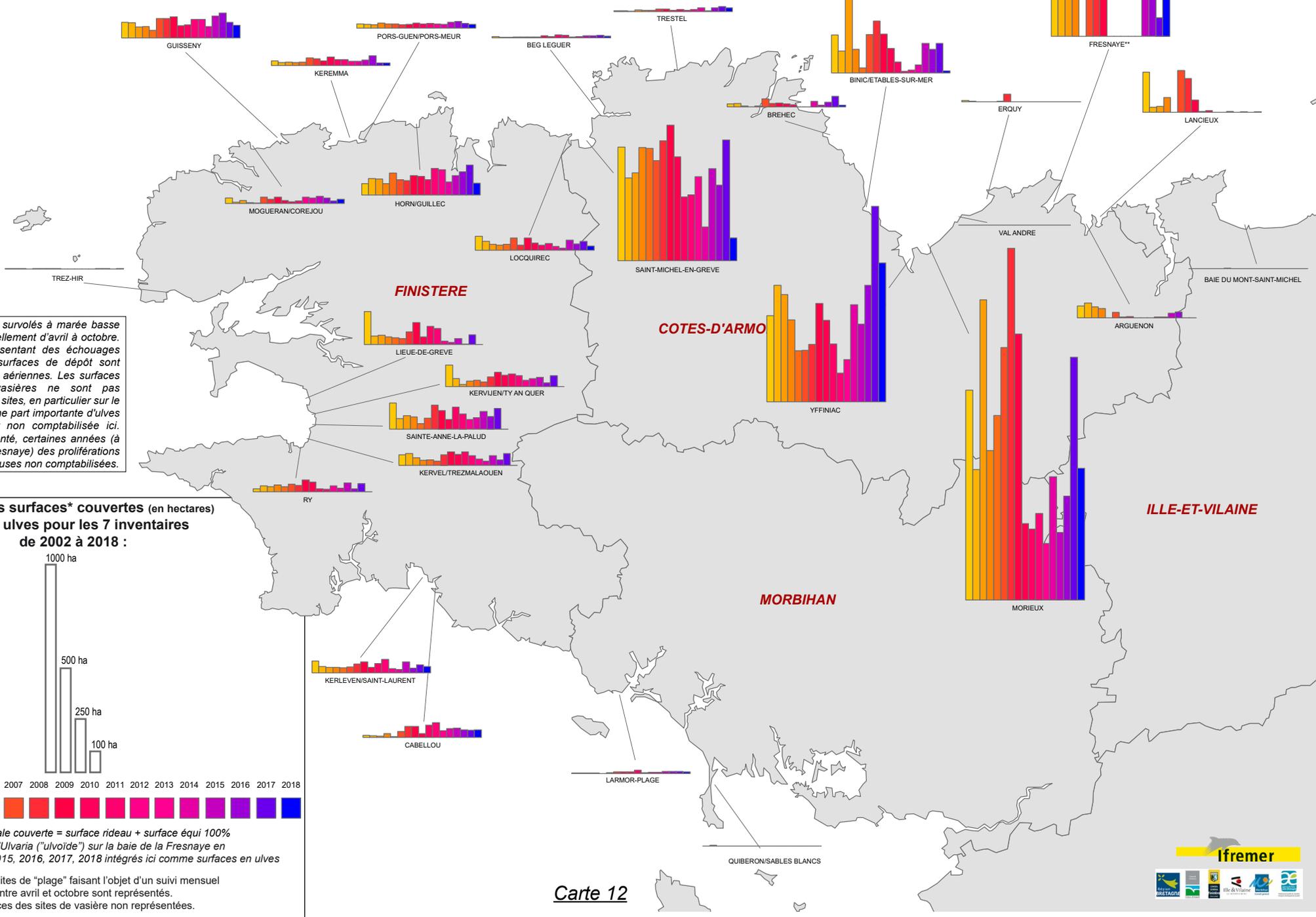
Le cas de la prolifération 2014 très exceptionnelle (pas ou peu d'ulves sur une partie de la saison suite à un hiver particulièrement dispersif) avait permis de mettre en évidence, encore plus fortement, le caractère pluri annuel des proliférations d'ulves. Sauf « accident climatique » comme en 2014,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

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

En 2018, la situation est tout autre puisque tous les sites (exceptée la baie de la Forêt) ont été très tardifs en relation avec des conditions hivernales peu favorables aux reports des stocks. L'élément **déterminant pour appréhender les proliférations de l'année est alors le flux d'azote apporté** par chaque bassin versant. A cet égard, les flux élevés en juin (flux sur mai-août présenté en Figure 23) sur les bassins versants de la baie de Saint Brieuc et de la Fresnaye (pluviosité de juin très excédentaire) expliquent bien la forte croissance de la biomasse de leurs baies en juin puis juillet. Au contraire, les sites plus à l'ouest ont connu des flux plus faibles voire inférieurs aux moyennes pluriannuelles ce qui explique, associé à la faiblesse de report des stocks, en bonne partie les proliférations d'ulves atténuées voire nulles (baie de Douarnenez sans ulves mais concernée par d'autres algues que les ulves).

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 2018 (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 2018 :

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

- **Une prolifération particulièrement tardive. 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 Fresnaye. On peut donc noter que le retard relevé sur les sites bretons a été en partie comblé par la très forte croissance sur ces deux secteurs.
- 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).
- La prolifération « régionale » 2018 résulte en réalité de **situations locales très contrastées**. Le retard dans l'installation est généralisé (exception faite du site particulier de la baie de la Forêt) mais **particulièrement important sur certains secteurs** (Baie de Douarnenez, de Saint Michel en Grève) et **plus relatif sur la baie de Saint Briec** (vaste secteur, moins facilement destockable). Après ce démarrage tardif, tous les sites n'ont **pas connu les mêmes conditions nutritionnelles**. Les flux très bas sur l'ouest Bretagne (notamment la baie de Douarnenez) ont été élevés sur le centre et l'est des Côtes d'Armor du fait de précipitations orageuses soutenues en juin. La **croissance des ulves a été forte sur ces secteurs de flux élevé et limitée ailleurs**, allant même jusqu'à l'absence de prolifération d'ulves en baie de Douarnenez (première fois depuis le début des suivis en 2002). Sur cette baie on notait cependant la présence parfois massive d'autres algues filamenteuses (algues rouges, brunes et vertes).
- après l'année 2017 particulièrement précoce, **l'année 2018, la plus tardive de la série permet de conforter l'interprétation du rôle joué par la reconduction hivernale** des stocks d'ulves. Les différents sites ont ainsi montré qu'en cas de faible report, les proliférations sont plus fortement conditionnées par l'importance des flux printaniers. Les secteurs sur lesquels ces flux ont été élevés (en particulier la baie de Saint Briec) ont vu un rattrapage des biomasses d'ulves en baie dès la fin du mois de juin (surfaces en juillet 2018 supérieures au niveau moyen pluriannuel). Alors que sur les secteurs ayant présenté des flux faibles la croissance des ulves n'a pas permis de compenser le retard dans l'installation des proliférations (particulièrement en baie de Douarnenez qui n'a pas connu de prolifération d'ulves dans un contexte de flux très faibles en été).



- La prolifération relativement intense en juillet au niveau « régionale » l'est en fait en très grande partie du fait du cas particulier de la baie de Saint Brieuc qui représentait à cette date 70 % de la surfaces régionale (contre 49 en moyenne pluriannuelle) et éclipse en partie le niveau bas de la prolifération sur les autres sites.
- Les suivis des surfaces d'algues vertes sur vasières sont conduits en dehors du présent programme (cf. rapport RCS LB 2018). 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 2018 montrent, sur cet échantillon de 10 ME, des surfaces fortement supérieures au niveau de 2017 (+ 48 %) et à la moyenne pluriannuelle (+ 56 % par rapport à 2008-2017). L'année 2018, sur les vasières, apparaît comme l'année de plus forte couverture de la chronique 2002-2018 (devant 2008 avec 18 % de surface en plus sur les 10 mêmes ME). Le niveau élevé de l'année 2018 est en grande partie lié à des couvertures nettement plus importantes que les années antérieures sur le Golfe du Morbihan (FRGC39). Cela semble donc montrer que la réaction des sites de vasières n'est pas identique à celle des sites de plage. Cela est probablement lié au fait que la mesure de surface ne concerne que la maximum annuel de surface, ce qui permet probablement de « gommer » l'effet de la précocité. De plus, la reconduction, sur ces milieux plus abrités que les secteurs de plage pourrait être moins contrariée par les caractéristiques hivernales. En outre il est possible que le sédiment des vasières constitue un facteur d'inertie supplémentaire par la fourniture en arrière-saison de nutriments azoté et / ou phosphorés.



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. Éléments d'interprétation des profils saisonniers

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

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

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

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

Le degré d'eutrophisation d'un site (ainsi matérialisé par un profil saisonnier de quotas azotés de ses ulves) pourra donc être caractérisé par l'importance de ces retards saisonniers et affaiblissements estivaux de l'effet limitant naturel de l'azote sur la croissance des algues (évolution des quotas de Q0 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. Comme les années précédentes, 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 être intervenu 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 consommer 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 biodisponible 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 2018 :

L'année 2018 a été contrastée en termes de flux, sur la période sensible avril-septembre. **Au niveau régional** (moyenne des flux aux exutoires suivis) les mois **d'avril et juin sont très excédentaires** (autour de + 60 % par rapport à 2010-2017) alors que les autres mois sont proches des moyennes voire inférieurs. Ensuite **les contrastes entre territoires sont particulièrement marqués** en 2018. En effet les bassins versants alimentant les baies de **Saint-Brieuc et le la Fresnaye ont connu des flux significativement supérieurs aux moyennes** pluriannuelles sur la période mai-août (respectivement + 80 % et + 110 % de flux par rapport à 2010-2017), alors que sur les autres bassins versants les flux sont proches des valeurs moyennes (Ic, Yar, Douron, Horn/Guillec, Guissény et Lesnevard) et **même très nettement inférieurs** pour les sites les plus à l'ouest (autour de - 50 % pour le Lapic et Kerharo alimentant le centre de la baie de Douarnenez). **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 très inégales en 2018, tout particulièrement en ce qui concerne la fin du mois de mai et le début de mois de juin** (orages qui ont entraînés des pluies importantes sur le centre et l'est des Côtes d'Armor : 90 mm de pluie sur 15 jours contre une normale de 45 mm). 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).

La situation détaillée, mois par mois, par cours d'eau est présentée en annexe 8.

Concernant les **conditions climatiques** (annexe 7), le rayonnement global enregistré à Saint Cast (indicateur du niveau « moyen régional ») est conforme à la normale sur l'année (1160 J/cm² contre 1170 sur 2002-2017) comme sur avril-septembre (1815 contre 1793 sur 2002-2017). Cette situation moyenne est le fait d'un mois d'avril présentant un rayonnement très faible (environ - 40 %), mai très lumineux (+ 35 %), juin également très lumineux à partir du 15 (mais très peu lumineux du 4 au 14) puis juillet très lumineux (+ 30 % sur 15 juin 22 juillet) et enfin une fin de saison peu lumineuse (-11 % sur la période du 22 juillet au 30 septembre). Les données en nombre d'heures d'ensoleillement proposées par Météo France (Figure 25) permettent de retrouver les tendances proposées ci-dessus mais avec quelques nuances (par ex. situation d'avril, mais aussi modulations en fonction des stations météo) ; Toutes les stations présentent cependant de forts excédents d'ensoleillement en mai et juillet (30-45 % pour mai et 40 - 60 % pour juillet).

Pour ce qui est du vent (détail annexe 7), les enregistrements des moyennes hebdomadaires des vitesses maximales journalières (issues de moyennes sur 10 minutes) montrent dans l'ensemble une saison avril-septembre peu dispersive. On note en fin avril et surtout fin septembre des épisodes plus dispersifs qu'en moyenne pluriannuelle. La semaine du 10 août montre aussi un léger épisode de vent supérieur aux moyennes (du à 2 jours de vents relativement soutenus).

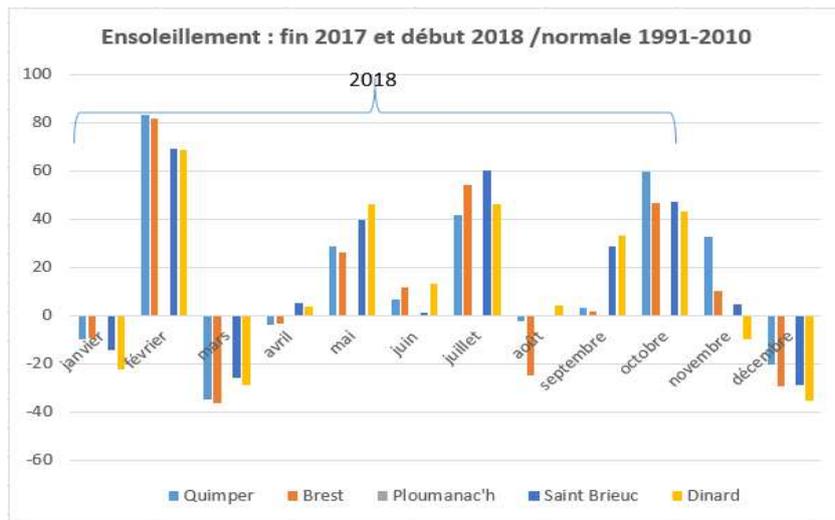


Figure 25 : ensoleillement sur les stations Météo France suivi sur la fin 2017 (novembre-décembre) et le début 2018 (janvier-octobre)

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 26), aucune des 10 campagnes de terrain n'a permis de réaliser un dosage. La plupart des missions ont mis en évidence la présence de tapis d'algues vertes filamenteuses. Mais la présence d'ulve était chaque fois trop faible pour effectuer des prélèvements et dosage. En 2017, la situation était assez similaire et un seul dosage avait été réalisé. 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 37) dans l'Aber Wrac'h, en 2017, l'azote et le phosphore se trouvaient en situation de co-limitation sur une partie importante de la saison. En 2018, on note une situation approchante mais avec un niveau relatif plus élevé en azote qu'en phosphore. Ces courbes indiquent une limitation a priori



plus sévère par le phosphore que par l'azote. On note en fin juin une remontée des quotas azotés qui pourraient être liée à des conditions de plus faibles ensoleillement sur une période de flux probablement plus important (remontée importante des débits sur la première quinzaine de juin).

Sur la **vasière du Quélisoy** (Figure 43), en rade de Lorient, les teneurs en azote sont restées élevées toute la saison, nettement au-dessus du seuil de limitation (minimum à 2.5 % en fin juin et mi-août). Les teneurs en phosphores sont également relativement élevées, excepté en fin mai-début juin où elles sont sous le seuil de limitation. Cela est probablement à relier à une période de très forte croissance (ensoleillement fort) 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).

La vasière d'**Arcal** a été dans l'ensemble peu chargée d'ulves en 2018 alors que celle de « **Séné** » l'a été davantage. L'absence d'ulves en début de saison explique le démarrage plus tardif des courbes de quotas sur Arcal. Les teneurs sur Arcal (Figure 44) sont limitantes en azote à la fin juin puis remontent en août pour redescendre à partir de la mi-août. En fin août les prélèvements n'ont pas été possibles du fait de la faible abondance d'algues, en petit morceaux. Les teneurs en phosphore sont faibles en début de saison (lien température/relargage) puis montrent des évolutions parallèles aux teneurs en azote mais à un niveau « relativement » plus élevé. Ce paramètre n'apparaît donc pas en position de limitation.

Sur la vasière de **Séné** (Figure 45), les ulves n'ont, à aucun moment de la saison, été limitées par l'azote ou le phosphore. On note toutefois des niveaux sur juin et juillet assez proches des limitations par l'azote (minimum à 2.23 % N/MS) ce qui peut être mis en lien avec des conditions d'éclairement et donc de croissance très favorables à cette saison dans un contexte nutritionnel a priori plus faible. En août, les teneurs remontent nettement ce qui ne semble pas lié à l'augmentation des flux terrigènes (débits des bassins versants bas, en se basant sur le débit du Loc'h) sauf si origine ponctuelle (Step ?). Cette remontée pourrait aussi être liée à l'élévation du niveau de biomasse générant de l'auto-ombrage (donc moins de croissance, moins de besoins externes) ou à un éclairage moins soutenu en cette période. De plus, les teneurs en azote dans les ulves sur la saison 2018 sont à un niveau plus bas que l'année précédente (excepté pour la fin août 2017 où elles étaient plus basses). Pour ce qui est des teneurs en phosphore dans les ulves, elles sont restées élevées et atteignent leur maximum en juin (0.26 %, soit le double des teneurs du seuil critique). Ces valeurs élevées en périodes favorables à la croissance et sur des saisons de flux a priori faibles semble indiquer une origine sédimentaire de cet élément. Sur cette vasière, les deux éléments N et P apparaissent donc comme saturant la croissance algale sur la saison de prolifération.

➤ 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.

Sur la baie de la Fresnaye, la saison 2018 a été marquée par une prolifération d'algues vertes (*Ulvaria obscura*) tardive devenant moyenne en juin et importante en juillet puis en net repli sur le reste de la saison. Le profil est assez semblable à ce qui était noté les 3 années précédentes avec présence d'*Ulvaria* en mélange avec des algues rouges (*Polysiphonia*) et brunes (*Ectocarpales*) qui sont quasiment seules en fin de prolifération. Le maximum d'algues vertes mesuré est tardif, en juillet. Pour l'*Ulvaria*, les teneurs en azote (Figure 27) sont élevées en début de saison (plus de 2.5 % N / MS jusqu'à la mi-juin) ce qui s'explique par des flux très supérieurs aux valeurs moyennes sur cette baie en début-juin jusqu'à mi-juin (4 fois supérieurs à la moyenne de juin sur



les 15 premiers jours). A partir de la fin juin et jusqu'au début août l'azote est légèrement inférieur au seuil critique (établi pour les ulves et appliqué ici aux ulvales). On note la rapide diminution de cette algue dans la baie sur la même période. La forte croissance des ulves sur le mois de juin puis son déclin en août semblent bien reliés aux apports par les cours d'eau, comme déjà observé les années antérieures. Les teneurs en phosphore, minimales en fin juin remontent franchement dès le début juillet. Cet élément n'est a priori à aucun moment limitant pour la croissance de l'algue. 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). Pour les ectocarpales, les teneurs en N apparaissent faibles comparées aux teneurs en P dans les tissus des algues (évolution proches mais à un niveau relatif inférieur et diminution plus sensible des teneurs en N en cours de saison); ces algues seraient donc probablement également limitées par l'azote plutôt que par le phosphore. Leur niveau de teneur légèrement supérieur à ce qui est observé pour les ulves ou Ulvaria semble indiquer des besoins inférieurs et probablement des croissances plus limitées.

En **baie de Saint-Brieuc**, la prolifération d'ulves a été particulièrement tardive mais est devenu très soutenue à partir de juillet et jusqu'en fin de saison (passant de 50 % de surface en moins en juin à 50 % de plus en juillet et sur la fin de la saison). Les ulves, contrairement aux années antérieures sont restées nettement dominantes jusqu'en octobre (présence faible d'ectocarpales en septembre et octobre). Partant de teneurs en azote élevées en début mai, la descente des quotas a été rapide sur le mois de mai, mois sur lequel les flux étaient faibles (environ 45 % de moins que la moyenne pour les flux d'azote). A la mi-juin, les teneurs en azote dans les ulves augmentent de façon très marquée (de 1.6 % à 3.5 %) ce qui est concordant avec l'augmentation extrêmement forte des flux d'azote (plus de deux fois le flux moyen journalier de juin sur les 15 premiers jours du mois). A partir du début juillet les quotas azotés sont sous le seuil critique et même sous le seuil de subsistance à partir de mi-juillet. Sur cette période de limitation par les teneurs en azote, les surfaces mesurées à l'échelle de la baie diminuent lentement chaque mois ce qui est à mettre en relation avec les teneurs en azote dans le milieu. Cependant le niveau de biomasse élevé semble permettre aux ulves de se maintenir même avec ces flux devenus faibles. Pour ce qui est des teneurs en phosphore dans les algues, après une légère limitation en fin mai puis mi-juillet, on observe des niveaux nettement au-dessus du seuil critique à partir de début août. Cela semble à nouveau montrer l'indépendance de l'alimentation en phosphore du niveau d'apport par les rivières (donc autre origine, sédimentaire ou « colonne d'eau »). Comme pour la Fresnaye, les quelques mesures réalisées sur le Pylaïella montrent des niveaux relatifs plus élevés que dans les ulves et un niveau plus bas en azote qu'en phosphore.

Le site de **Binic**, a connu une prolifération d'ulves très limitée et tardive en 2018. Les algues vertes à partir de juillet sont présentes mais très nettement dominées par des algues vertes filamenteuses (*Cladophora*). Sur l'ensemble de la prolifération, on note une limitation par l'azote (Figure 29), très forte sur la période fin-juin – début août durant laquelle l'ensoleillement a été intense et les flux d'azote bas. Sur les premiers mois, le phosphore est co-limitant (classique en avril ou mai quand les eaux sont encore froides et le relargage limité) mais les teneurs dans les ulves remontent à partir de mi-juillet et plus nettement en août et deviennent alors non limitantes.

Sur l'anse de Bréhec la prolifération d'ulves a été très tardive et limitée voire marginale. Les surfaces les plus élevées se trouvent en août (alors que le site est considéré comme parmi les plus précoces). Pour ce qui est des indices d'eutrophisation (Figure 30), les ulves montrent une co-limitation par l'azote et le phosphore avec même des niveaux qui sont, relativement, plus faibles en phosphore. A la mi-aût, les teneurs de ces deux éléments remontent ce qui peut être dû à une présence plus importante de biomasse (venue de l'infralittoral ?) et de conditions d'éclairement beaucoup moins favorables qu'en juillet (donc moins de croissance et de besoins nutritionnels).



En contradiction avec le niveau régional et avec les sites voisins, **l'anse de Trestel** a vu en 2018 une prolifération « relativement précoce » (niveau en juin 60 % au-dessus de la moyenne pluriannuelle pour atteindre ensuite 70 % en juillet et 140 % de plus en août+septembre). Dans ce contexte on observe (Figure 31) des niveaux dans les algues qui ne sont pas ou très peu limitants. C'est en particulier le cas pour ce qui est de l'azote, excepté ponctuellement en fin juillet avec une valeur très légèrement sous le quota critique (1.8 % N/MS) qui peut s'expliquer par des paramètres de croissance très favorables (lumière abondante). Les teneurs en phosphore sont sub-limitantes en début de saison (fin mai et fin juin) mais remontent ensuite nettement sur juillet puis août et septembre ce qui semble être le signe de fourniture diffuse (sédiment et/ou colonne d'eau).

Sur la baie de Saint-Michel-en-Grève, la prolifération a été parmi les plus tardives observées et au total la plus faible depuis le début des suivis actuels, en 2002. L'absence d'ulves en quantité significative jusqu'en mi-juin a laissé « la place » à la croissance de *Pylaiella* (autour de 40 % en juillet), supplanté, à partir du mois d'août par les ulves. L'analyse des teneurs en azote et phosphore (Figure 32) montre une situation de co-limitation par les deux éléments. Le phosphore est nettement limitant en début de saison, ce qui est relativement classique (moindre relargage en lien avec la température de l'eau) et sa teneur tissulaire monte fortement en août pour se situer nettement au-dessus des limitations. Pour l'azote, la situation est assez différente en début de saison : les teneurs élevées, au-dessus du seuil critique deviennent limitantes en juillet jusqu'au début août. Cela peut être mis en relation avec des flux bas sur juillet et des paramètres d'éclairement très favorables (peu d'algues présentes dans la masse d'eau et forte luminosité). La remontée des quotas azotés en août peut être reliée aux conditions de croissance nettement moins favorables (peu d'ensoleillement et biomasse en baie plus importante) malgré des flux des cours d'eau qui demeurent peu élevés. Sur ce site aussi, la mesure des teneurs en azote et phosphore des *Ectocarpales* montre un niveau supérieur au niveau déterminé dans les ulves ce qui semble indiquer des besoins moindres de ces algues (seul le premier échantillon a pu être dosé pour le phosphore).

L'anse de Locquirec, a également connu une prolifération particulièrement tardive. Les échouages y sont très inférieurs à la situation moyenne d'avril à juillet (6.5 fois moins d'algues en juin et juillet). En août, les surfaces deviennent supérieures au niveau pluriannuel (+ 30 %). Pour ce qui est des indices d'eutrophisation (Figure 33) ils apparaissent globalement non limitants sur l'ensemble de la saison. Une légère limitation par le phosphore (fin juin) pourrait être en partie liée à la très faible présence d'ulves (donc des taux de croissance élevés) et à des conditions de relargage sédimentaire qui ne sont pas encore optimales (faible température de l'eau).

L'anse du Dossen a elle aussi présenté une prolifération 2018 très retardée (- 55 % encore en juillet). En août, comme cela était le cas de l'anse de Locquirec, mais plus modérément, les surfaces sont légèrement supérieures aux moyennes. Les courbes de quotas (Figure 34) montrent encore en 2018 une absence de limitation par les nutriments. L'azote, en particulier, reste durant toute la saison à un niveau très élevé (niveau de phosphore proche du seuil critique en fin juin). Le niveau le plus bas est atteint de la fin juin à la mi-juillet, durant la période fortement ensoleillée et de forte augmentation de biomasse (augmentation des surfaces d'un facteur 5 entre mi-juin et mi-juillet). En fin juillet puis août, les teneurs en azote remontent sensiblement, à une période où les quantités d'algues, importantes (15 % de plus que la moyenne interannuelle) peuvent expliquer cette remontée (auto ombrage). Pour ce qui est des teneurs en phosphore, elles sont relativement basses en début de saison (mais pas de réelle limitation) et remontent sensiblement à partir de la mi-juillet ce qui peut être relié au meilleur relargage sédimentaire. 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 de ce qui était décrit sur l'anse du Dossen : le démarrage y est très retardé et en juillet les surfaces sont encore de 50 % inférieures à la situation moyenne. En août puis septembre les surfaces deviennent légèrement supérieures au niveau moyen (environ 10 %). Les courbes de quotas (Figure 35) montrent des teneurs internes en azote et phosphore printanières très élevées puis une



forte diminution de celles-ci à partir de la mi-mai. Le phosphore semble jusqu'en juillet relativement plus limitant que l'azote et même franchement limitant de la mi-juin à la mi-juillet. A partir de la fin juillet les teneurs en phosphore augmentent sensiblement ce qui peut être en lien avec des relargage plus intenses et une biomasse plus importante mais présentant moins de croissance. Sur le point « historique » du Club nautique, les quotas azotés apparaissent faiblement limitants en fin juin (période de forte croissance, avec peu d'algue et beaucoup d'éclairement).

Les prélèvements d'algues effectués au centre de la baie permettent d'aboutir aux mêmes conclusions que l'année dernière à savoir que :

- La proximité des apports azotés du Quillimadec (point situé dans le panache du cours d'eau) a induit un contenu en azote plus important dans les algues prélevées au centre de la baie.
- Les contenus en phosphore des algues du centre de la baie et des algues du centre nautique ont présenté des profils et des niveaux proches. Seule un point en fin mai sur le centre de la baie s'écarte fortement (très nettement plus bas avec un redosage qui semble nécessaire pour confirmer la valeur). Cela semble confirmer que l'origine du phosphore contenu dans les algues n'est pas majoritairement liée directement au cours d'eau (probablement origine sédimentaire durant la période estivale).

La prolifération d'ulves **sur Moguéran/Coréjou** a été tardive en 2018. Très nettement inférieure au niveau des années antérieures jusqu'en juin, les surfaces couvertes deviennent légèrement supérieures en juillet (15 %) et plus nettement sur la fin de la saison (de 35 à 60 %). Les courbes montrent une co limitation par N et P de la fin mai à la mi-juillet (Figure 36). Les fluctuations sont importantes et visiblement bien liées aux conditions de croissance (diminution lors des périodes de fort éclairement et remontée en période de couverture nuageuse). A partir du début juillet, les teneurs en phosphore augmentent fortement et sont très au-dessus des limitations.

La baie de **Douarnenez**, pour la première fois depuis le début des suivis actuels (2002) n'a pas connu de prolifération d'ulves. Les plages ont été concernées par d'autres algues (rouges filamenteuses de type *Falkenbergia* puis brunes et vertes filamenteuses). Les biomasses disponibles étaient insuffisantes pour conduire un échantillonnage pour l'analyse de quotas qui soient « représentatifs » de la situation nutritionnelle. Néanmoins des ulves ont pu être prélevées et analysées à trois dates (début juin à mi-juillet) sur la plage du Ry. Les opérateurs ont décrit ces ulves comme provenant d'arrachage et visiblement sans réelle croissance sur le site de prélèvement. Dans ce cas, les teneurs internes en N et P ne peuvent pas être utilisées pour estimer le niveau nutritionnel de la plage (Figure 39). Le dernier point, mi-juillet montrait des limitations nettes par l'azote et le phosphore. Cela semble conforter l'hypothèse de l'absence de prolifération d'ulves pour des raisons nutritionnelles (même si le retard de démarrage explique également en partie cette absence, les ulves n'ayant pas été présentes à la période la plus propice à leur croissance rapide).

Lors des années précédentes, la comparaison des deux sites vis-à-vis des contenus internes en azote mesurés dans les algues montrait que ce nutriment était davantage présent dans l'anse du Ry que sur les plages plus au nord (confinement probablement plus important des masses d'eau au sud de la baie et apports en étiages des cours d'eau débouchant au sud de la baie supérieurs). Il est donc très probable que le constat du manque d'azote pour la croissance des ulves fait sur la plage du Ry soit également valable sur les plages plus au nord (dont Sainte Anne la Palud).

En **baie de la Forêt**, sur la plage de Kerleven, des échouages atypiques pour la baie et très différent des autres sites bretons ont été observés : ils ont été très importants en mai (près de 4 fois supérieurs au niveau moyen de mai) puis très inférieurs sur le reste de la saison. Les teneurs internes des algues sont fortement limitantes pour le phosphore depuis la mi-mai et jusqu'à la mi-août (Figure 40). L'allure générale de la courbe des teneurs en azote est proche pour le début de saison mais avec des niveaux relatifs plus élevés. On note en particulier des valeurs basses lors des périodes de plus forte croissance (ensoleillement fort) et une remontée en début



juin lors de périodes moins ensoleillées. A partir du début juin, les teneurs en azote diminuent nettement et la limitation à partir de mi-juillet semble être davantage le fait du manque d'azote, phénomène qui avait été mesuré également les années antérieures. Il est important de rappeler que ce site a la particularité de concentrer la plus grande partie de la biomasse algale dans le domaine infralittoral. Les quotas sont quant à eux mesurés sur des algues prélevées dans le domaine intertidal. Du fait de leur situation sur l'estran, ces dernières ont davantage accès à la lumière et sont donc susceptibles d'avoir une croissance plus importante que celles évoluant dans le domaine infralittoral. Cette croissance induit un épuisement des quotas nutritionnels probablement plus important que pour les algues évoluant dans le domaine infralittoral (et encore plus important pour le phosphore les ulves étant proche du panache d'azote sur le lieu de prélèvement).

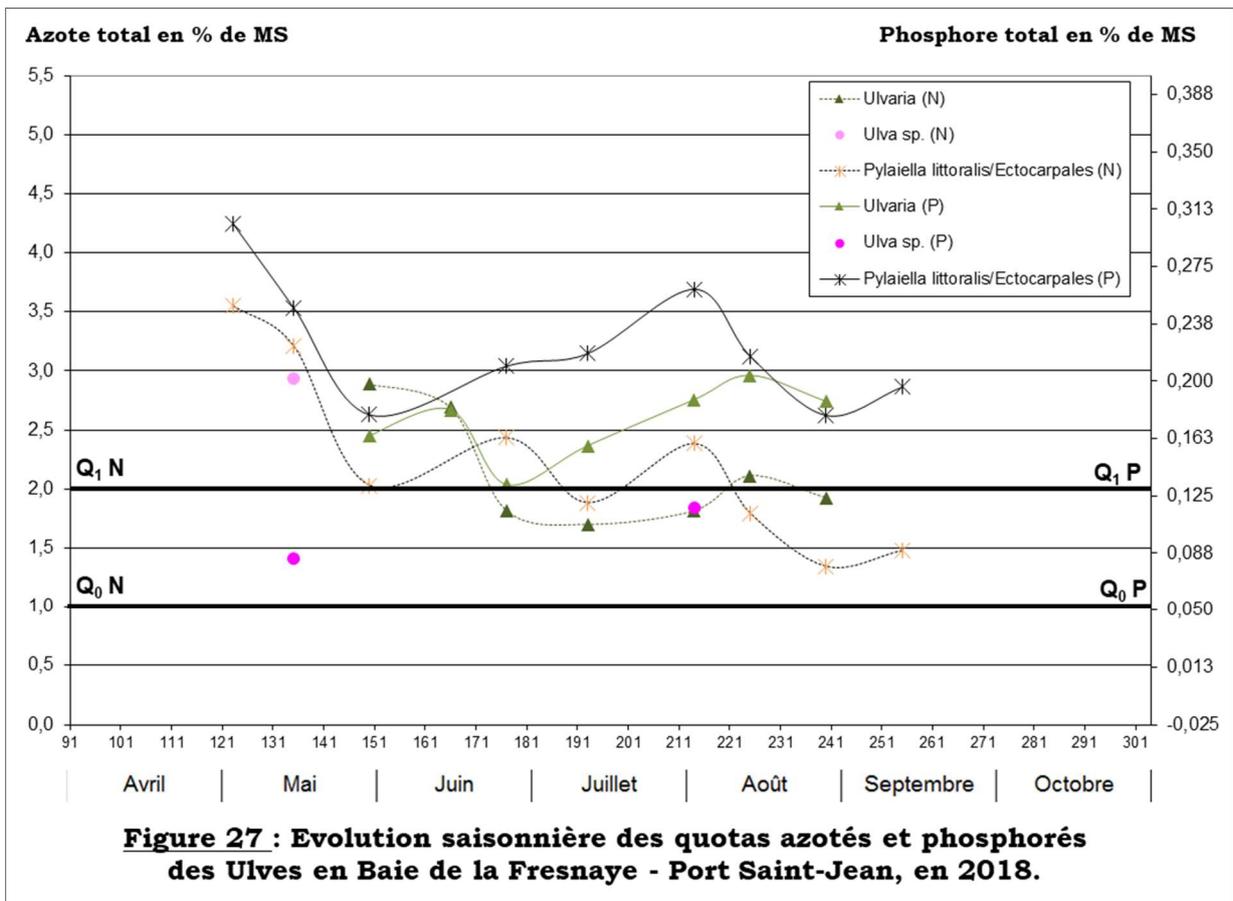
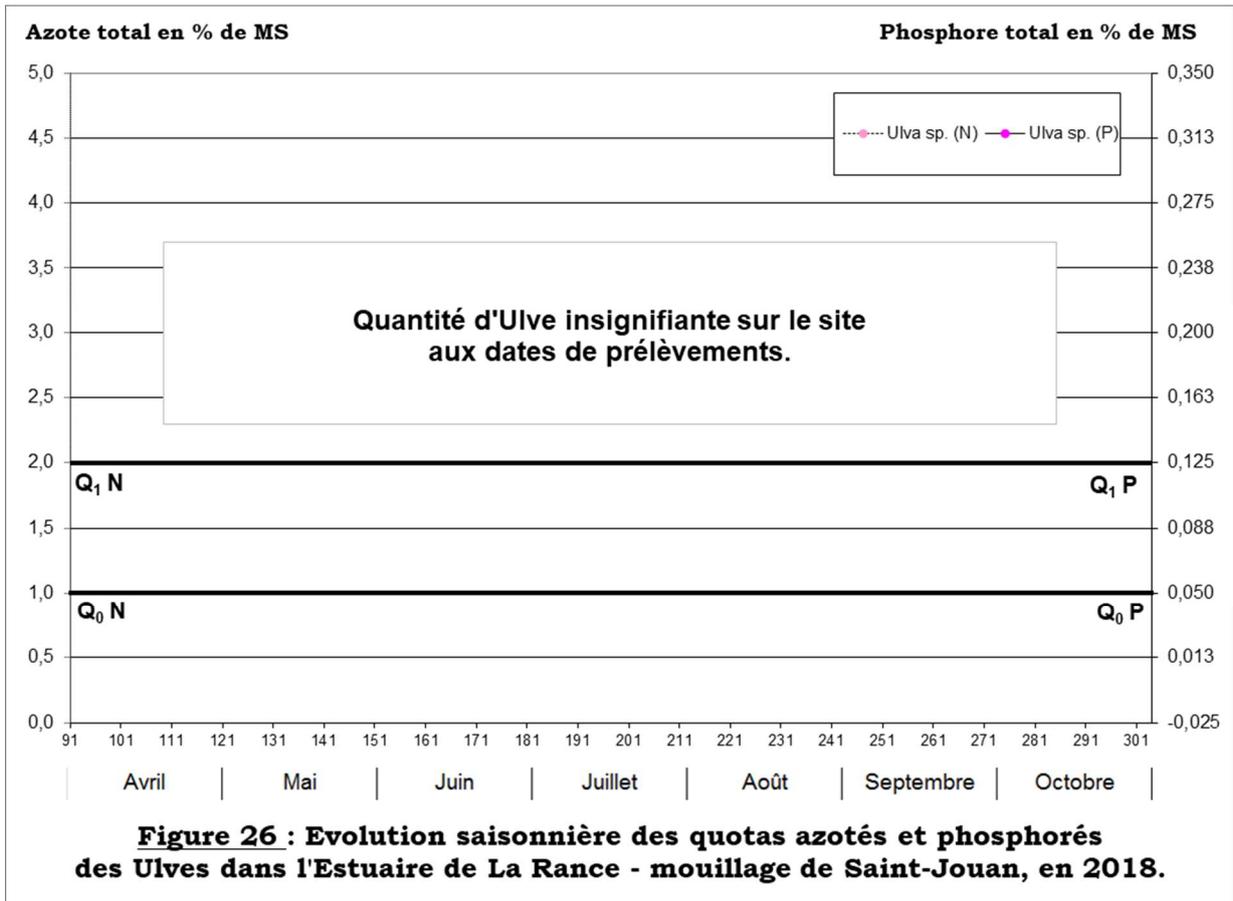
Sur le site **de Fort Bloqué**, l'azote et le phosphore sont en situation de co-limitation (Figure 41) avec toutefois le phosphore qui semble plus fortement limitant en particulier sur le début de saison. La provenance d'arrachage probable sur ce site peut expliquer en partie au moins cette limitation plus importante par le phosphore, les ulves effectuant leur croissance sur roche étant alors moins proches de sources sédimentaires. Les épisodes de remonté des quotas phosphorés (en particulier mi août) pourraient être liés à des relargages sédimentaires plus importants (cas possiblement lié à des épisodes de putréfaction générant des anoxies dans le milieu).

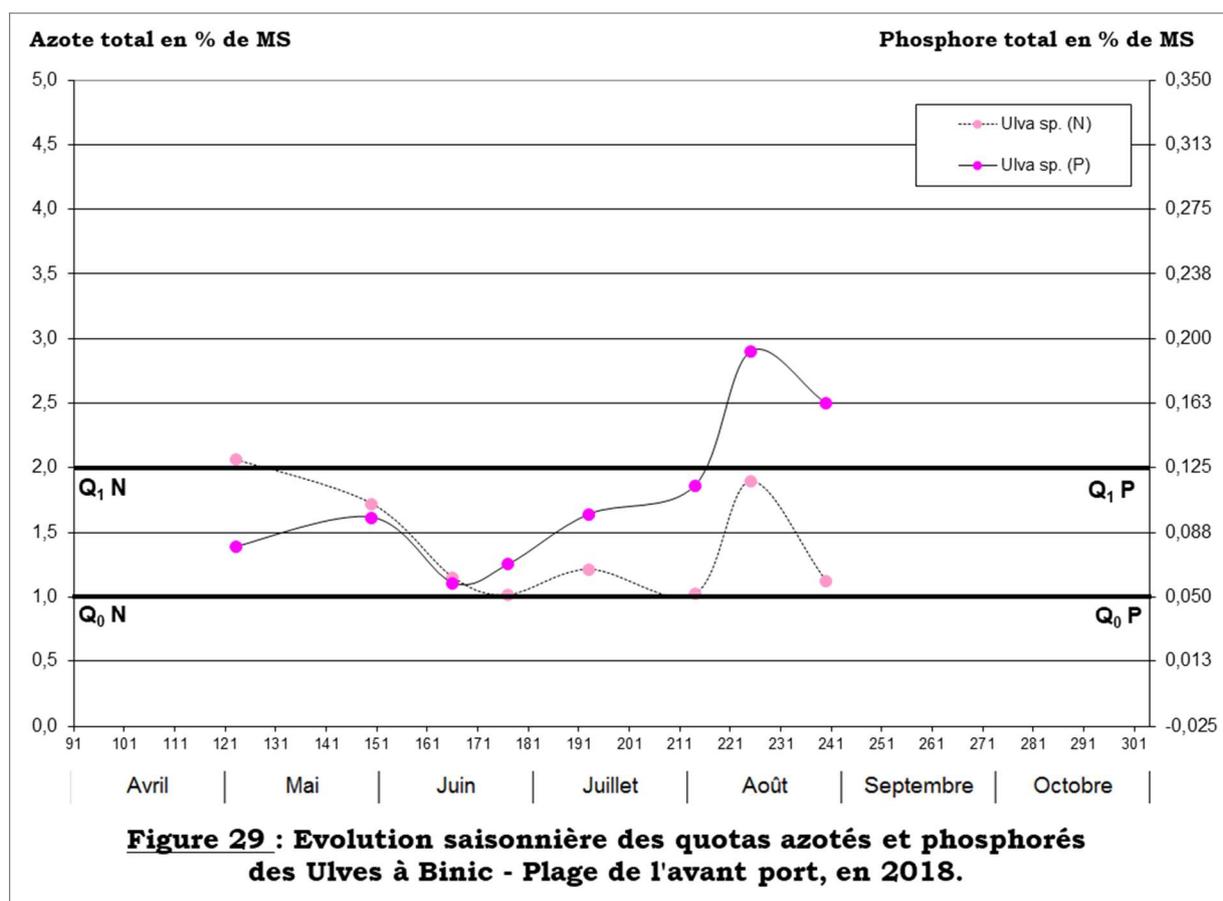
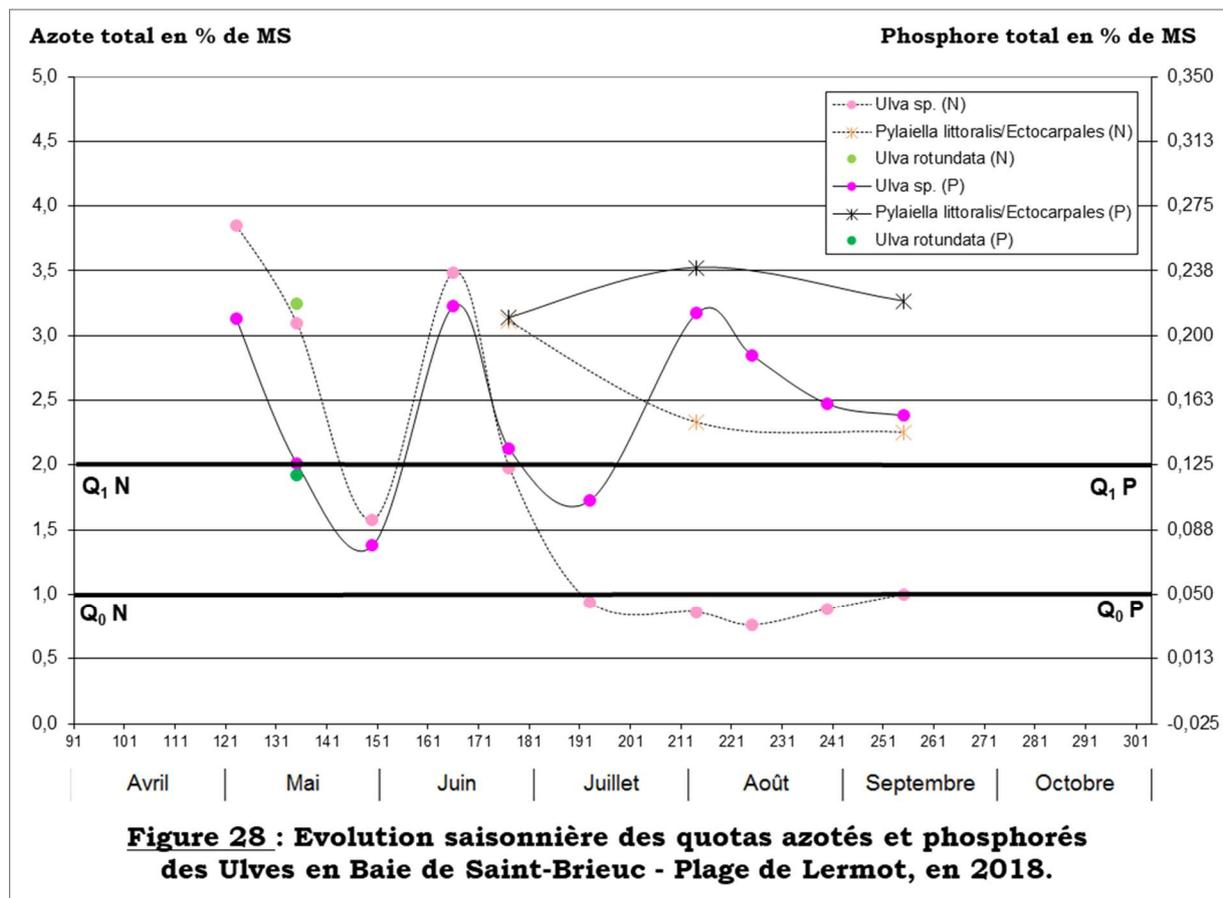
Sur **Larmor Plage** la prolifération des ulves a été tardive et importante à partir de la mi-août. La Figure 42 fait apparaître le phosphore en position de limitation franche à partir de la mi-mai et jusqu'au début juillet (la remontée du début juin pourrait être liée aux conditions peu propices à la croissance en mi-juin). Les teneurs en azote sont relativement plus élevées et même au-dessus des limitations durant toute la saison. La nette remontée des quotas en début juin peut être reliée aux conditions de lumières moins favorables à la croissance des algues et aux flux soutenus par des débits en forte hausse début juin. L'absence de limitation par l'azote sur ce site est probablement expliquée par la localisation géographique de celui-ci à proximité de l'estuaire du Blavet (nutriments et panache turbide).

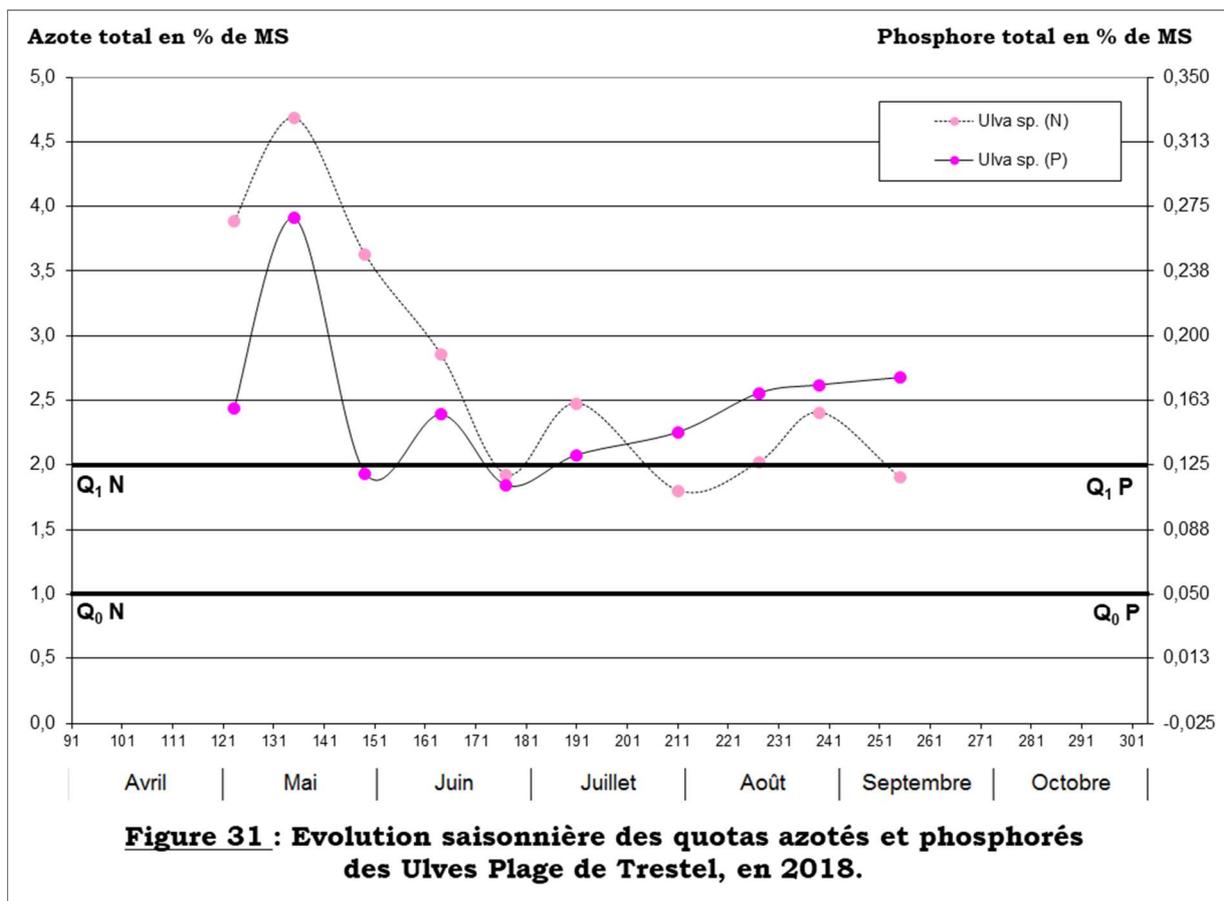
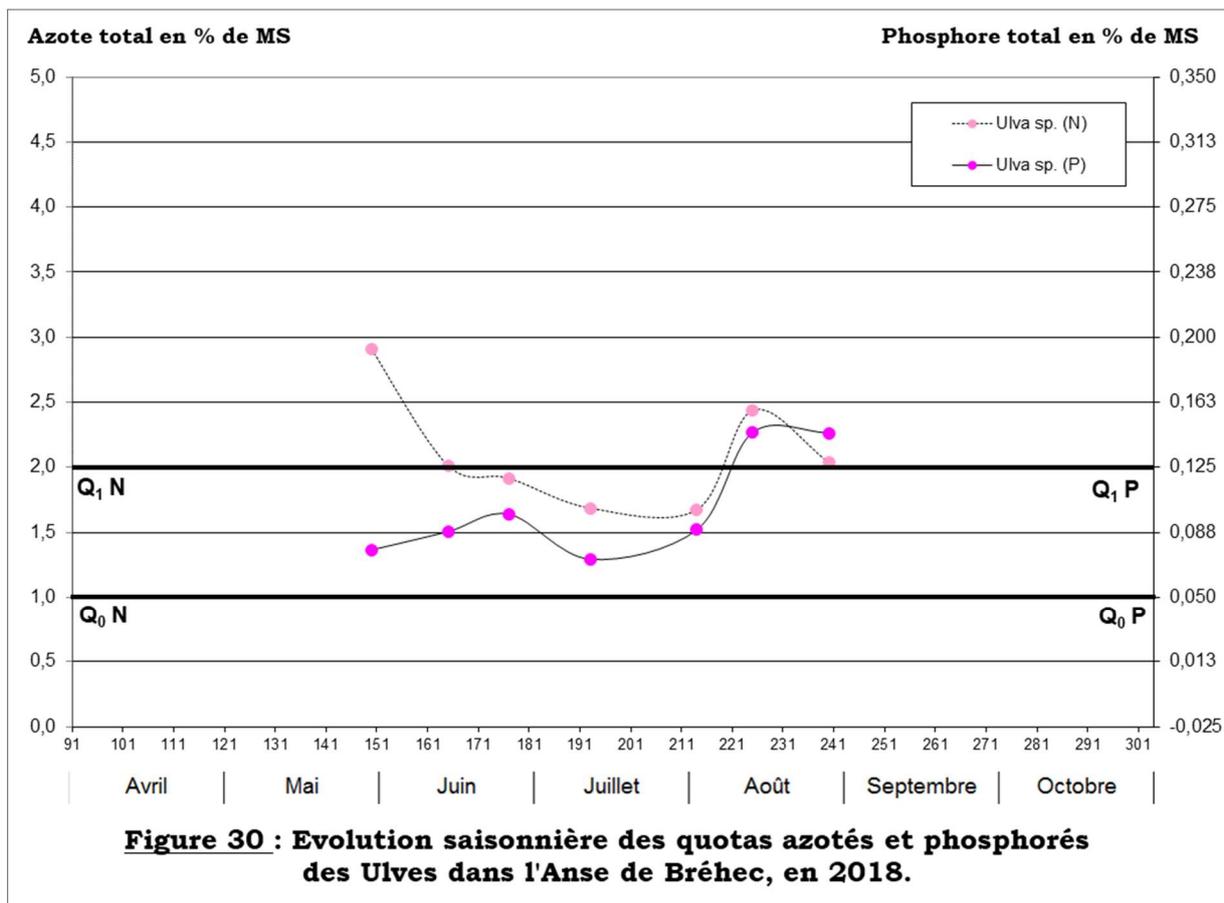
Sur le **site de Penvins**, les quotas phosphorés (Figure 46) sont nettement sous le seuil critique à partir de mi mai et jusqu'en fin juin. Les quotas azotés sont quant à eux nettement au – dessus du seuil critique en début de saison et deviennent limitants à partir de la mi-juillet. En fin juin, les remontés significatives des teneurs en N et P s'expliquent probablement par les conditions lumineuses peu favorables à la croissance à cette période et à des apports en forte hausse du fait des crues de la Vilaine (4 et 5 puis 10 et 11 juin). On aurait donc une co-limitation à l'échelle de l'année avec d'abord le phosphore puis l'azote qui limiteraient la croissance des algues.

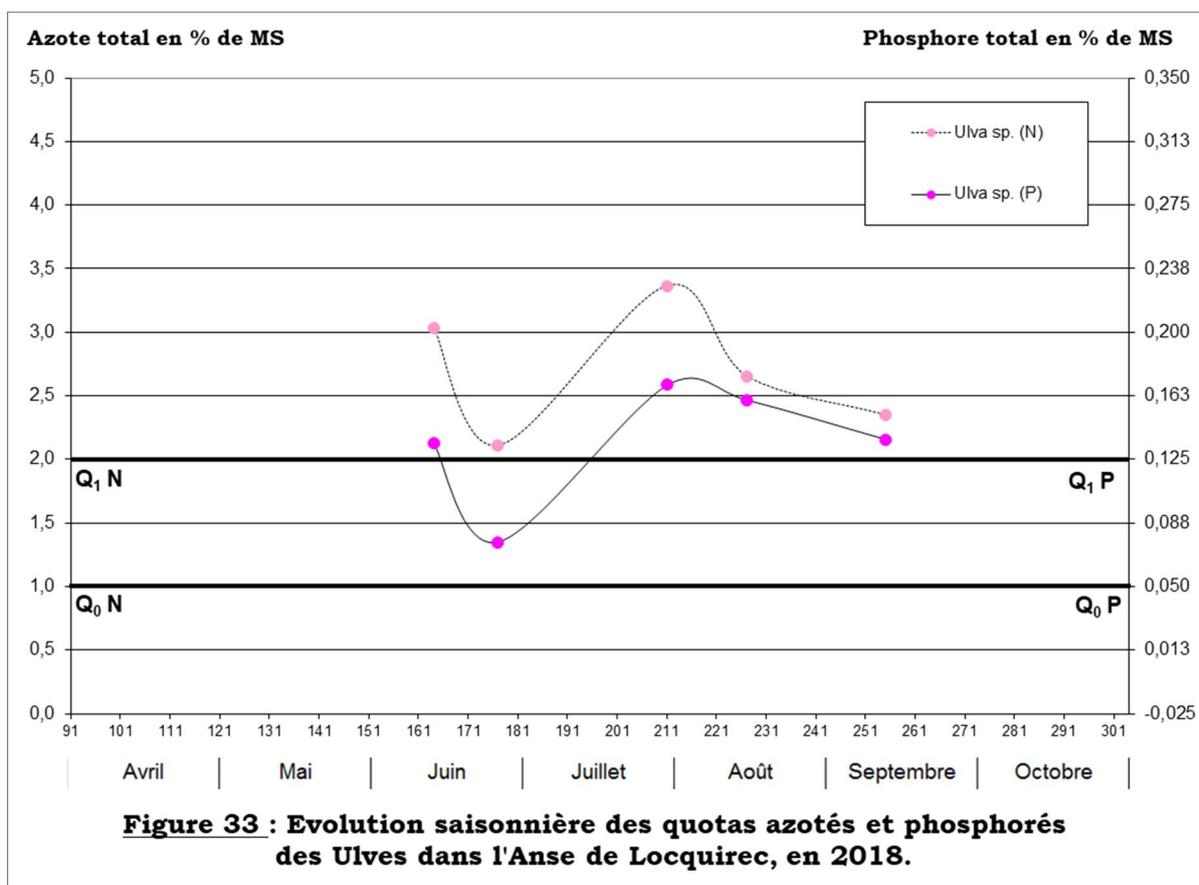
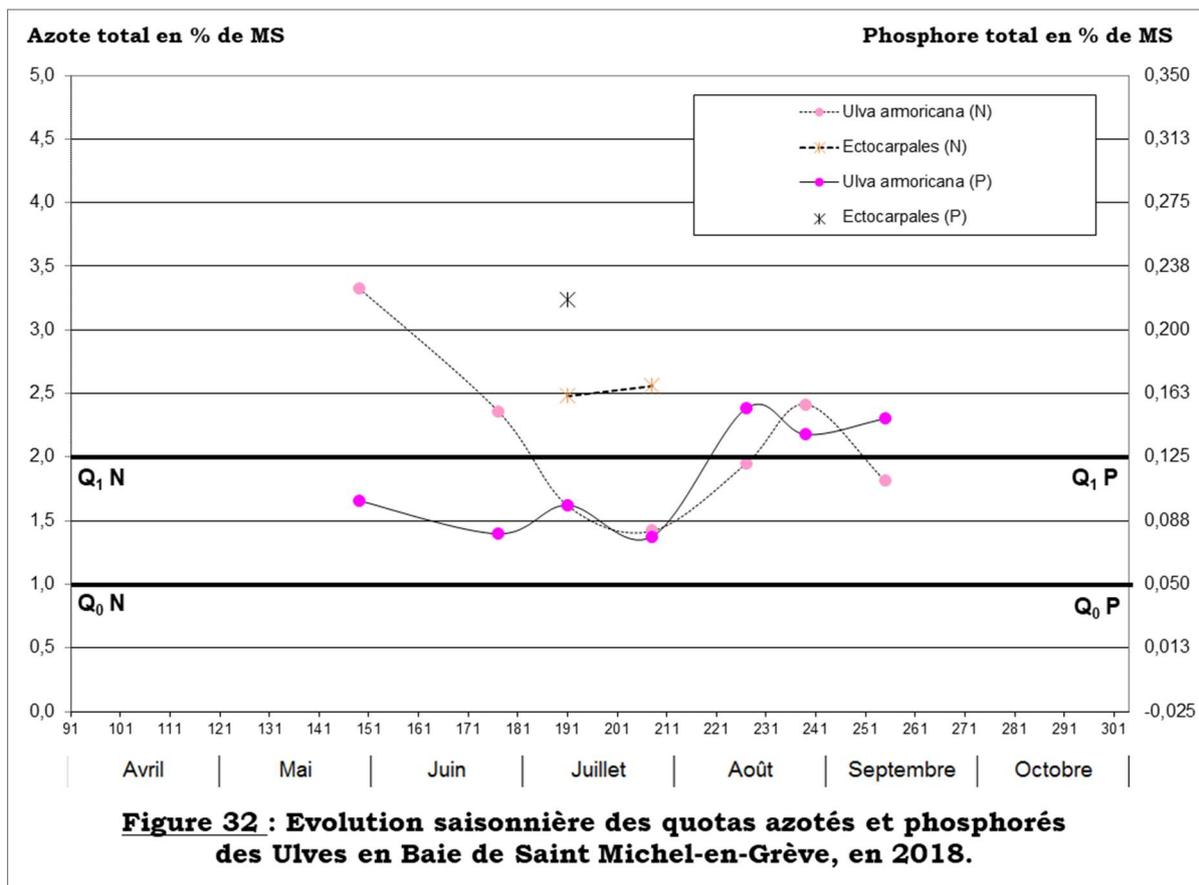
Sur le site de la **Mine d'Or**, les ulves, absentes lors des tournées de prélèvement, n'ont pu être échantillonnées en 2018. Le statut nutritionnel ne peut donc être analysé.

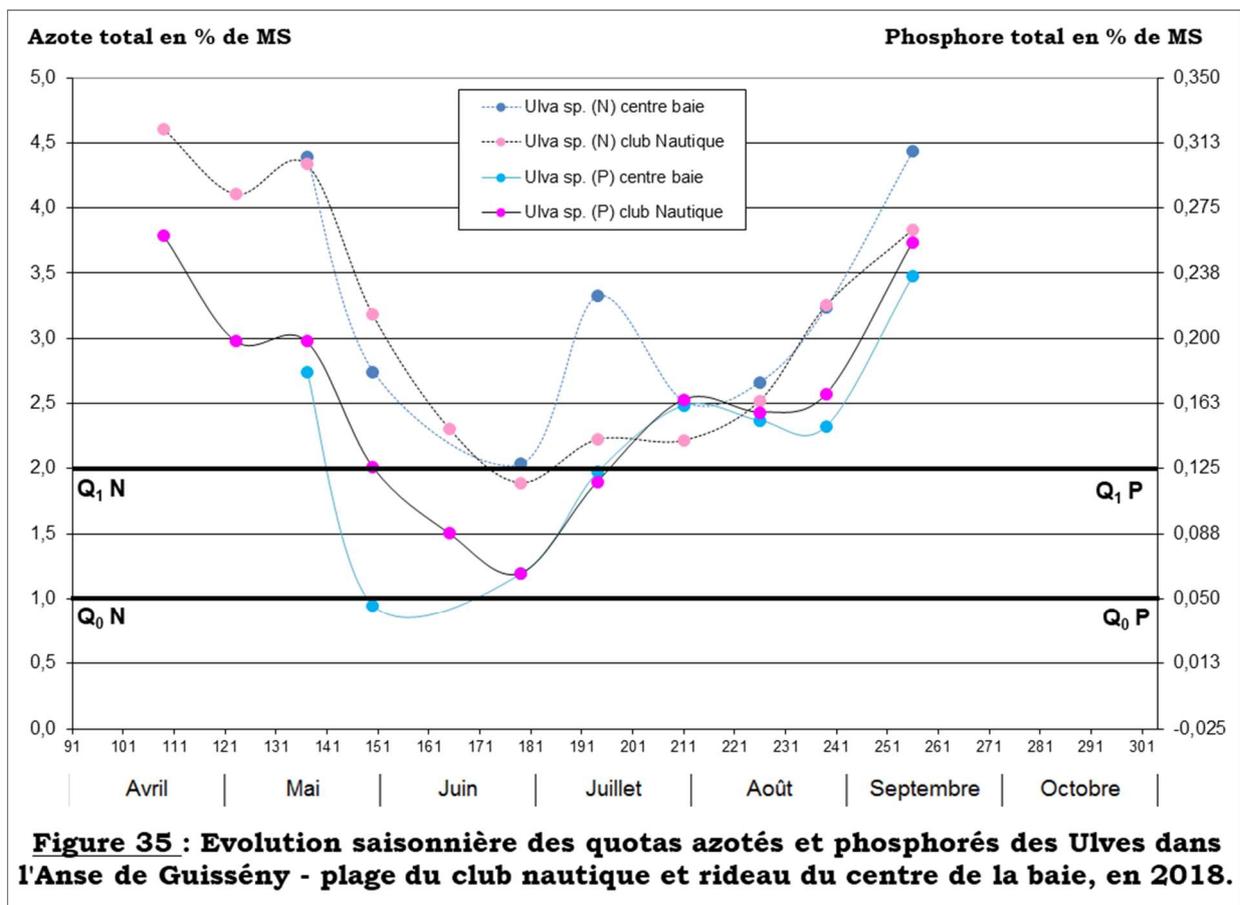
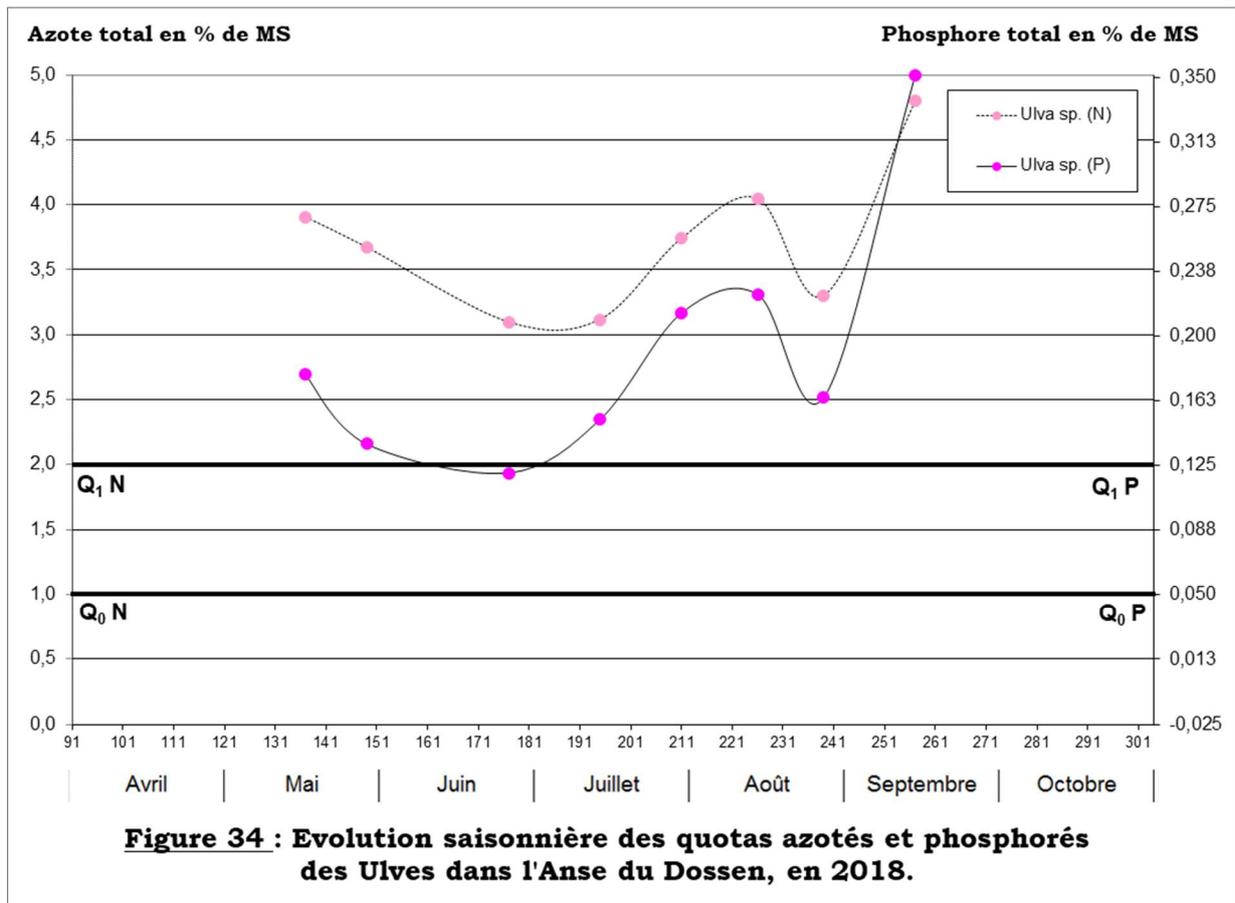
La présentation ci-dessus des facteurs limitant des proliférations des algues en 2018 doit être distinguée du statut de ces nutriments en termes de facteur de contrôle de l'eutrophisation. Les comportements différents de ces deux nutriments et notamment le stockage / relargage important du phosphore 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/>)

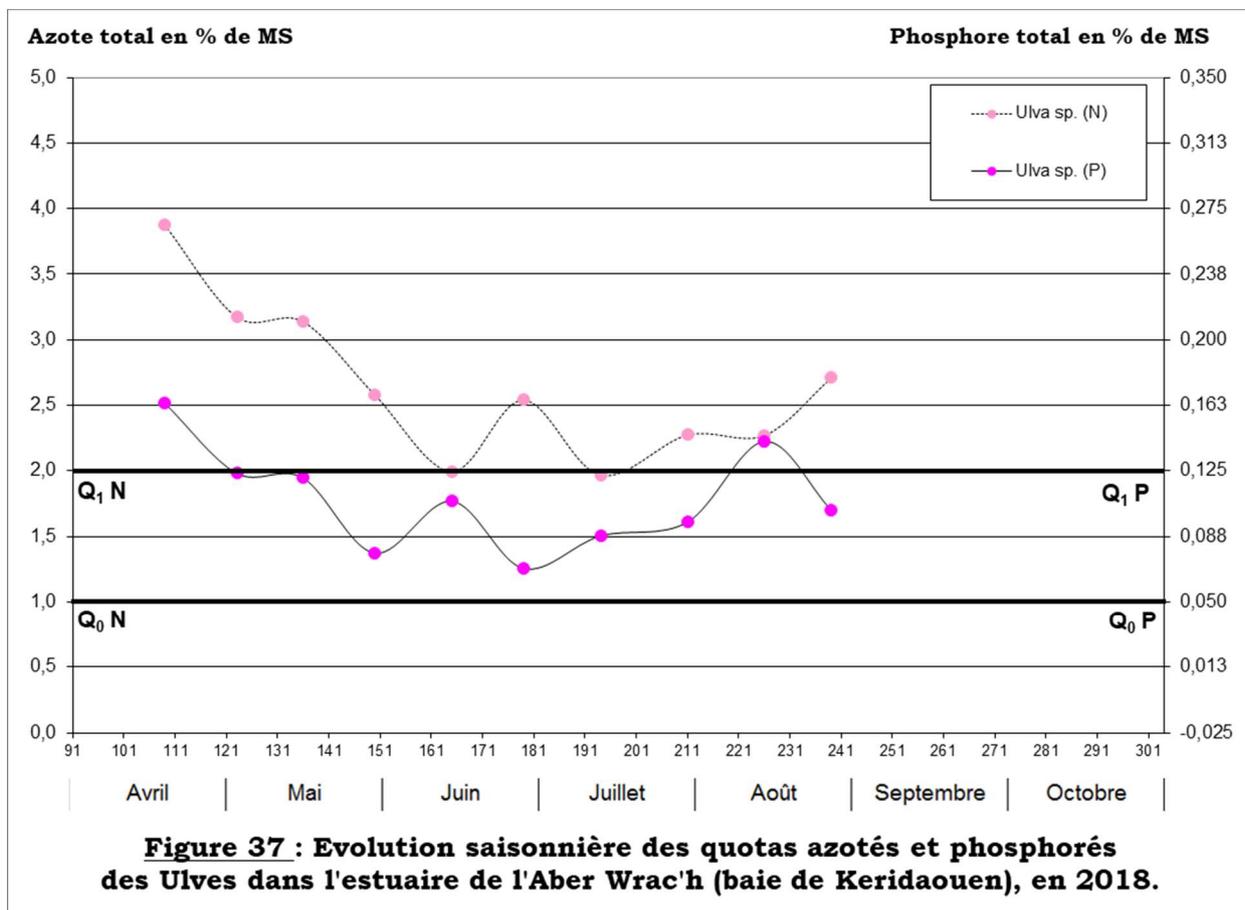
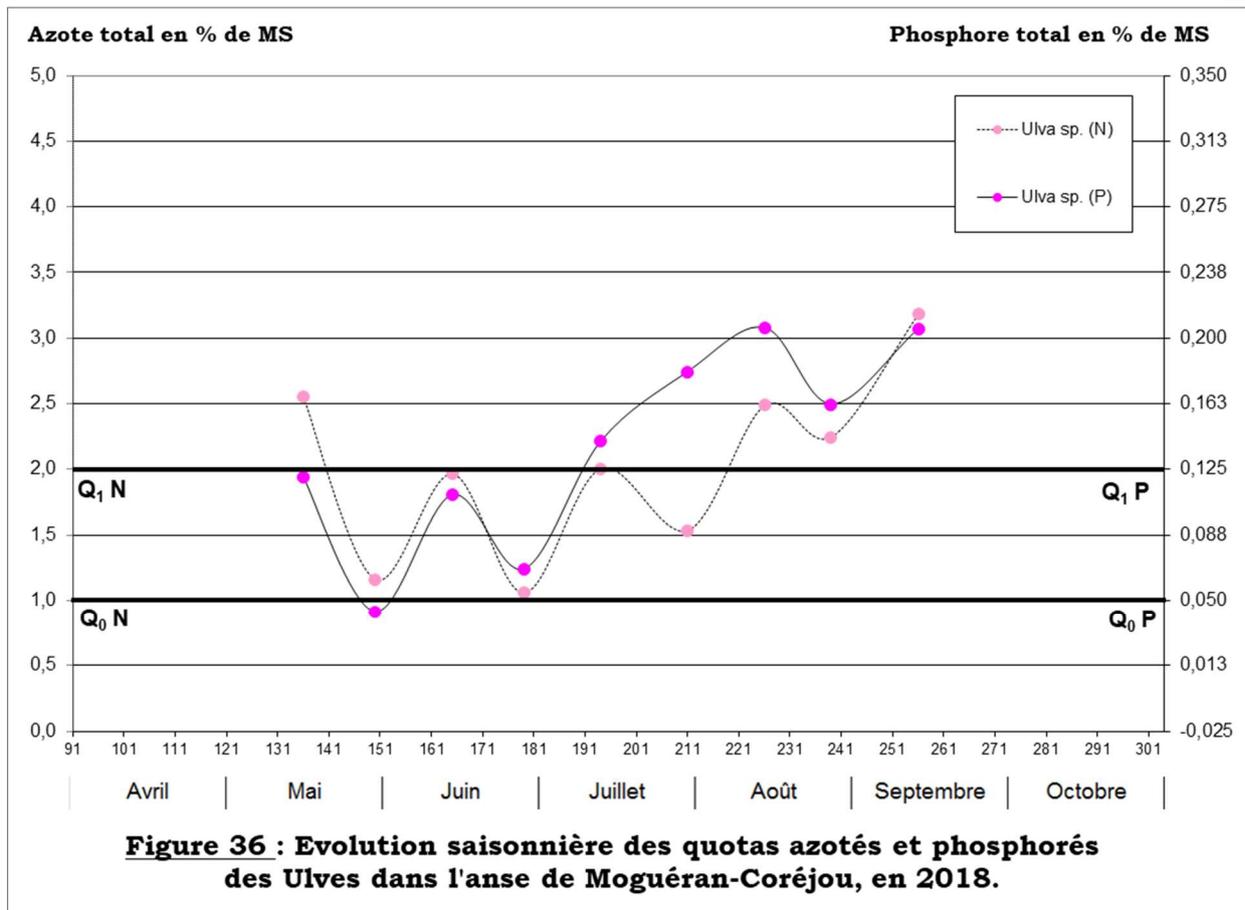


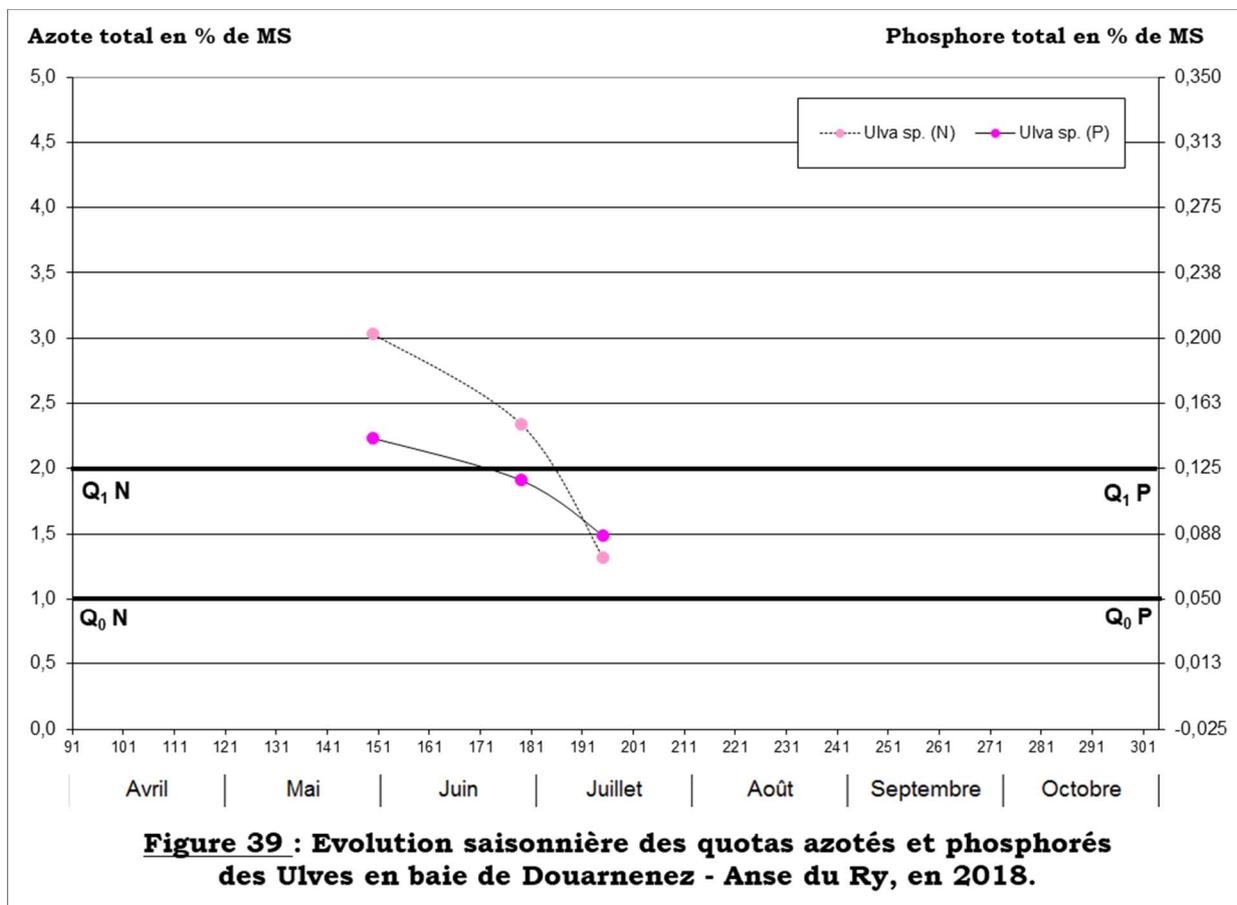
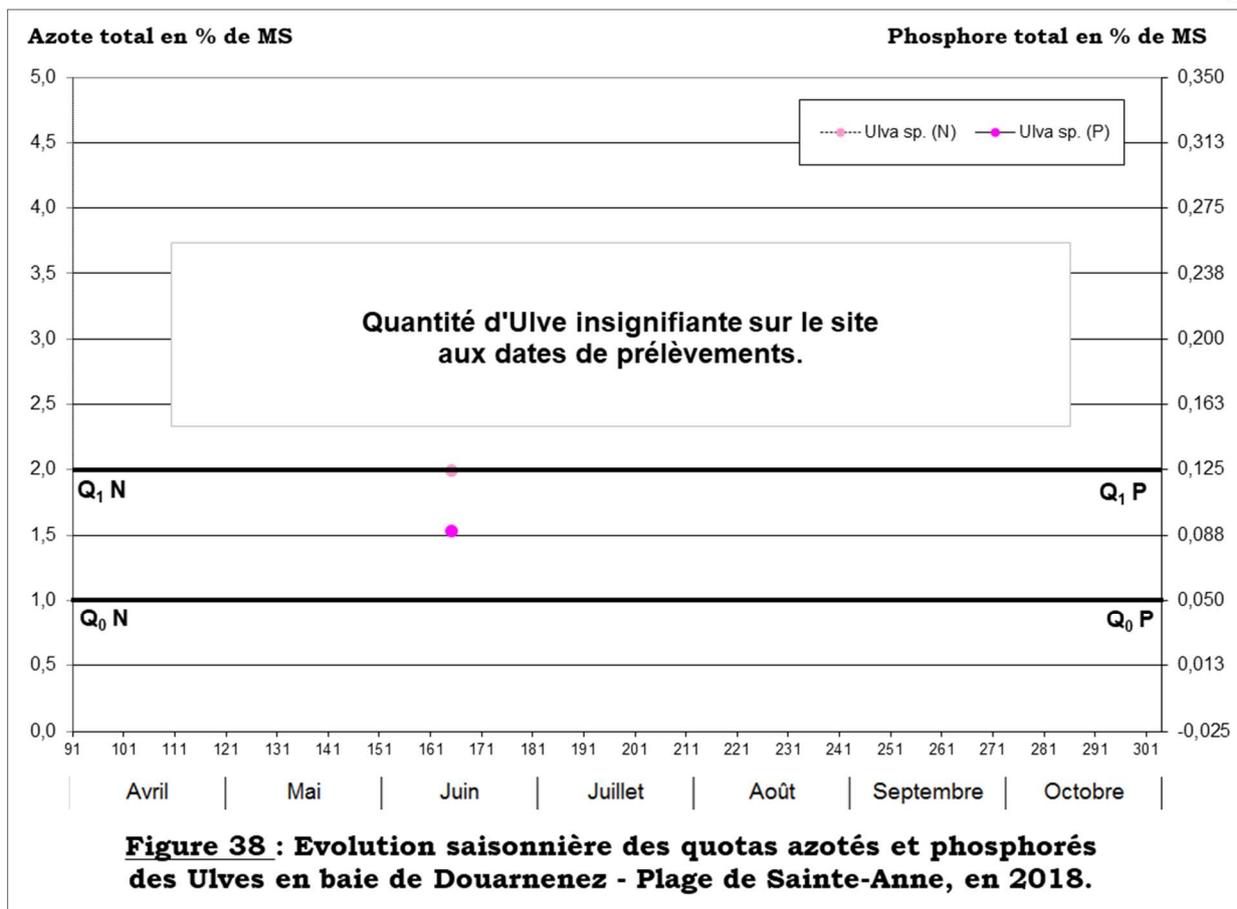


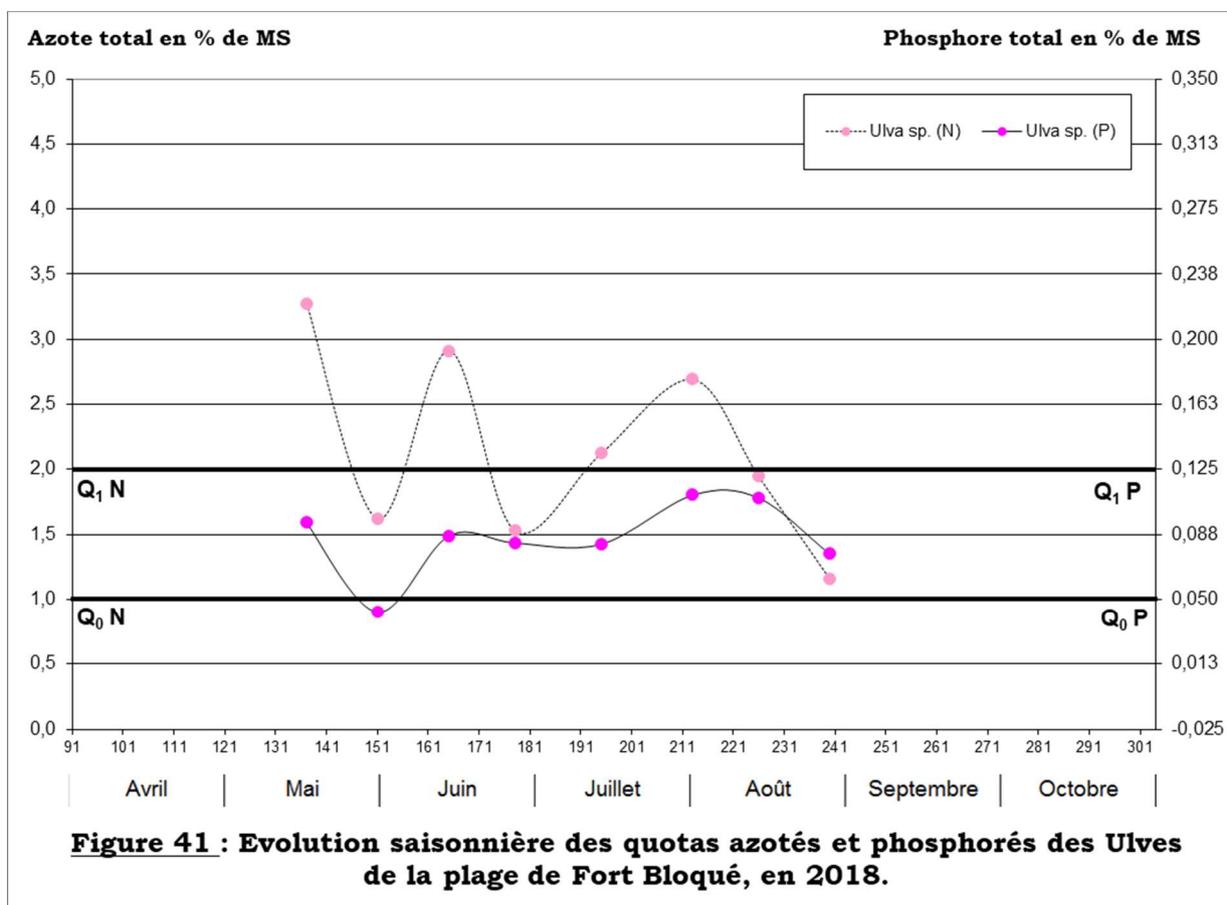
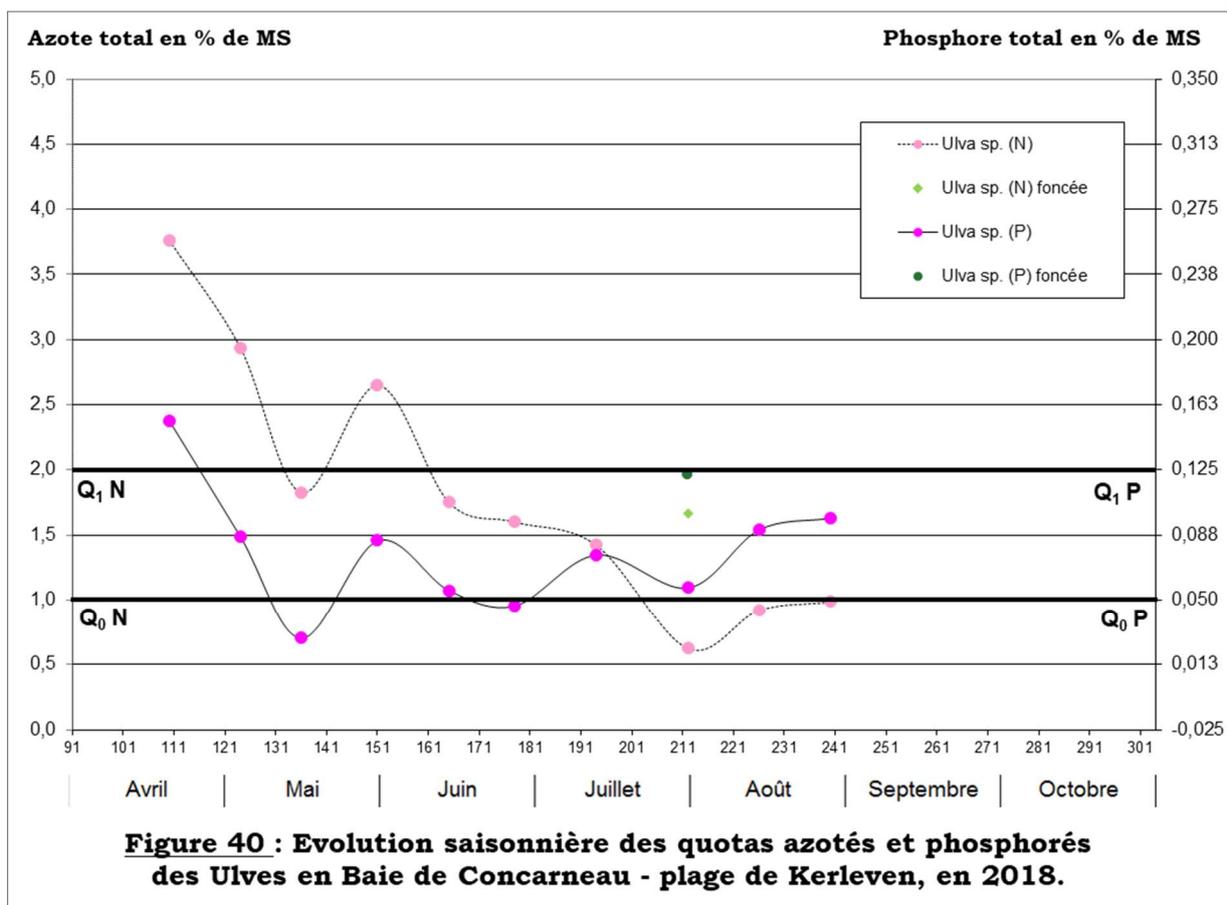


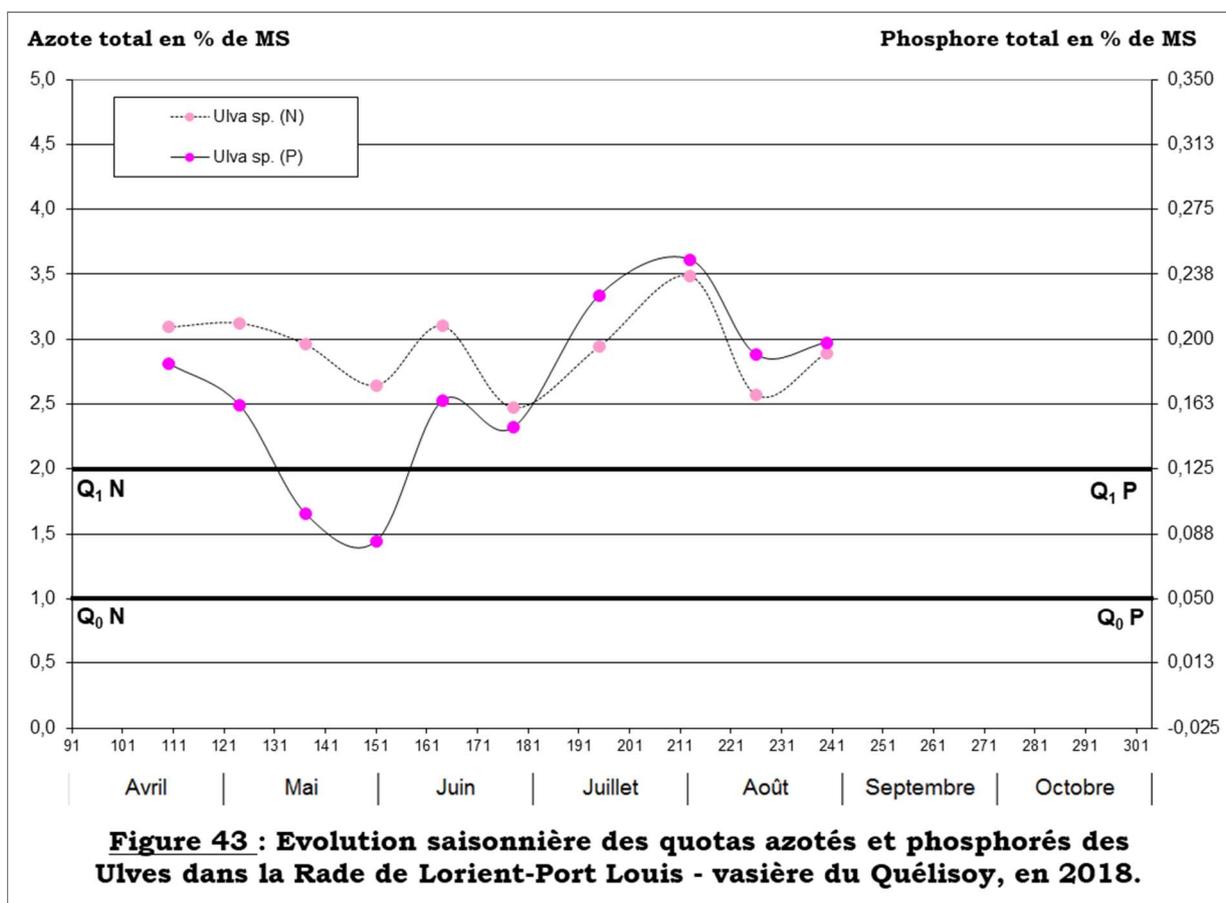
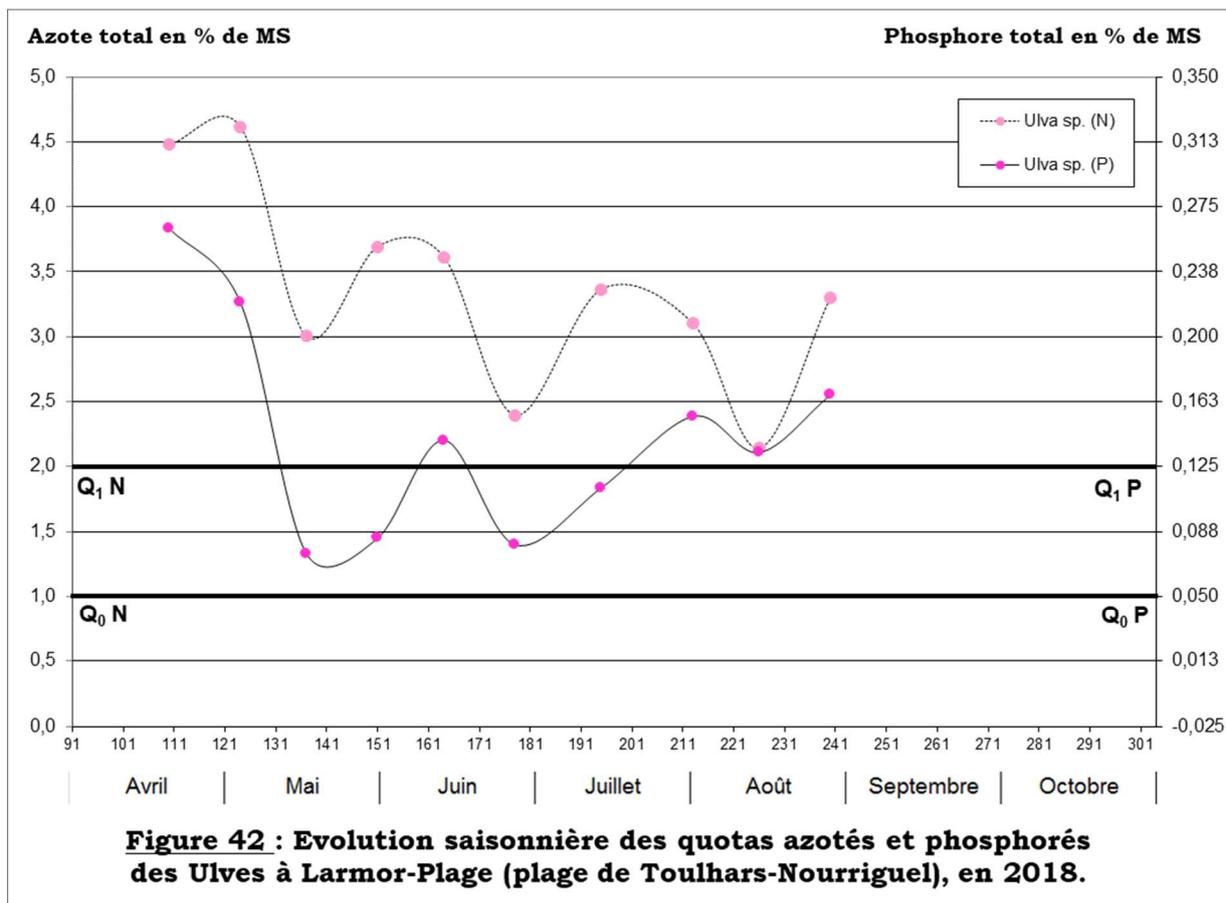


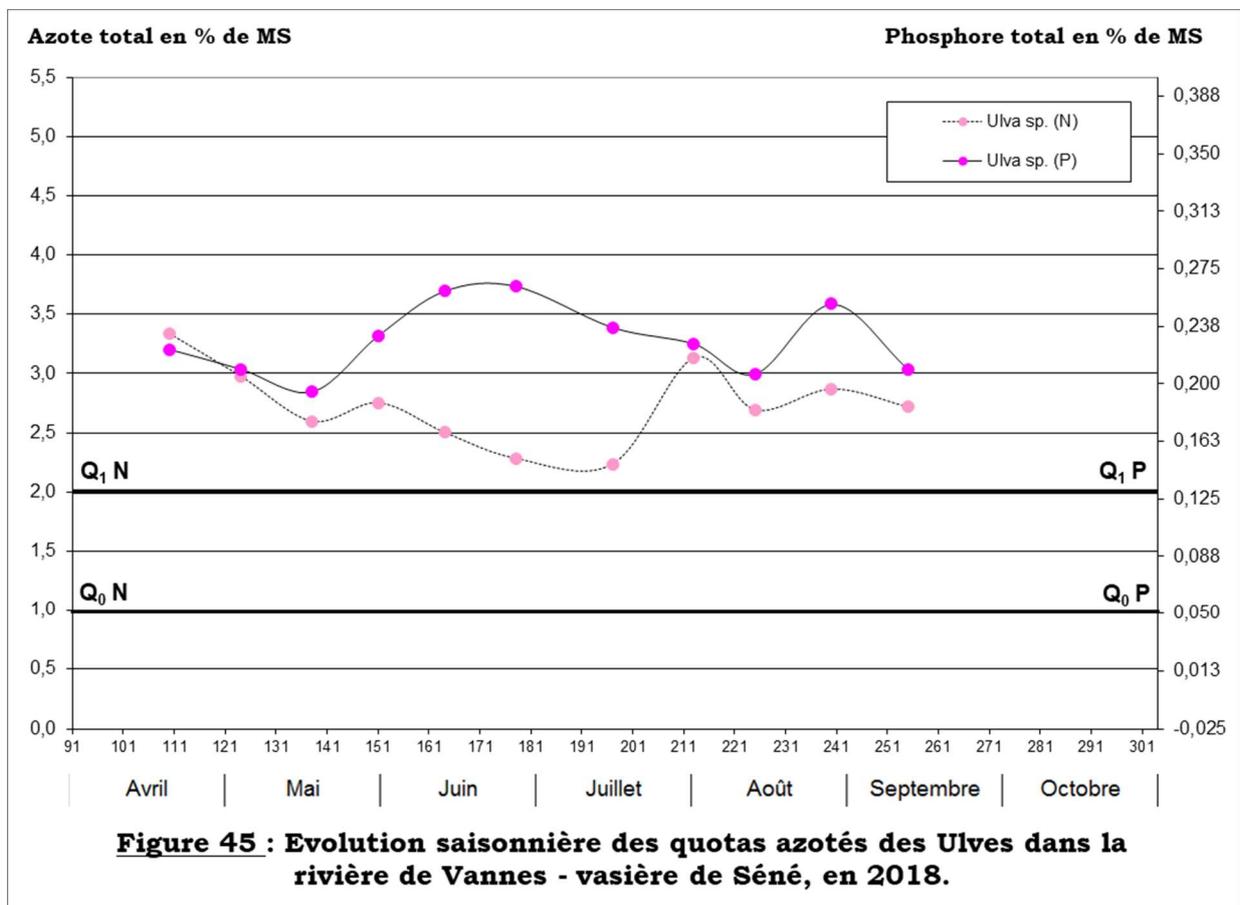
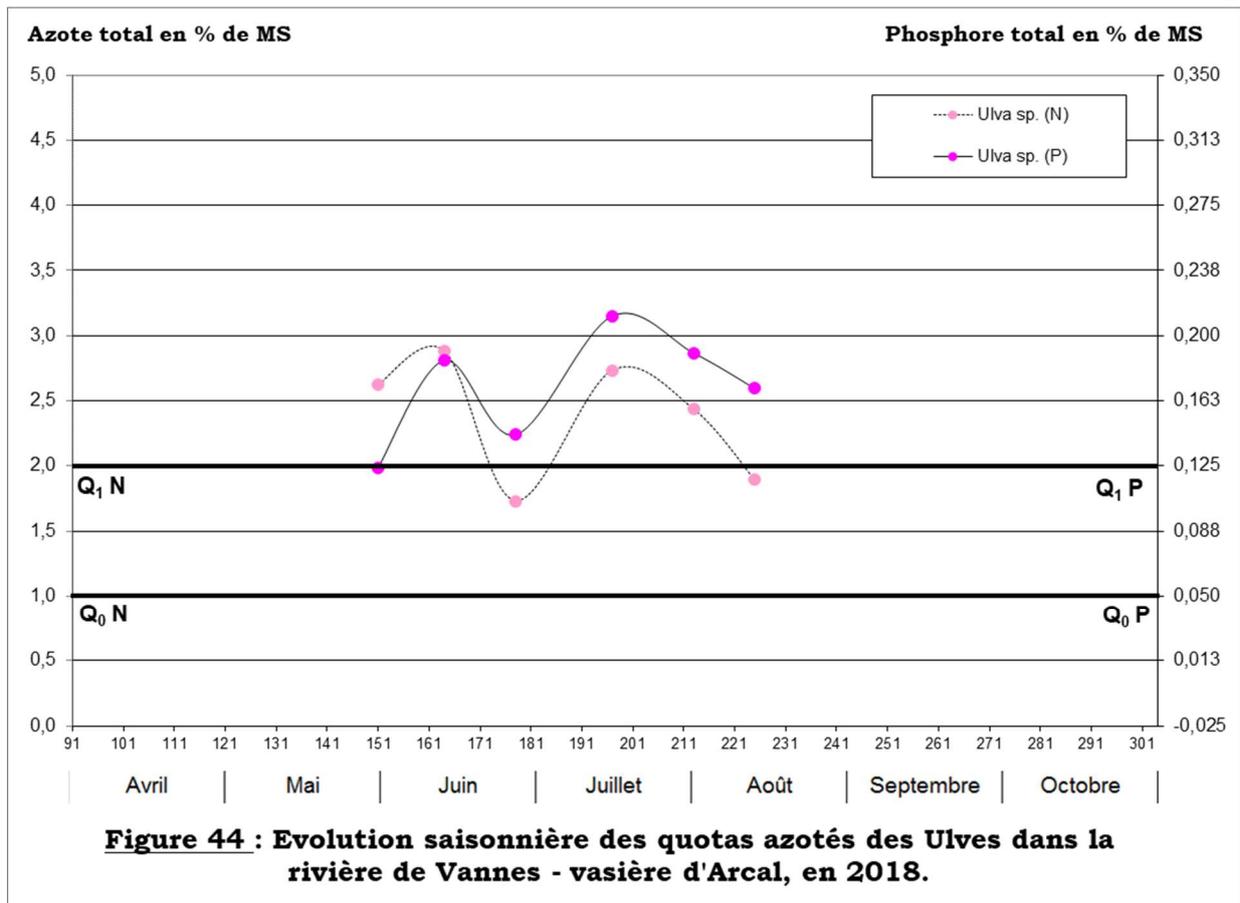


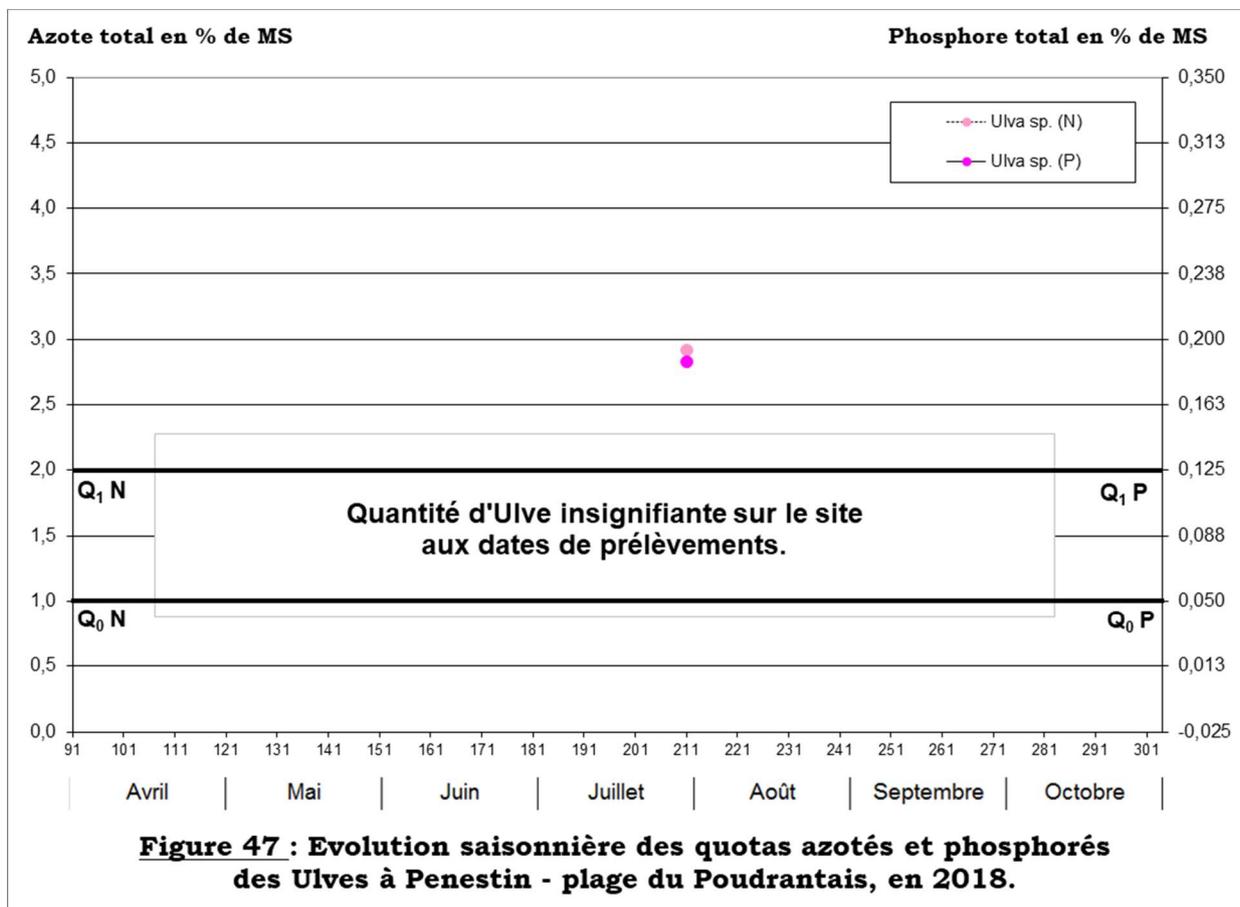
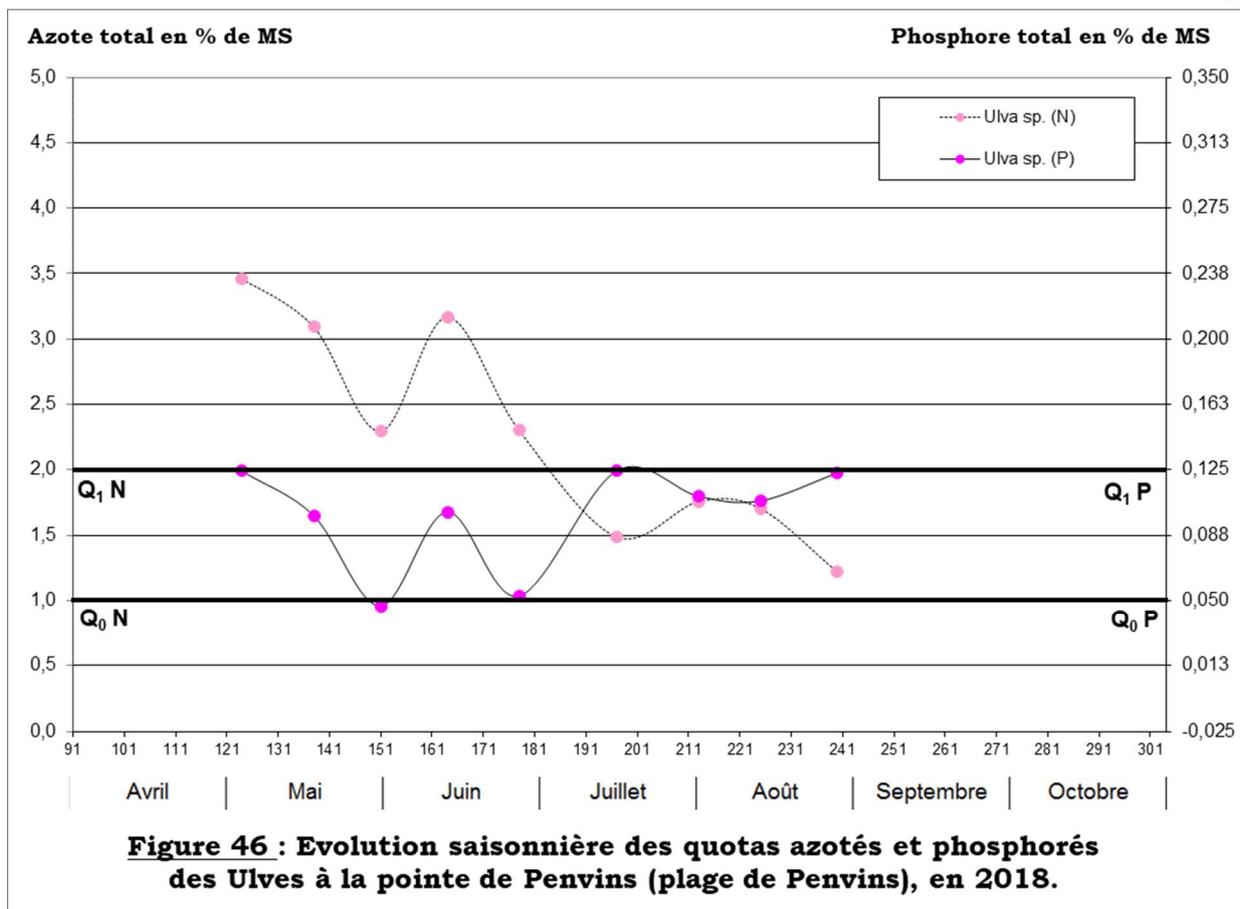














3.3.4. Evaluation des stocks totaux

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 2018.

- L'indicateur **dénombrement des sites touchés par des échouages d'ulves**, avec 86 sites repérés, indique un **repli sensible par rapport aux deux années antérieures 2016 et 2017 et au niveau moyen 2007-2017**. Le nombre de sites est **maximal en mai** indiquant, sur ce critère « dénombrement », une année précoce. Cela est principalement le fait du littoral sud (Morbihan en premier lieu) qui comportait beaucoup de « **petits** » sites touchés par des échouages d'ulves (cf. analyse sur le critère surfacique). Les inventaires suivants (juillet et septembre) montraient **un nombre de sites touchés par les ulves beaucoup plus limités**. L'année 2018 est également caractérisée par **le classement de sites pour des proliférations d'autres algues** : algues **vertes filamenteuses** sur certains sites du littoral nord, algues **brunes filamenteuses** (Ectocarpales) sur l'est du littoral costarmoricain mais aussi sur la baie de Douarnenez et même, pour la première fois à ce niveau, une amorce de prolifération sur le début de saison à Saint Michel en Grève. La prolifération de l'algue **rouge filamenteuse** (Falkenbergia) était également massive sur la **baie de Douarnenez qui n'a pas connu en 2018 de prolifération d'ulves**.
- **Les suivis surfaciques sur les sites sableux** montrent une prolifération tardive, **la plus tardive de la série 2002-2018** avec des surfaces de près de 10 fois inférieures au niveau moyen 2002-2017 (somme avril + mai). Après ce démarrage tardif, la surface régionale **progresses fortement en juin et en juillet** ce qui conduit à une surface **en juillet supérieure à la moyenne 2002-2017**. Cette forte progression « régionale » est en réalité issue de **réactions très différentes des sites**. Elle est avant tout le fait de la très forte croissance des proliférations sur la baie de Saint Brieuc et de la Fresnaye qui peut être mise en relation avec **des flux d'azote très élevés sur ces secteurs** (pluviométrie très excédentaire en début juin entraînant des débits et des flux excédentaires) et associée à des **conditions d'ensoleillement très favorables**. Le niveau **cumulé annuel sur les 7 inventaires**, principalement du fait du fort retard de la prolifération, est **sensiblement inférieur au niveau moyen 2002-2017 (- 30 %)** et encore plus fortement au niveau de l'année précédente 2017 (-50%). Le **suivi des vasières** (programme RCS) montrent des surfaces maximales annuelles cumulées sur le littoral suivi, **supérieures aux années moyennes**, et à toutes les années antérieures notamment du fait de fortes couvertures dans le Golfe du Morbihan.
- 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 prolifération contrastée (tardive, puis intense sur certains sites) comme cela a été le cas de l'année 2018. 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. Quant à la montée des proliférations de façon accélérée sur certaines baies (Saint Brieuc, par exemple) celle-ci est bien reliée à des teneurs élevées en azote dans les tissus des algues et donc à l'absence de limitation de la croissance à cette période. 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 Brieuc. D'autres baies, malgré des flux bas, ne montrent pas de limitation de la croissance des ulves par les nutriments. Cela indique des **niveaux d'effort sur ce**



paramètre à poursuivre pour obtenir une limitation des proliférations. 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 une meilleure perception de l'importance de la prolifération annuelle par les vols complémentaires (4 dates supplémentaires) 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 le caractère pluriannuel** des proliférations déjà mis en évidence pour les plus grandes baies « algues vertes ». Au contraire, l'année 2018 a été l'année la plus tardive de la série, avec néanmoins une croissance intense sur certaines baies pour lesquelles les flux étaient élevés et des proliférations d'ulves faibles ou encore la prolifération d'autres algues filamenteuses (baie de Douarnenez ou de Lancieux). Alors que sur d'autres sites, l'absence d'algue en début de saison n'a pas été compensée par cette croissance importante, ce qui a produit soit des proliférations d'ulves faibles soit une prolifération d'autres algues filamenteuses (baie de Douarnenez ou de Lancieux). Il est donc indispensable de poursuivre ces suivis afin de compléter cette série de données historiques permettant de mettre en évidence **le recul des proliférations déjà observé et** qui devrait se poursuivre à l'avenir avec la tendance à la baisse importante 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 2018

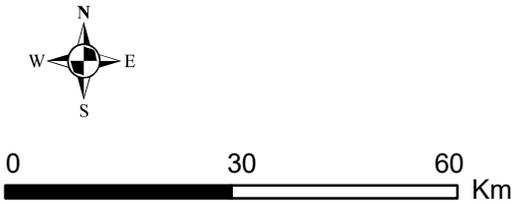
Sites touchés par des échouages d'ulves mai 2018



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 (63 sites)

- site sur sable
- site sur vase



Sites touchés par des échouages d'ulves juillet 2018



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 (51 sites)

- site sur sable
- site sur vase



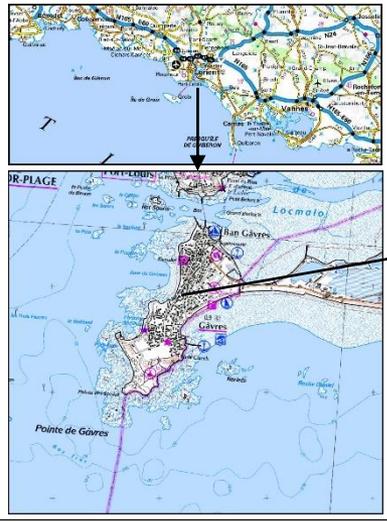
ANNEXE 2

EXEMPLE DE FICHE DE CONTRÔLE TERRAIN POUR UN SITE

Suivi des algues vertes sur le littoral Loire-Bretagne MAI 2018

POINTE DE GAVRES - Anse de Goêrem

(56)



Dépôt épais au niveau des rochers, constitué d'algues brunes et d'ulves de petites tailles et fragmentées. Présence d'andains de même composition.

Zones /gradient	Type d'algues échouées			Types d'algues vertes échouées		Type d'ulves		Taux recouvrement dépôt ulves	Identifications
	% AB	% AR	% AV	% ulves	% entéros	% libres	% arrachages		
1	40	20	40	100	0	0	100	30 à 100	<i>Ulva sp.</i>

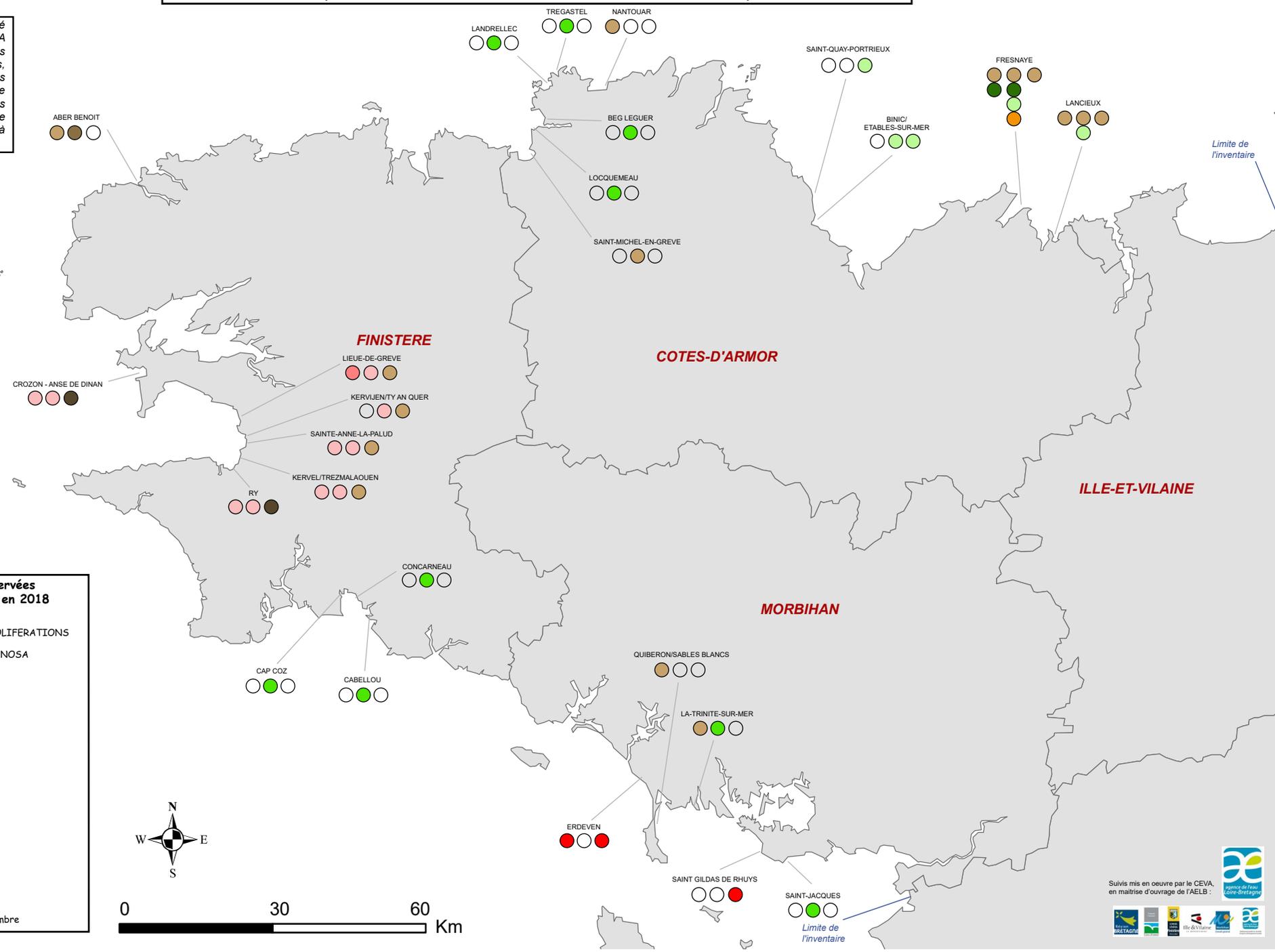


ANNEXE 3

SITES TOUCHES PAR DES PROLIFERATIONS D'AUTRES ALGUES EN 2018

Sites touchés par des proliférations d'algues en 2018 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.



Proliférations observées autres que les ulves en 2018

- ABSENCE D'AUTRES PROLIFERATIONS
- FALKENBERGIA RUFOLANOSA
- FALKENBERGIA SP.
- SOLIERIA
- SOLIERIA CHORDALIS
- CLADOPHORA SP.
- ENTEROMORPHA SP.
- ULVARIA
- ECTOCARPALES
- PYLAIELLA SP.
- ECTOCARPUS SP.
- POLYSIPHONIA SP.

○ ○ ○
mai juillet septembre



ANNEXE 4

TAILLE MAXIMUM DES SITES A ULVES SUR PLAGES EN 2018



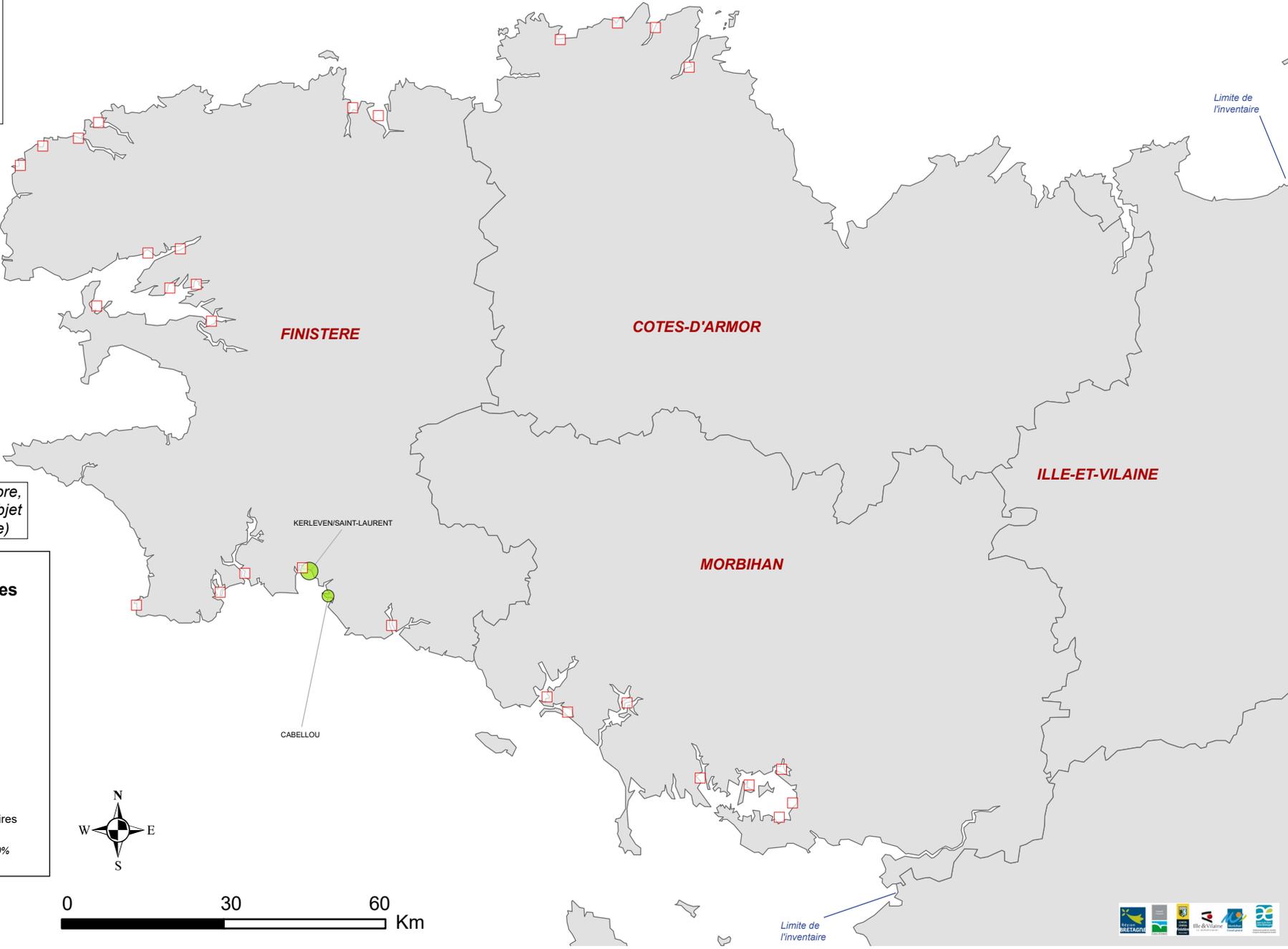
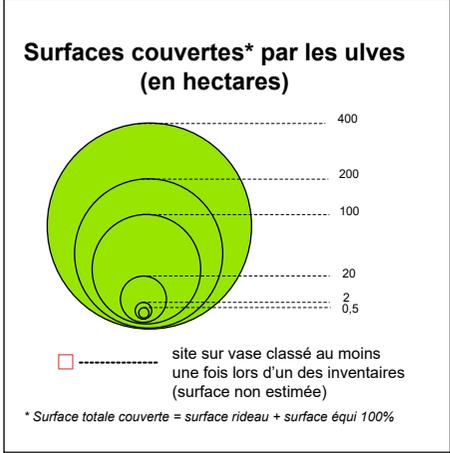
ANNEXE 5

- SURFACES COUVERTES PAR SITE POUR LES MISSIONS D'AVRIL A OCTOBRE 2018
- SURFACES COUVERTES PAR SITE POUR LES MISSIONS D'AVRIL A OCTOBRE DES ANNEES 2002 à 2018
- SURFACES COUVERTES PAR SITE D'AVRIL A OCTOBRE EN MOYENNE SUR 2002-2013

Surfaces couvertes par les ulves avril 2018

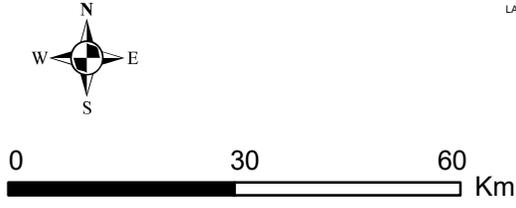
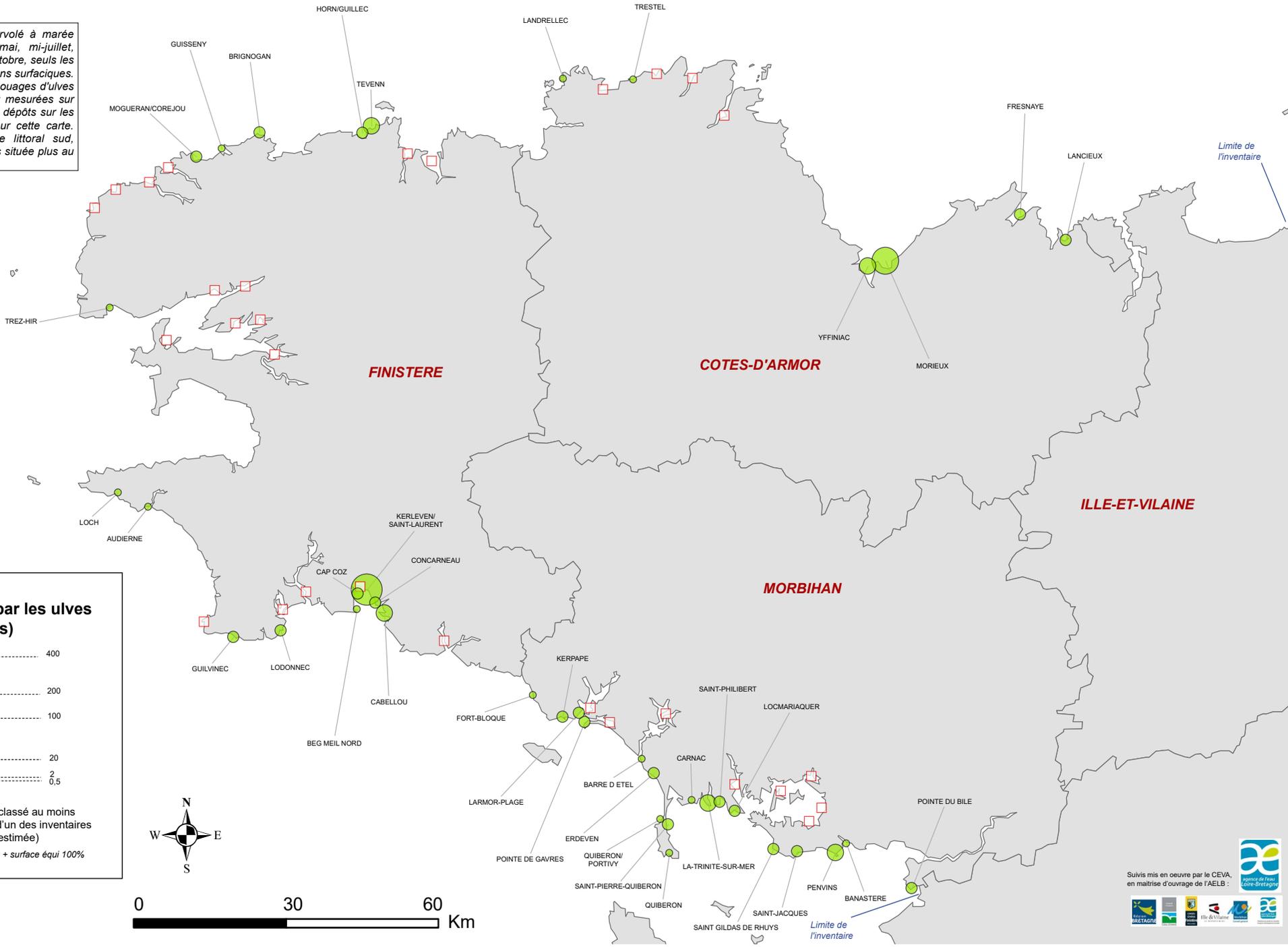
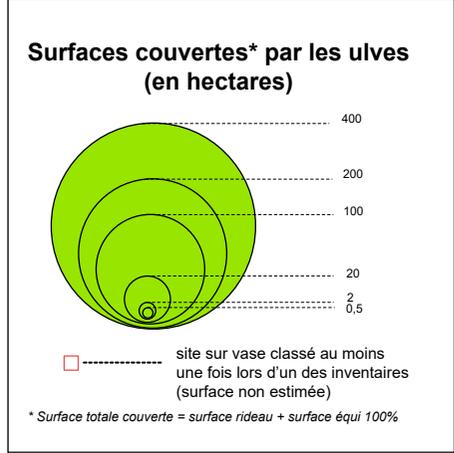
L'ensemble du linéaire côtier est survolé à marée basse de fort coefficient à la mi-mai, mi-juillet, mi-septembre. En avril, juin, août et octobre, seuls les sites principaux font l'objet d'estimations surfaciques. Pour tous les sites présentant des échouages d'ulves sur sable, les surfaces de dépôt 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 2018

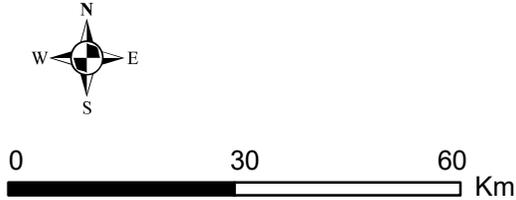
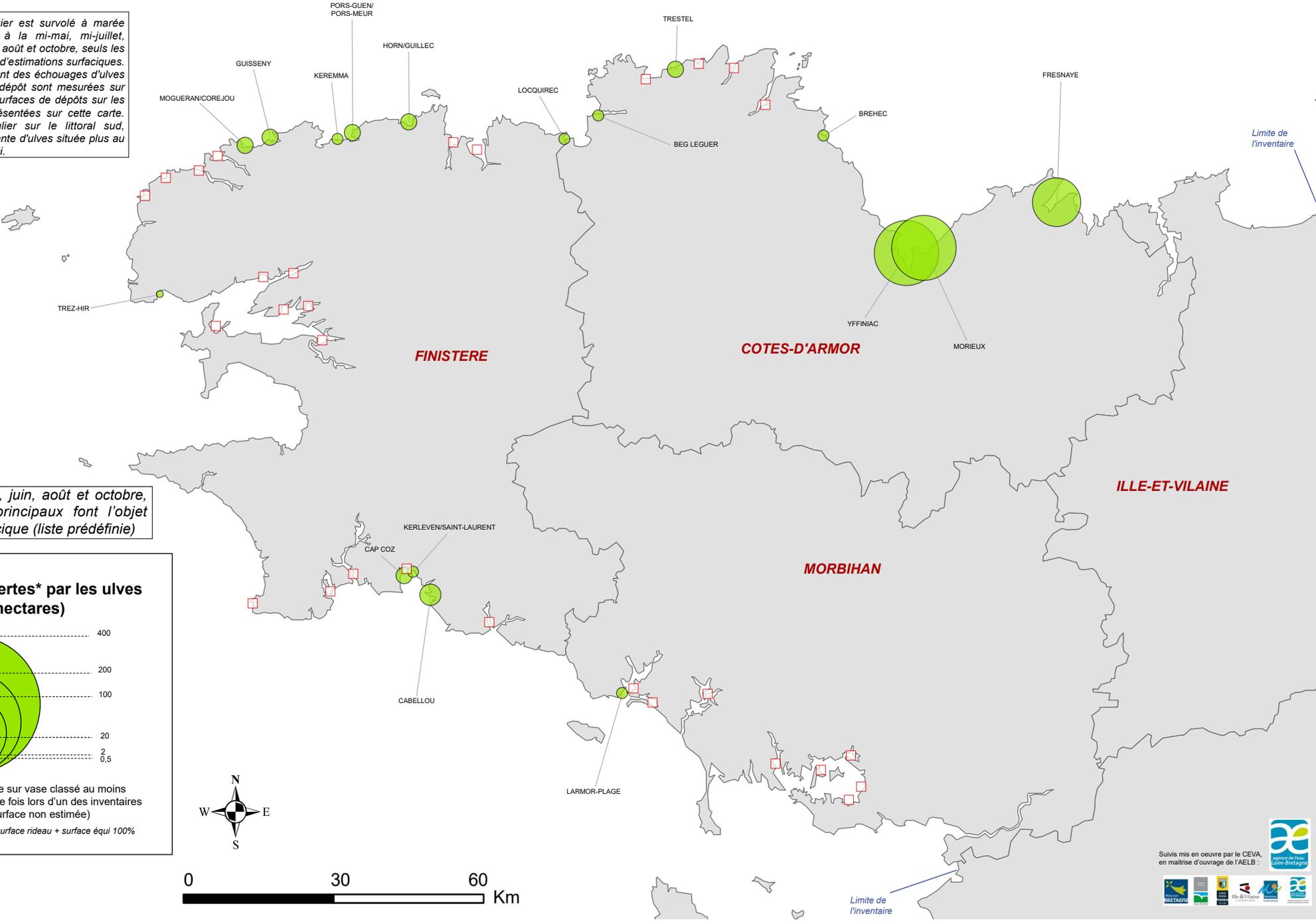
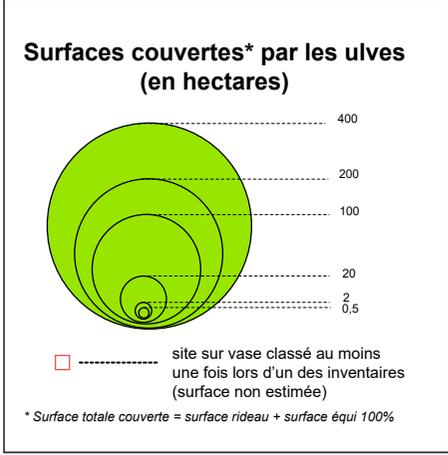
L'ensemble du linéaire côtier est survolé à marée basse de fort coefficient à la mi-mai, mi-juillet, mi-septembre. En avril, juin, août et octobre, seuls les sites principaux font l'objet d'estimations surfaciques. Pour tous les sites présentant des échouages d'ulves sur sable, les surfaces de dépôt 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 2018

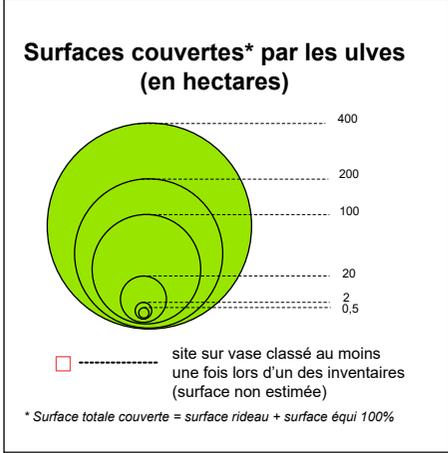
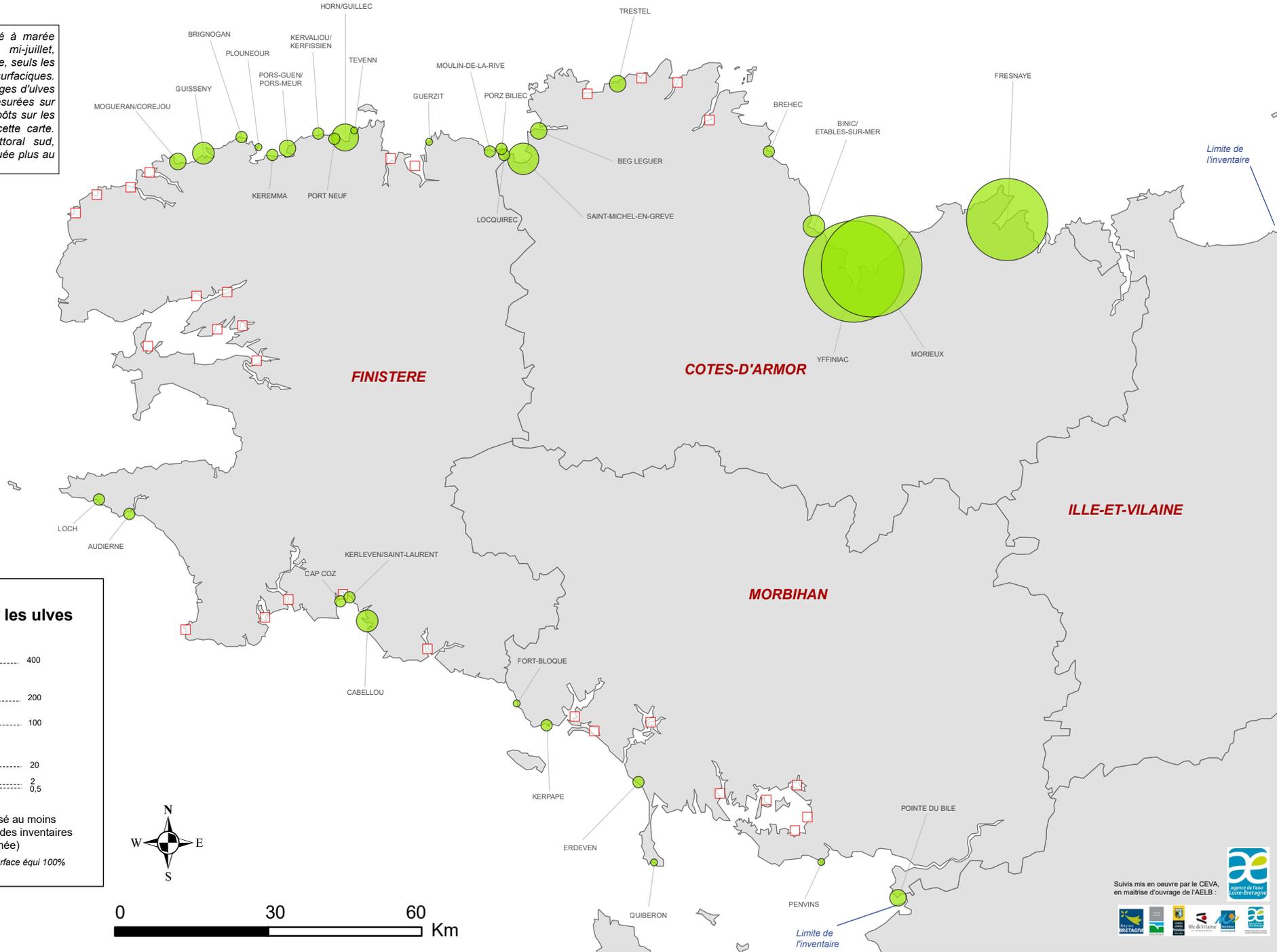
L'ensemble du linéaire côtier est survolé à marée basse de fort coefficient à la mi-mai, mi-juillet, mi-septembre. En avril, juin, août et octobre, seuls les sites principaux font l'objet d'estimations surfaciques. Pour tous les sites présentant des échouages d'ulves sur sable, les surfaces de dépôt 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 2018

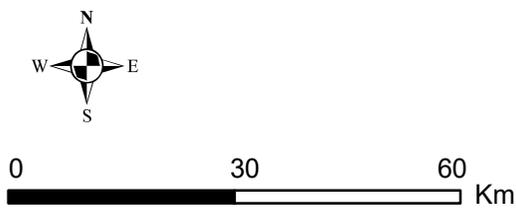
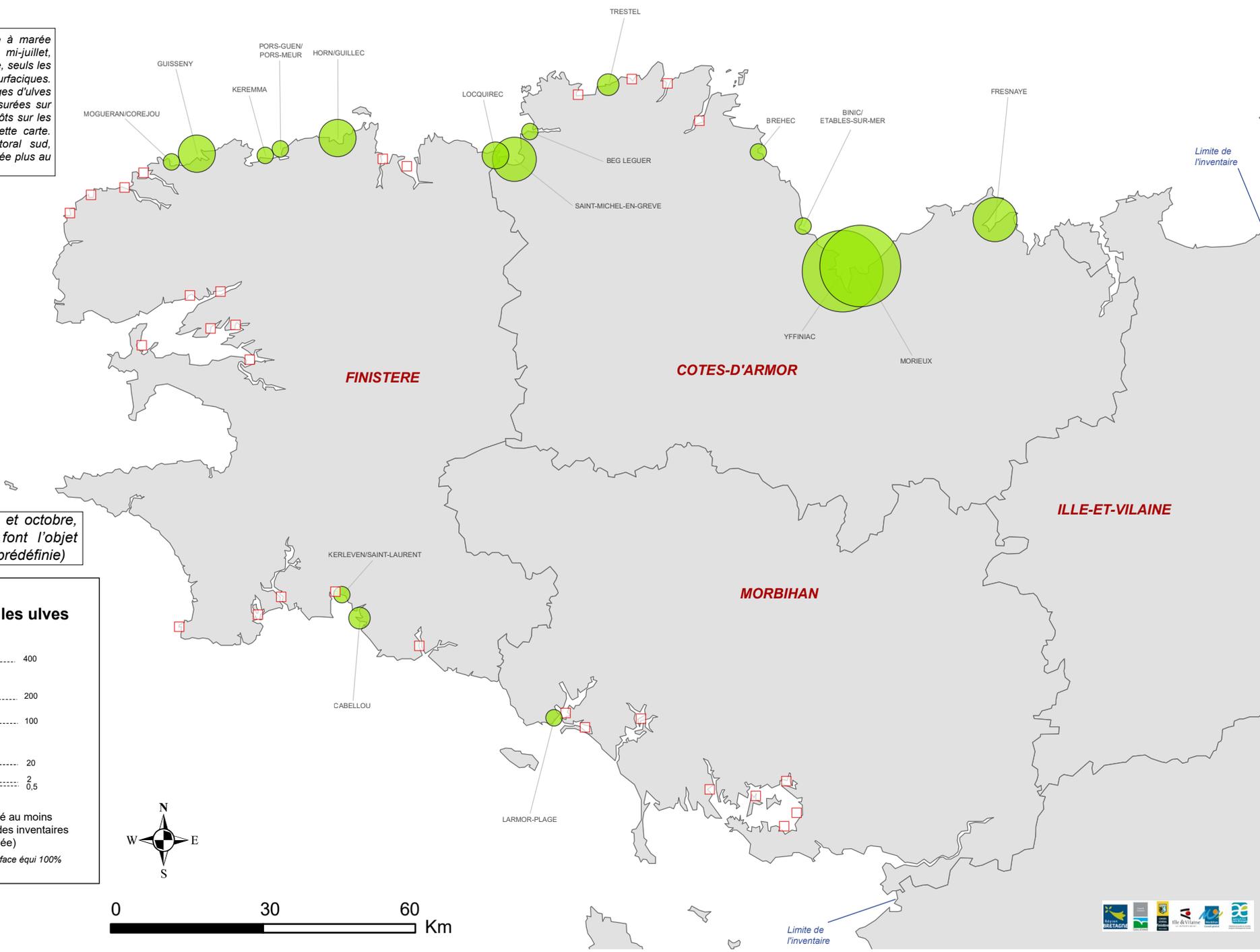
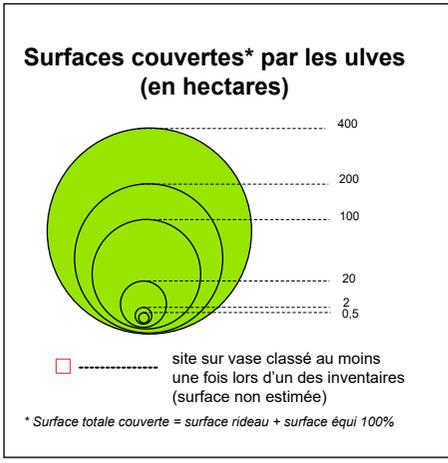
L'ensemble du linéaire côtier est survolé à marée basse de fort coefficient à la mi-mai, mi-juillet, mi-septembre. En avril, juin, août et octobre, seuls les sites principaux font l'objet d'estimations surfaciques. Pour tous les sites présentant des échouages d'ulves sur sable, les surfaces de dépôt 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 2018

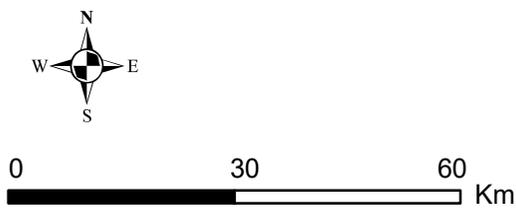
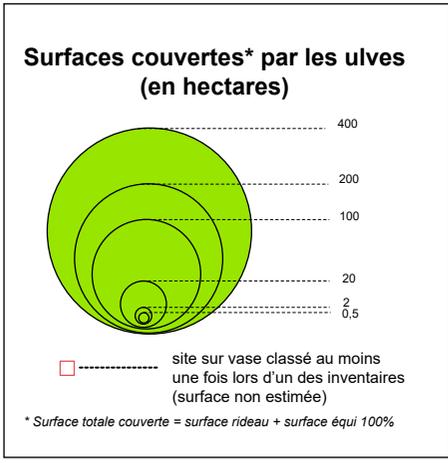
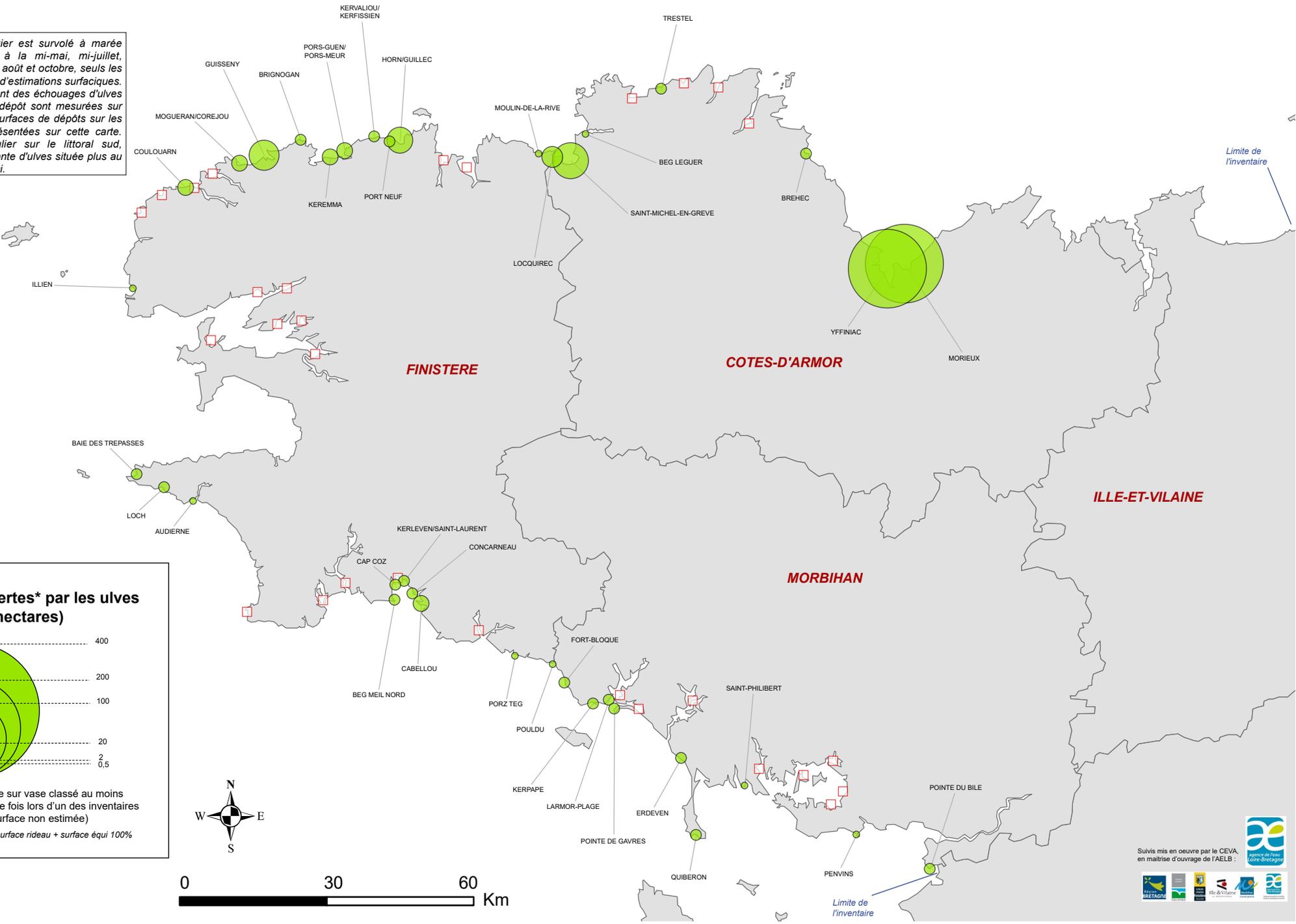
L'ensemble du linéaire côtier est survolé à marée basse de fort coefficient à la mi-mai, mi-juillet, mi-septembre. En avril, juin, août et octobre, seuls les sites principaux font l'objet d'estimations surfaciques. Pour tous les sites présentant des échouages d'ulves sur sable, les surfaces de dépôt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



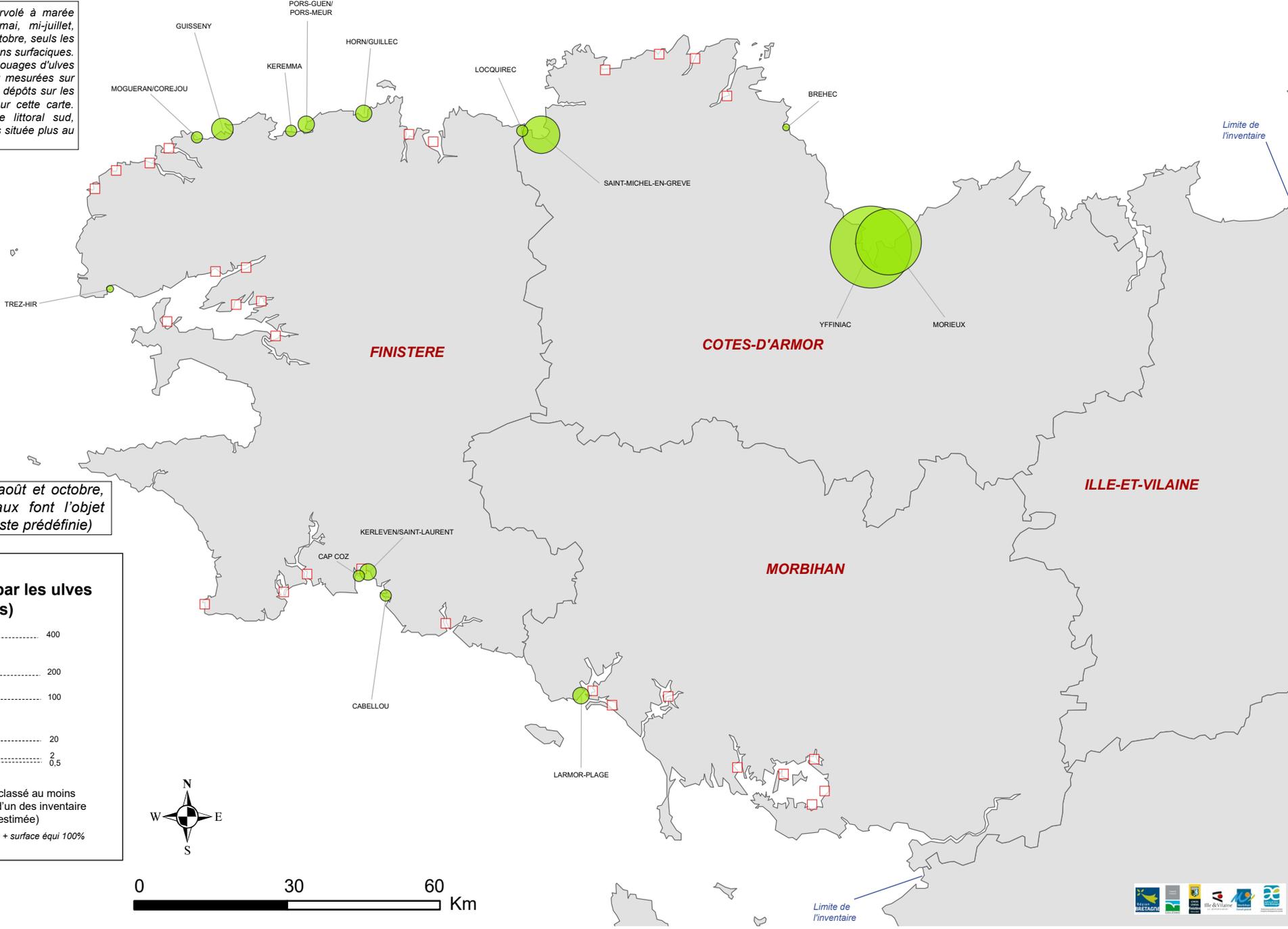
Surfaces couvertes par les ulves septembre 2018

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.

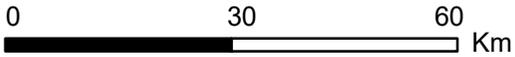
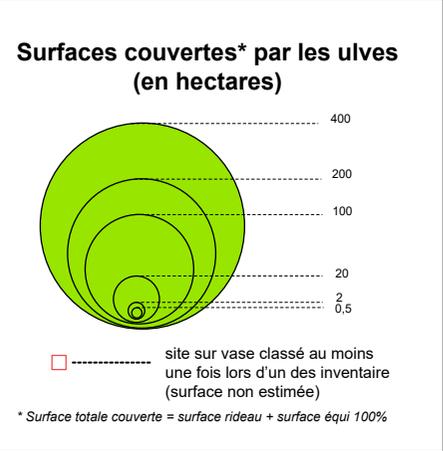


Surfaces couvertes par les ulves octobre 2018

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.

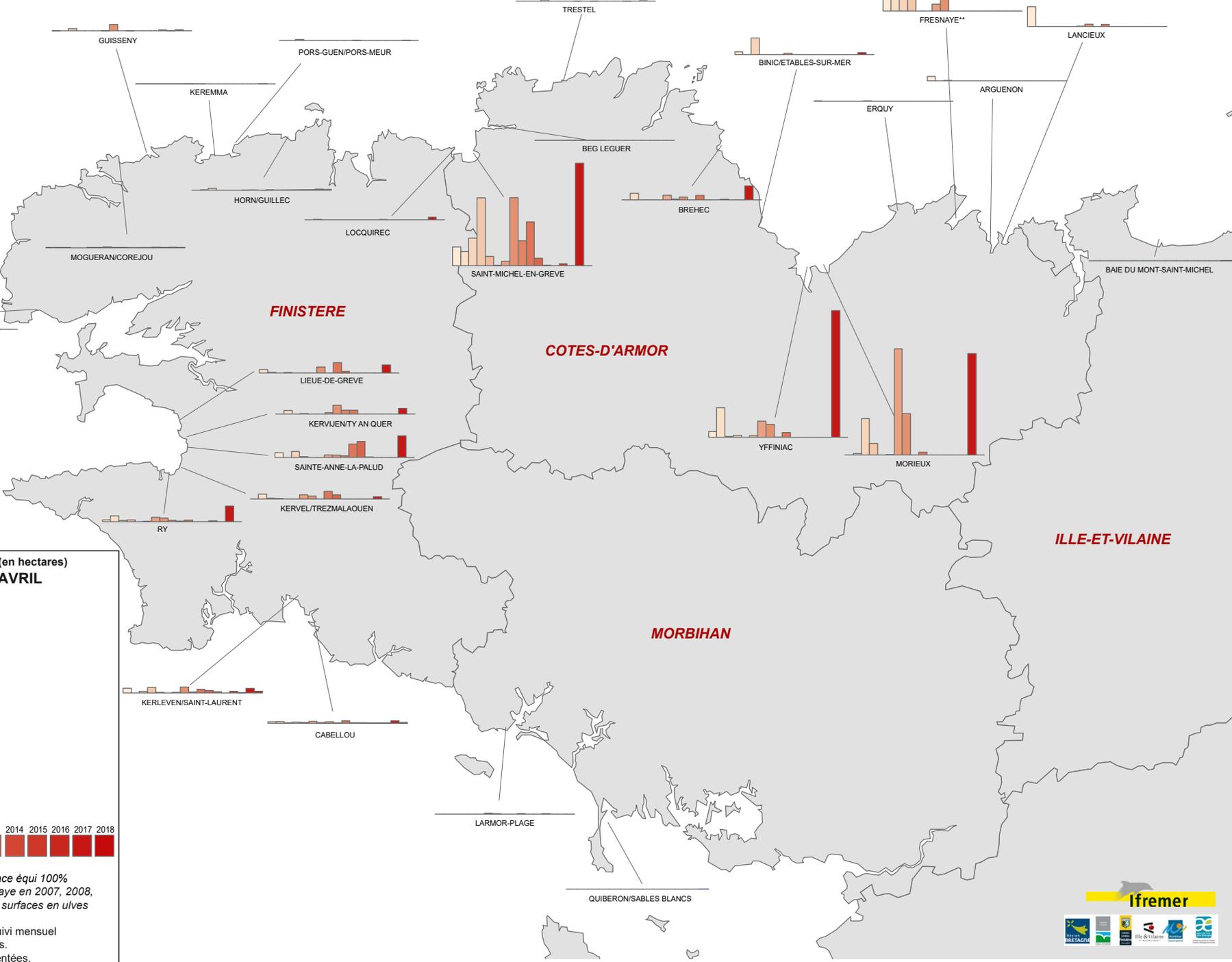


A noter : en avril, juin, août et octobre, seuls les sites principaux font l'objet d'évaluation surfacique (liste prédéfinie)

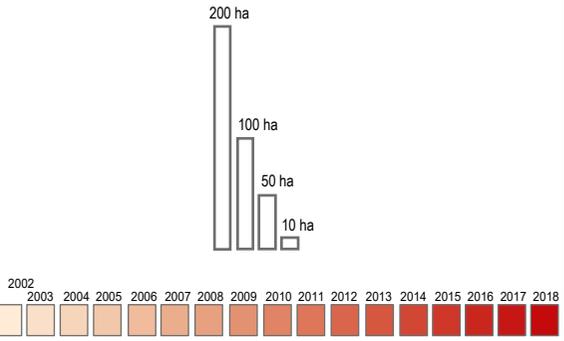


Variation des échouages d'ulves sur les principaux sites entre 2002 et 2018 (situation d'avril)

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:

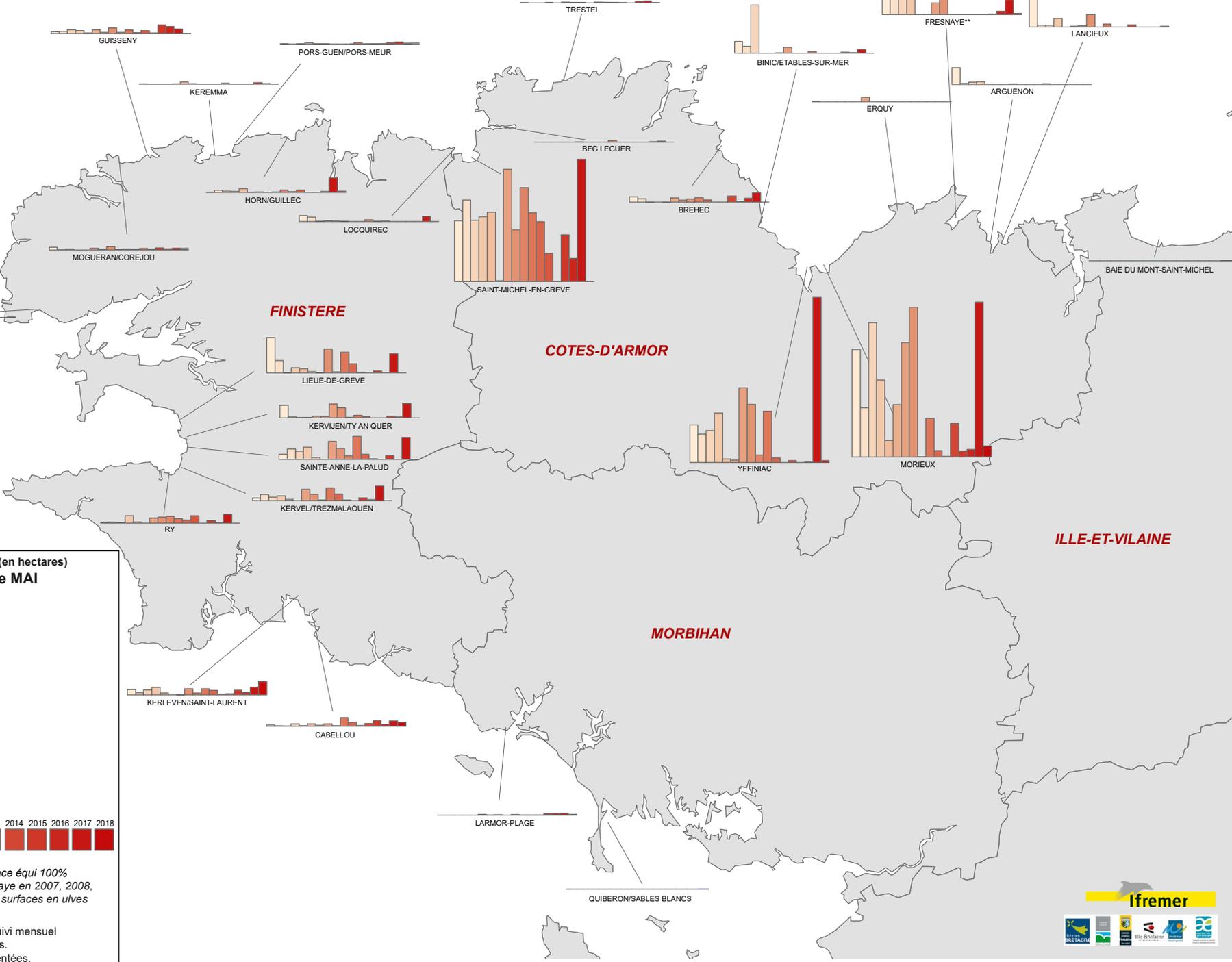


* surface totale couverte = surface riveau + surface équi 100%
 ** dépôts d'Ulvaria ("ulvoïde") sur la baie de la Fresnaye en 2007, 2008, 2009, 2015, 2016, 2017 et 2018 intégrés ici comme surfaces en ulves

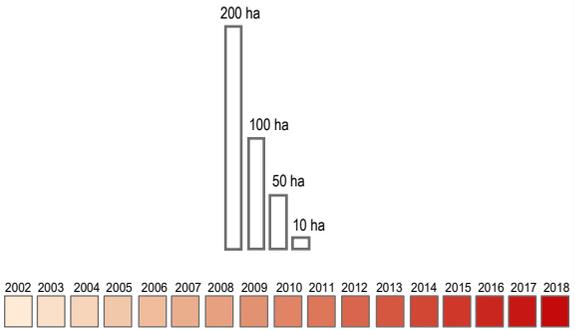
Seuls les sites de "plage" faisant l'objet d'un suivi mensuel entre avril et octobre sont représentés.
 Surfaces des sites de vaseière non représentées.

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.



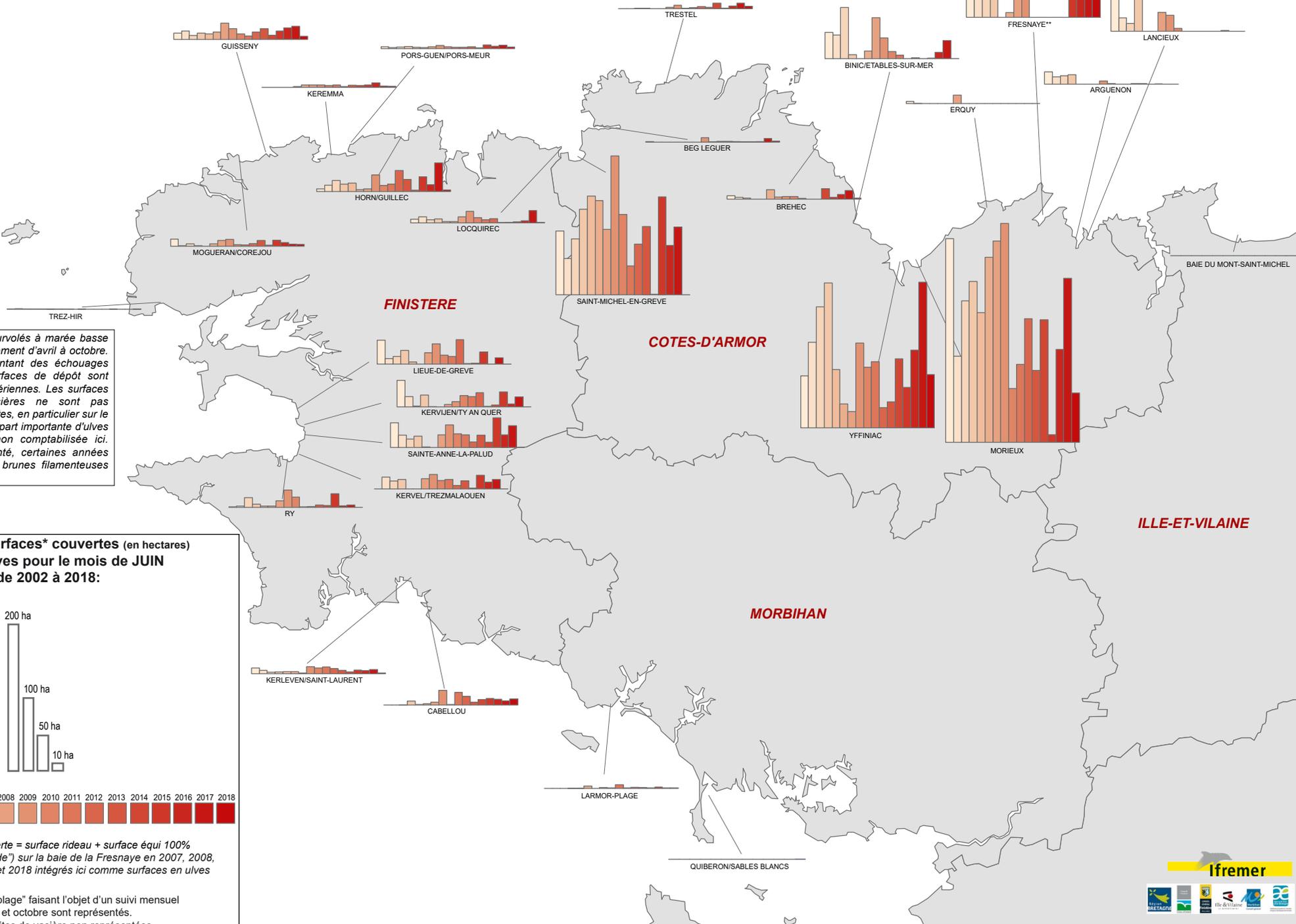
Somme des surfaces* couvertes (en hectares) par les ulves pour le mois de MAI de 2002 à 2018:



* 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

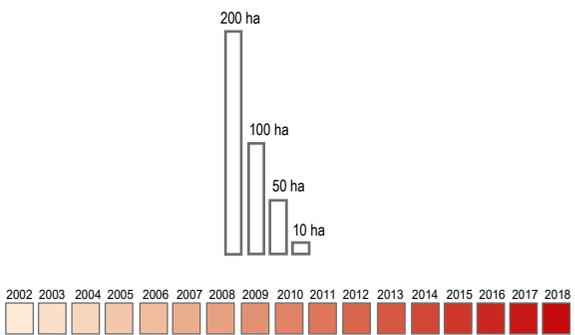
Seuls les sites de "plage" faisant l'objet d'un suivi mensuel entre avril et octobre sont représentés. Surfaces des sites de vase à non représentées.

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.

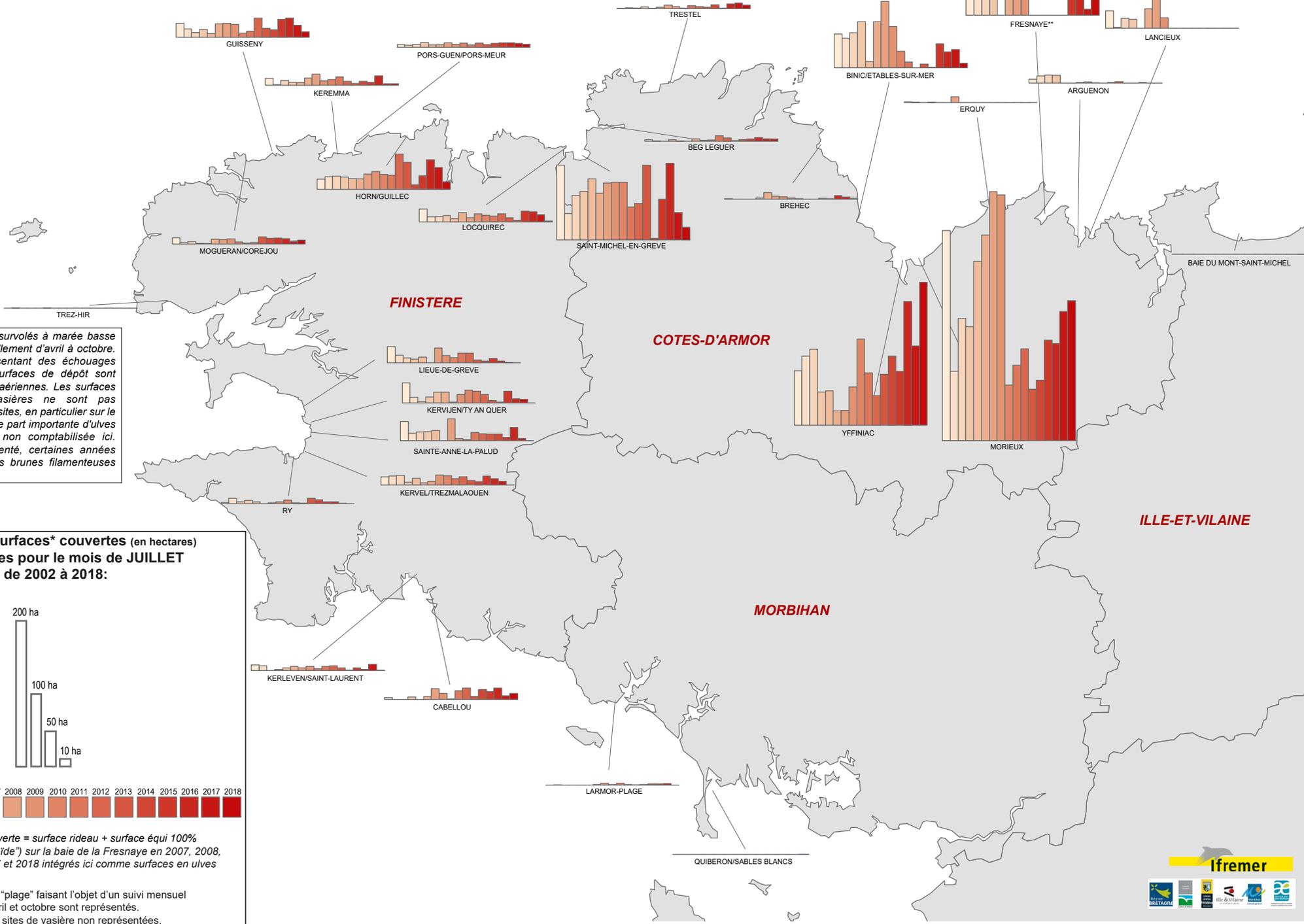
Somme des surfaces* couvertes (en hectares) par les ulves pour le mois de JUN de 2002 à 2018:



* 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

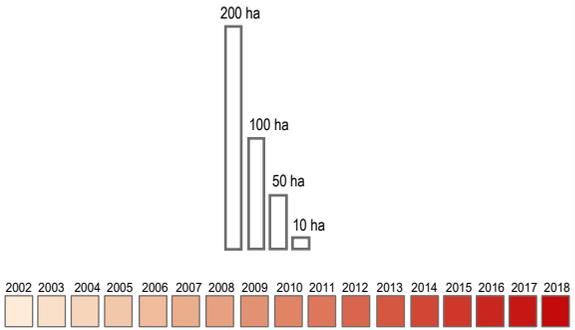
Seuls les sites de "plage" faisant l'objet d'un suivi mensuel entre avril et octobre sont représentés. Surfaces des sites de vaseière non représentées.

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 vaseière non représentées.

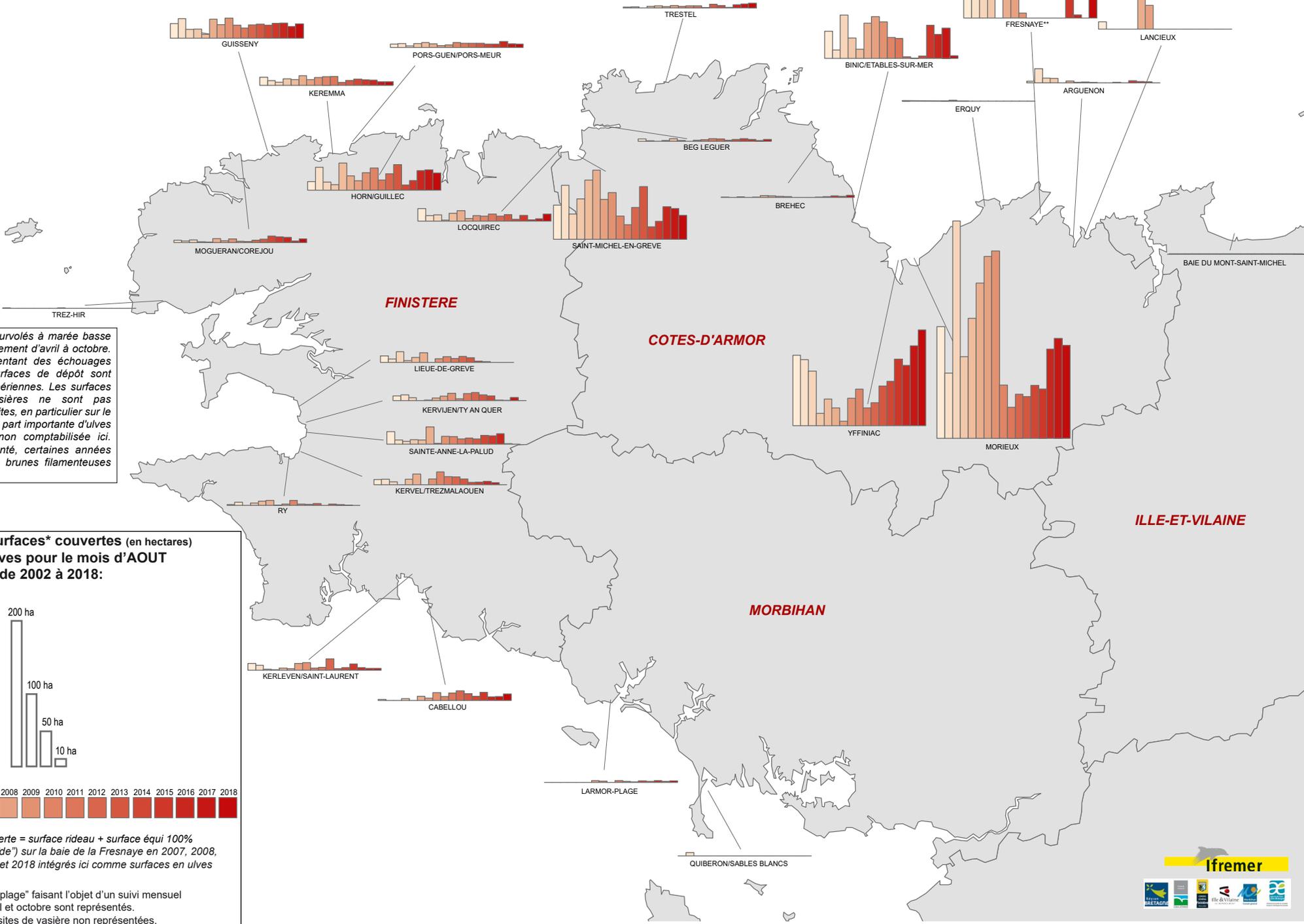
ILLE-ET-VILAINE

MORBIHAN

COTES-D'ARMOR

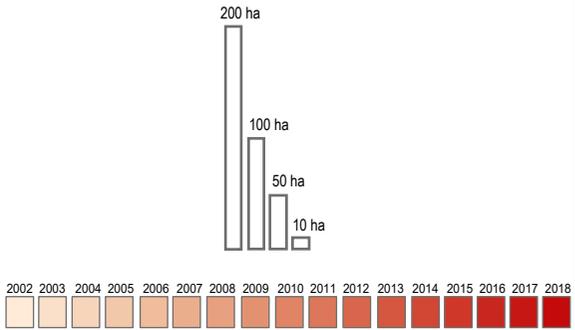
FINISTERE

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.

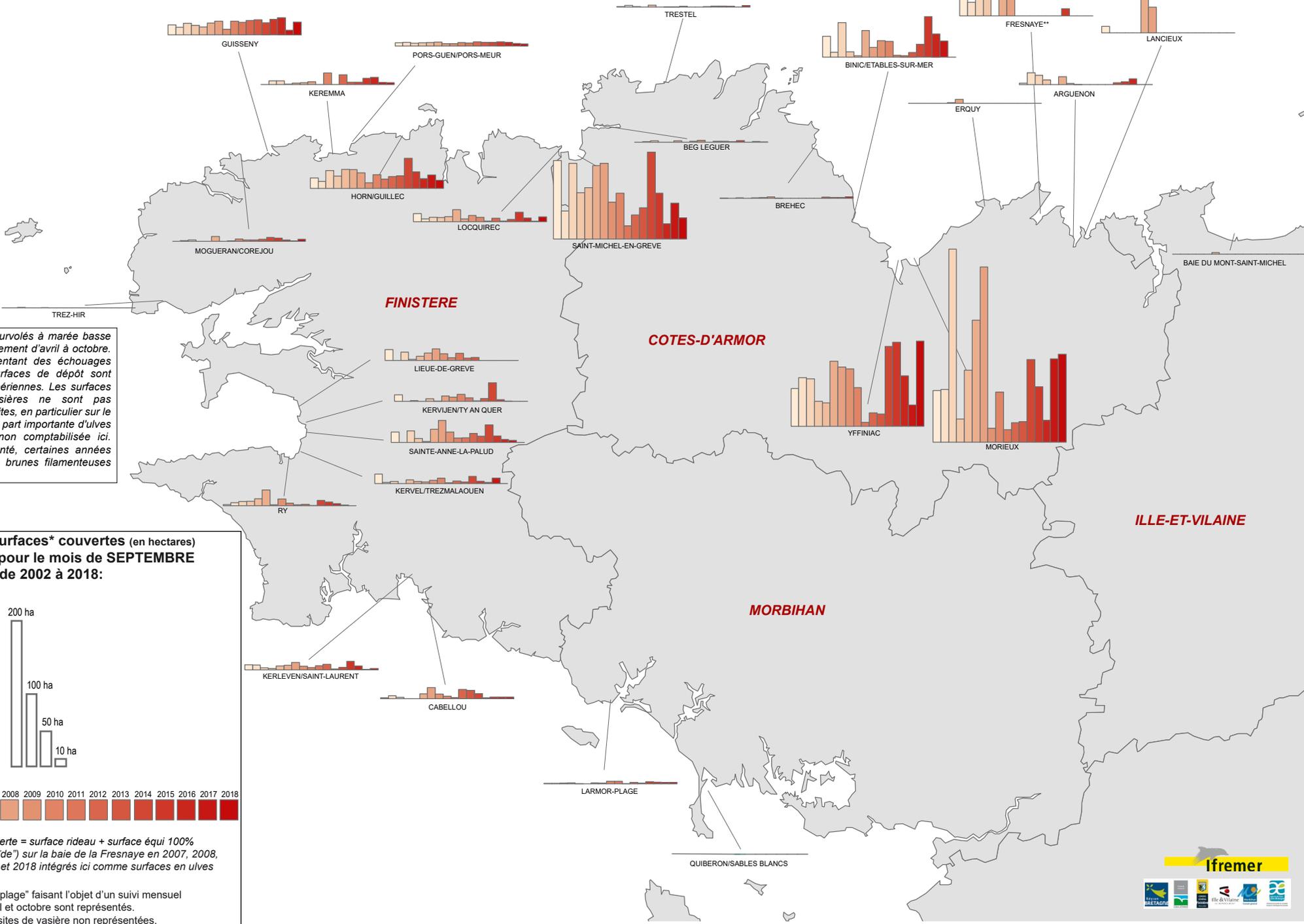
Somme des surfaces* couvertes (en hectares) par les ulves pour le mois d'AOÛT de 2002 à 2018:



* 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 non représentées.

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



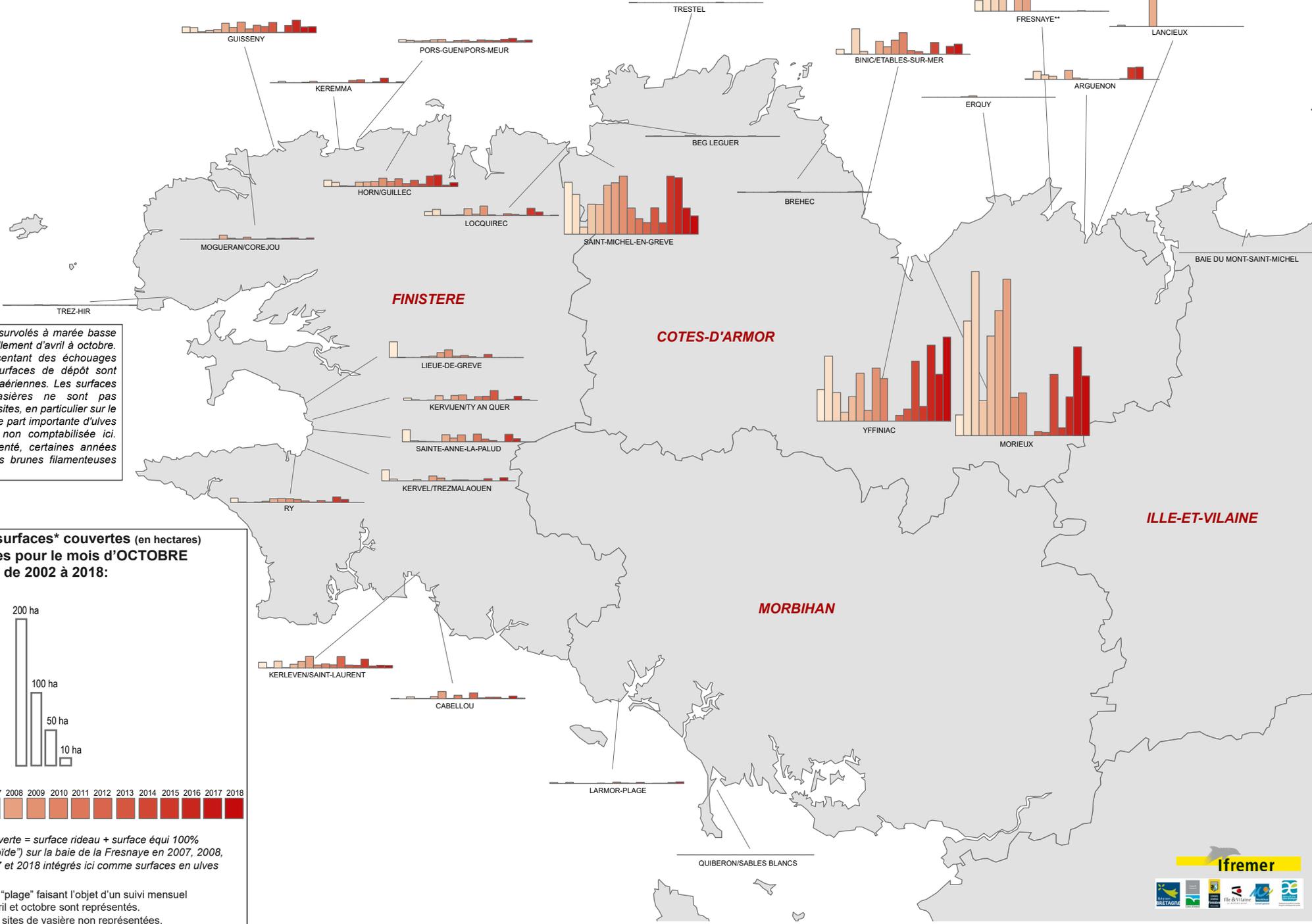
ILLE-ET-VILAINE

MORBIHAN

COTES-D'ARMOR

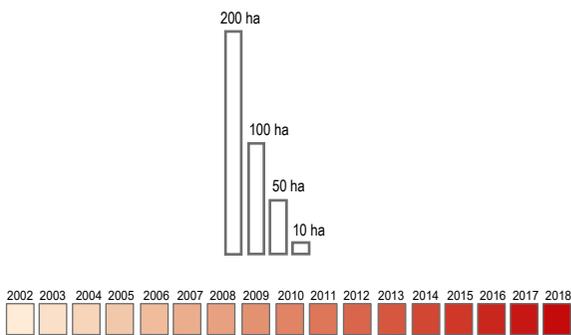
FINISTERE

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.

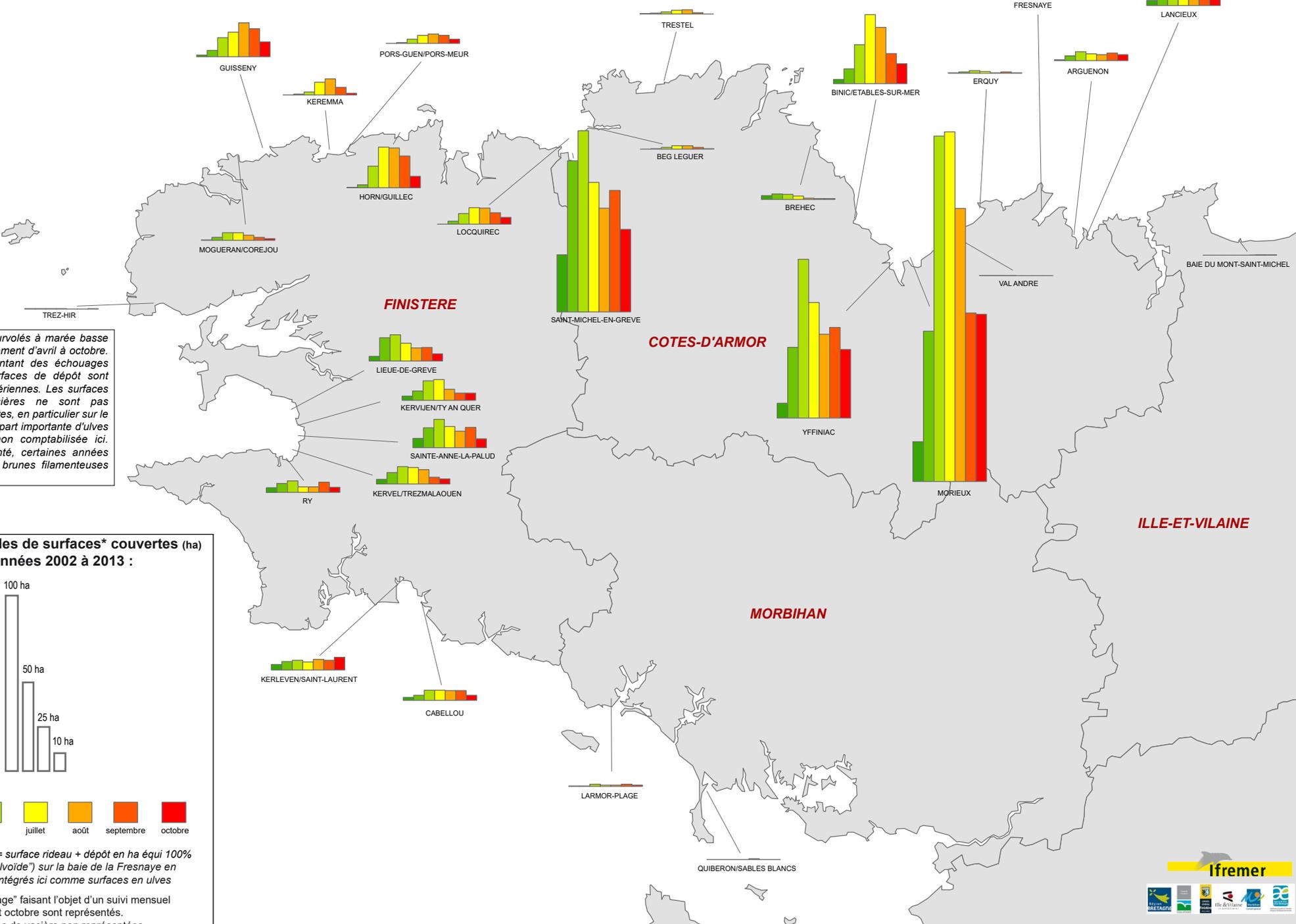
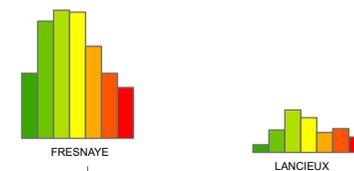
Somme des surfaces* couvertes (en hectares) par les ulves pour le mois d'OCTOBRE de 2002 à 2018:



* 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

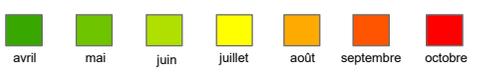
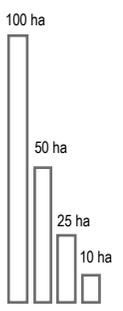
Seuls les sites de "plage" faisant l'objet d'un suivi mensuel entre avril et octobre sont représentés.
 Surfaces des sites de vase à non représentées.

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



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

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



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



ANNEXE 6

FICHES DE SYNTHÈSE POUR LES PRINCIPAUX SITES POUR 2018

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*



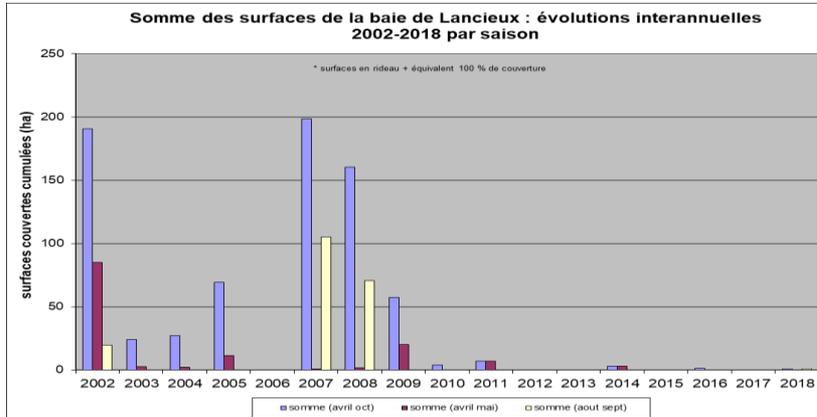
11/08/2018 100% ectocarpales



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*



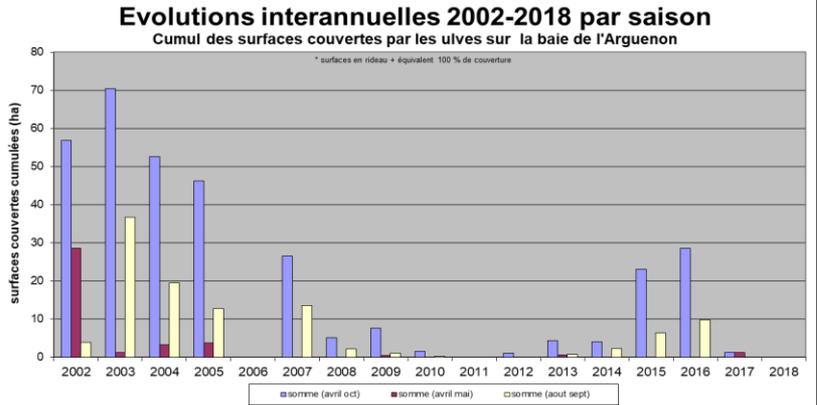
11/08/2018 *Majorité d'entéromorphes et un peu de Pylaiella*



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*



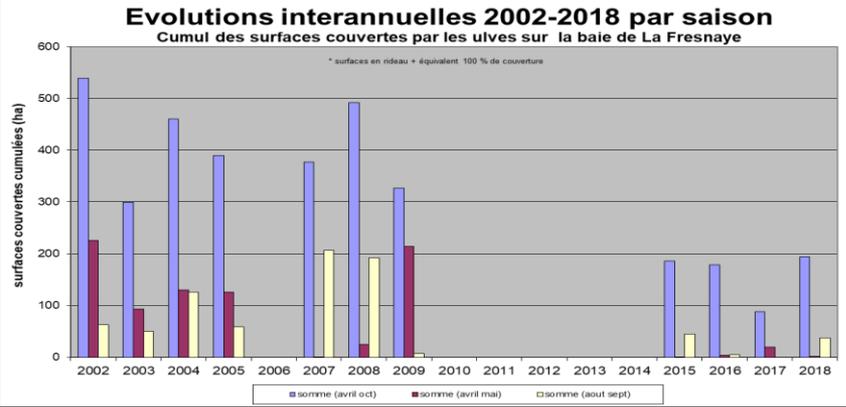
11/08/2018 *Polysiphonia, Ulvaria* et *Pylaiella*



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

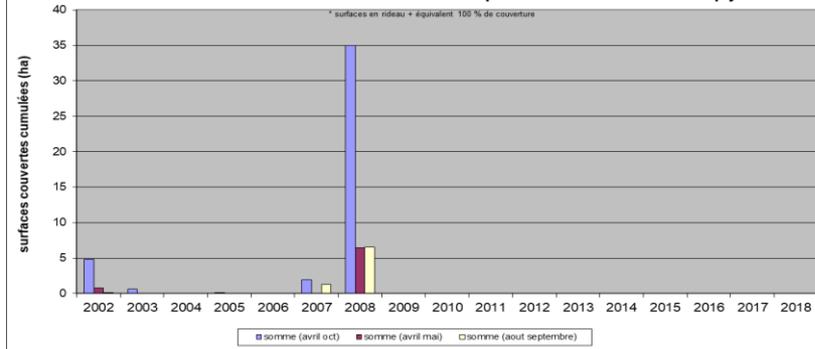


11/09/2018



Evolutions 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



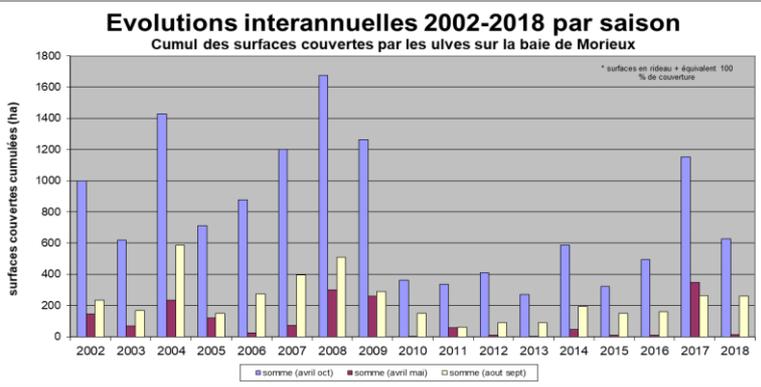
11/08/2018



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

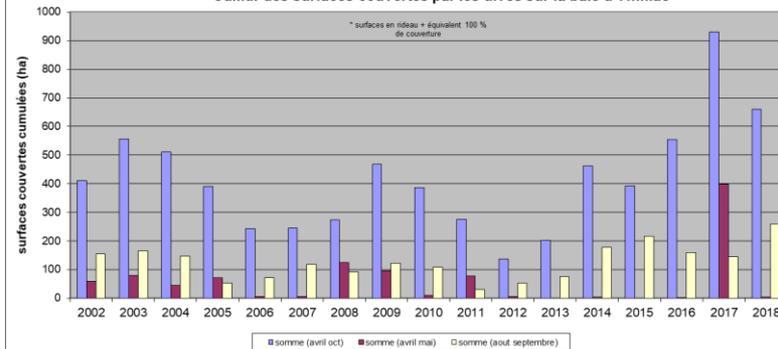


09/10/2018 Légère présence d'ectocarpales



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*



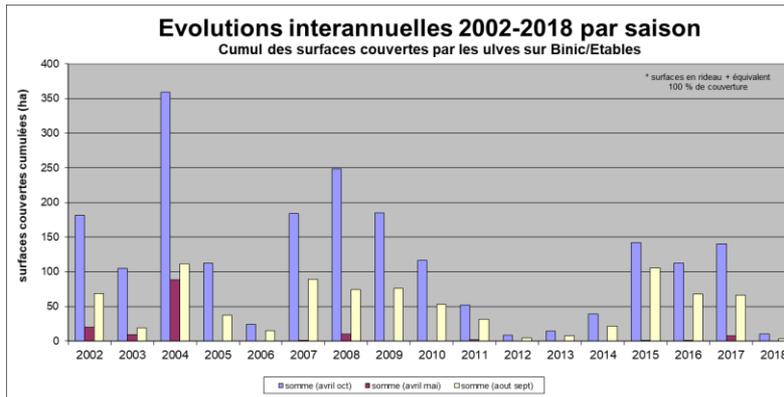
11/08/2018 *Cladophora*



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



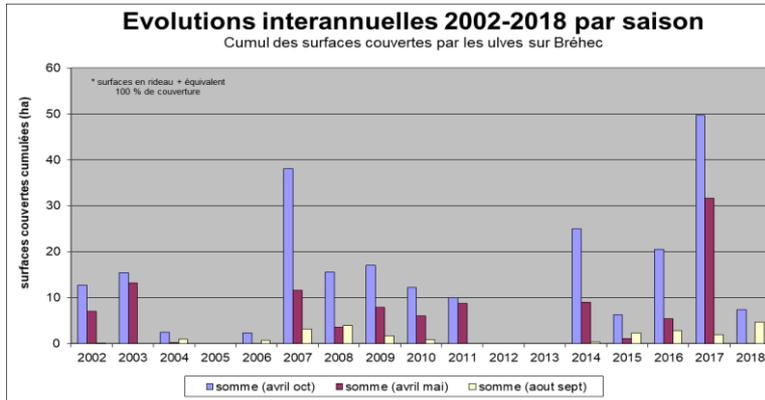
11/08/2018



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



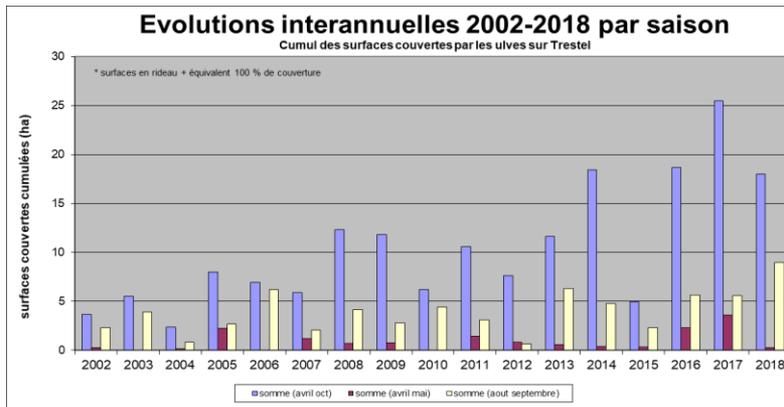
11/08/2018



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



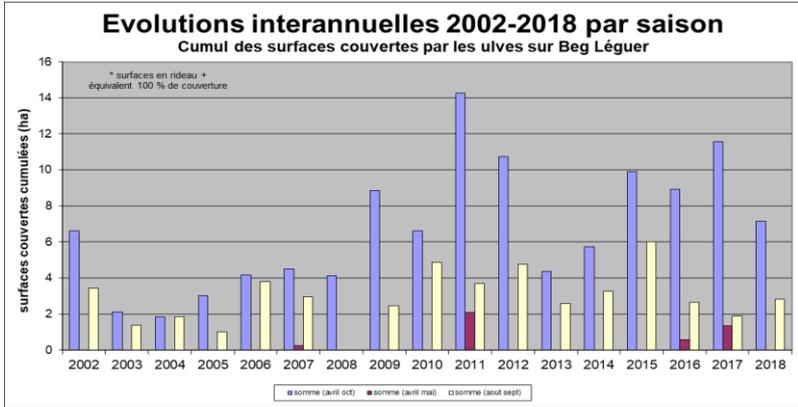
11/08/2018



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



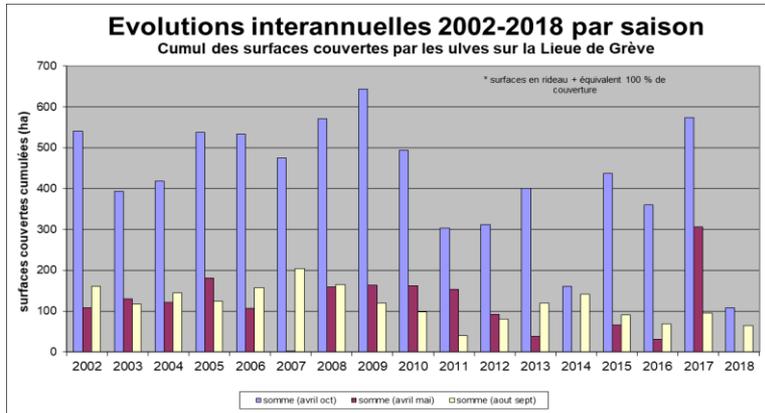
11/08/2018



11/09/2018



09/10/2018



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



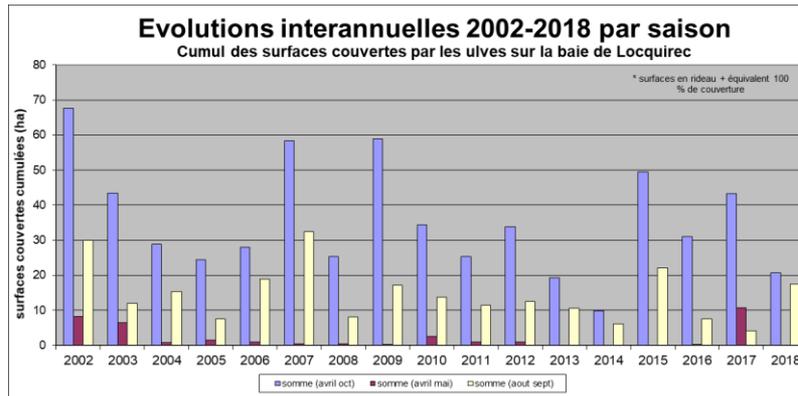
11/08/2018



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



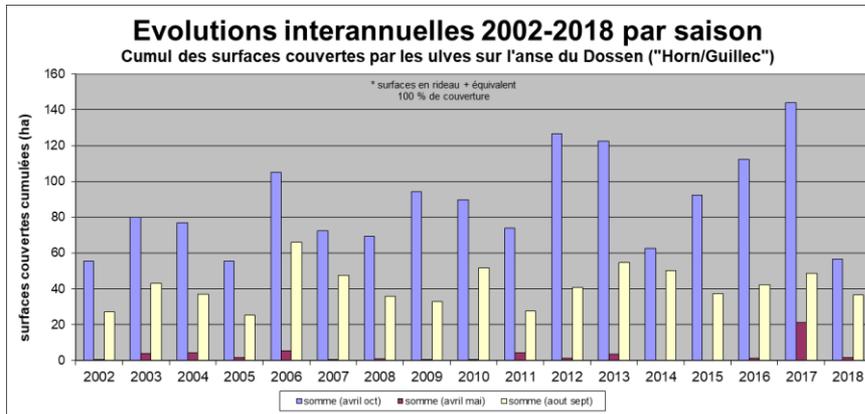
11/08/2018



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



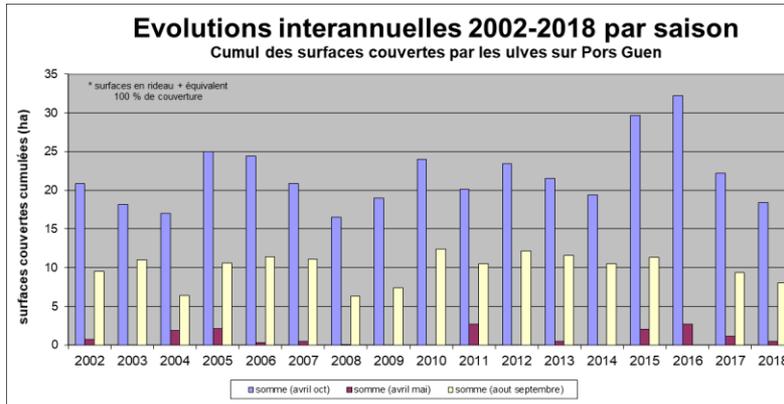
11/08/2018



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



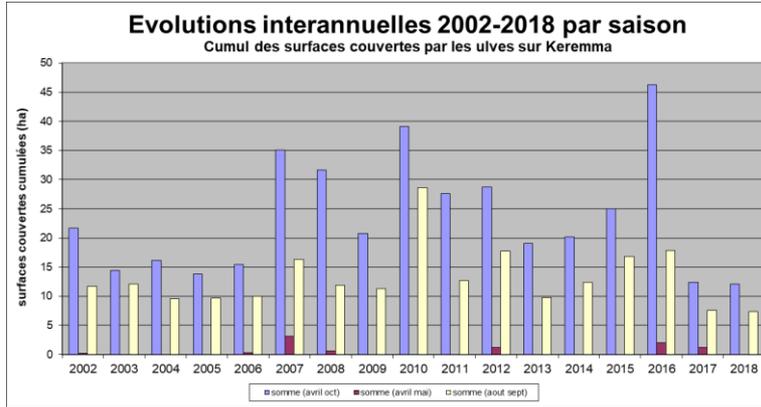
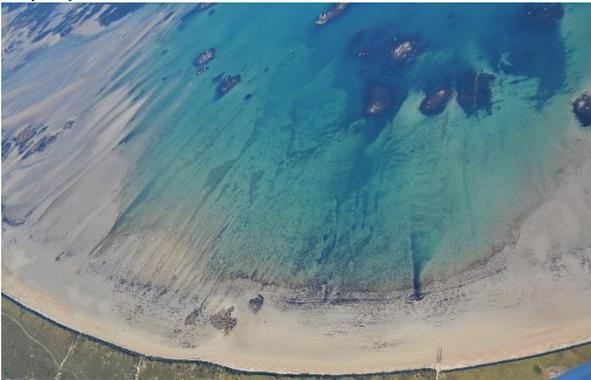
11/08/2018



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



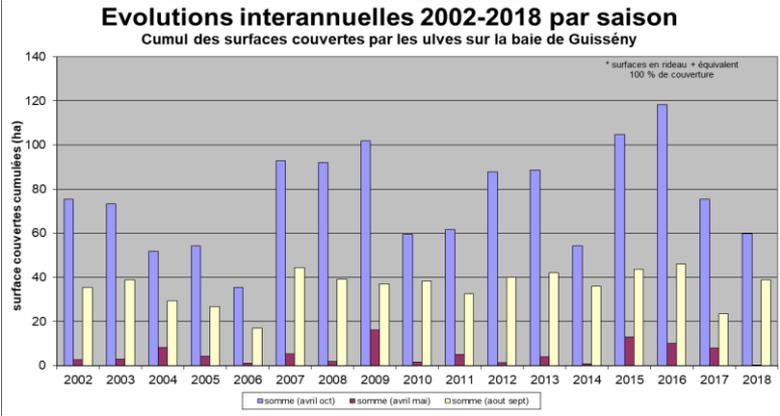
11/08/2018



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



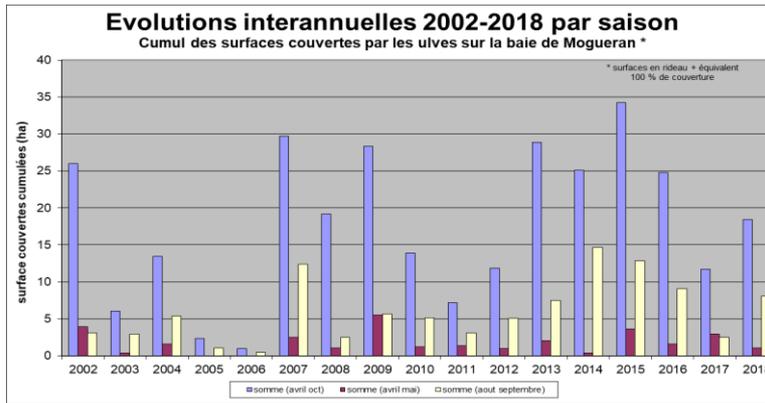
11/08/2018



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



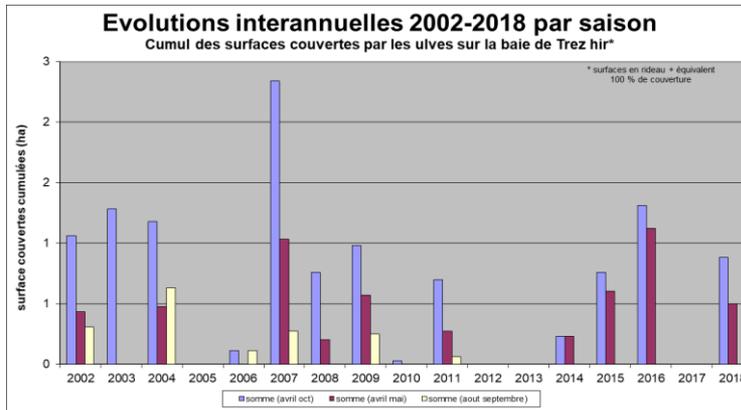
11/08/2018



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 LIEU DE GREVE

18/04/2018



15/05/2018 *Falkenbergia*



12/06/2018 *Falkenbergia*



12/07/2018 *Falkenbergia*



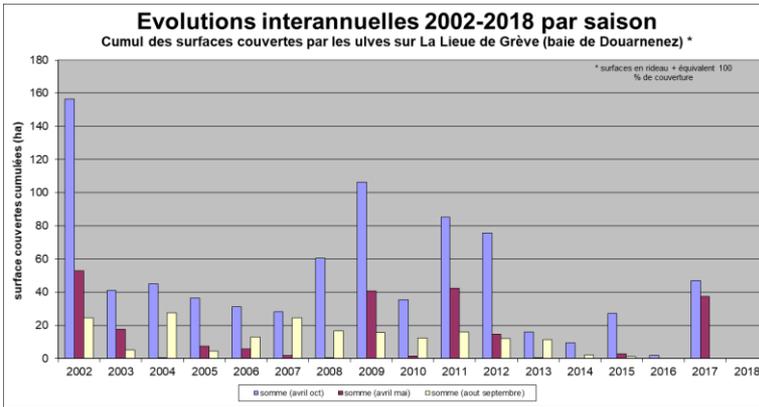
11/08/2018 *Ectocarpales*



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



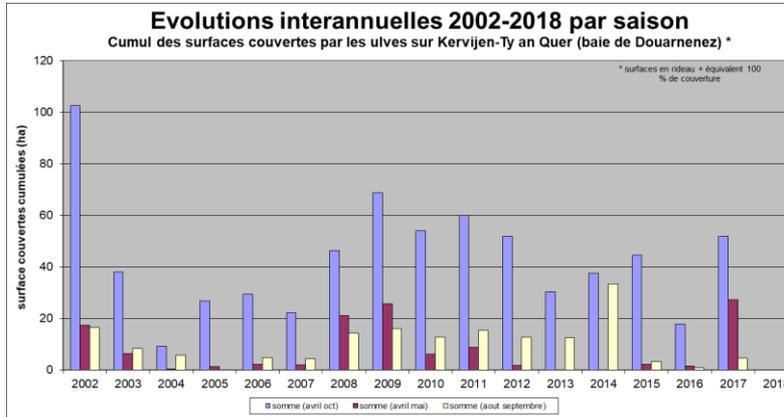
11/08/2018 *Ectocarpales et Cladophora*



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*



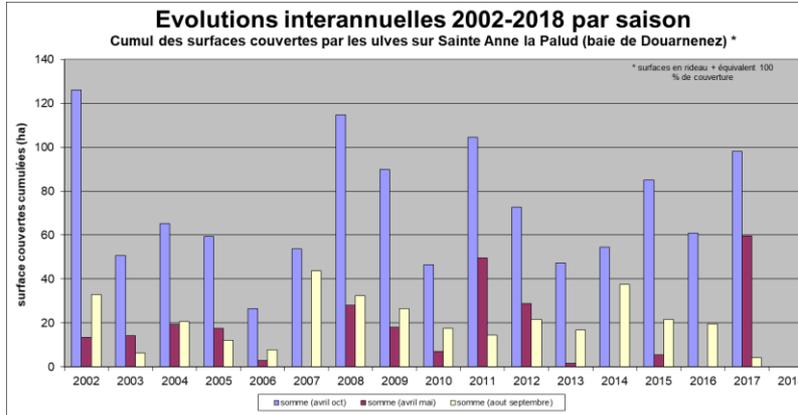
11/08/2018 *Ectocarpales* et *Cladophora*



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



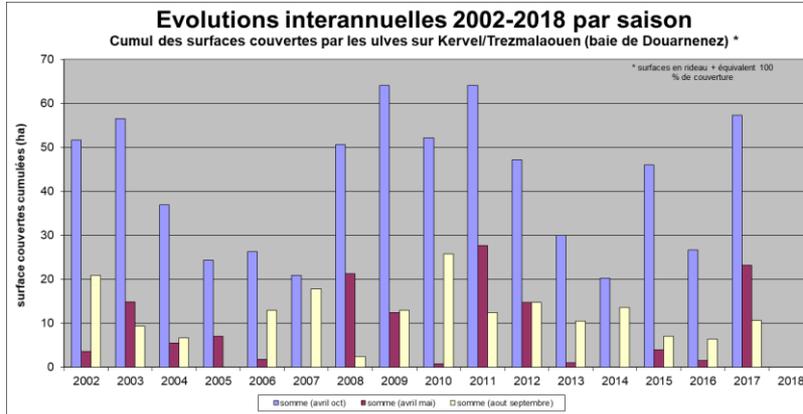
11/08/2018 *Ectocarpales et Cladophora*



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 *Ectocarpaceles* et un peu de *cladophora*

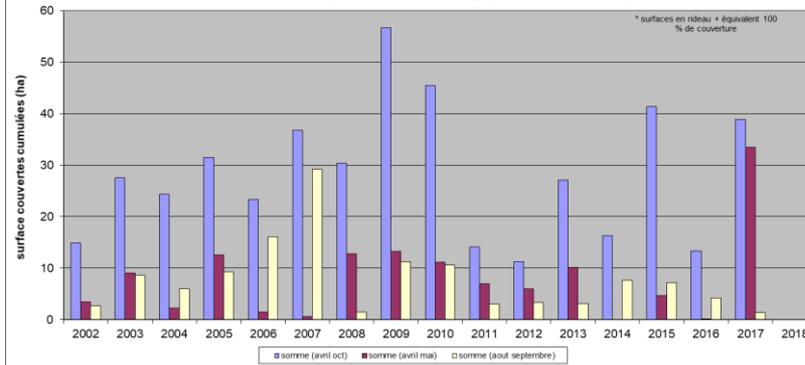


09/10/2018



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



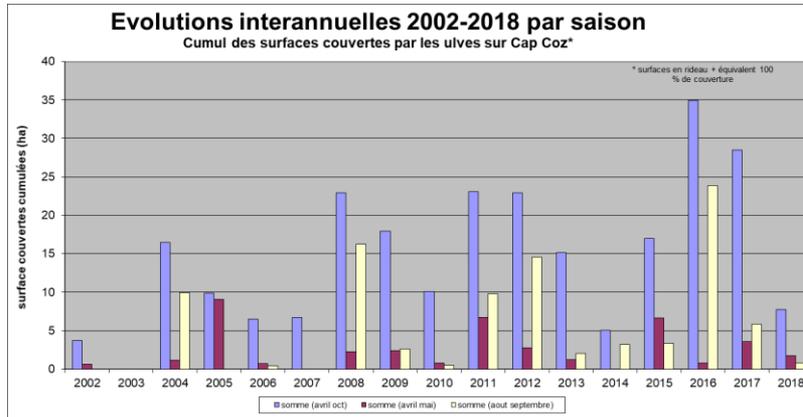
11/08/2018



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



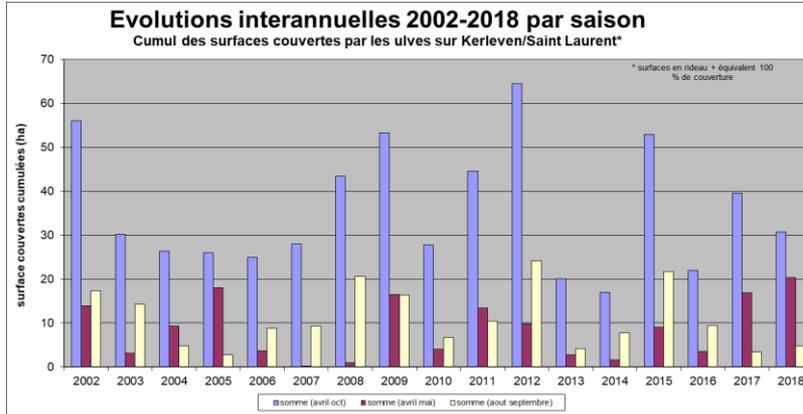
11/08/2018



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



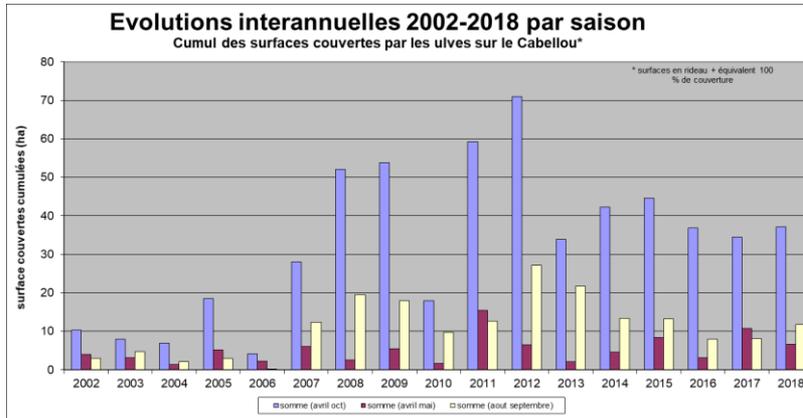
11/08/2018 40% Entéromorphes



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



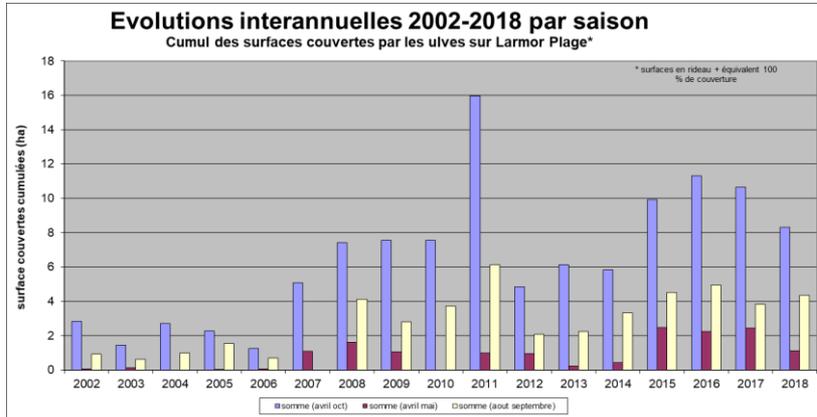
11/08/2018



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



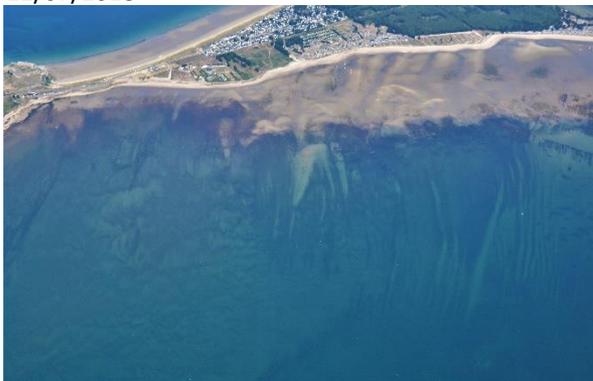
15/05/2018 *Ectocarpus*



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

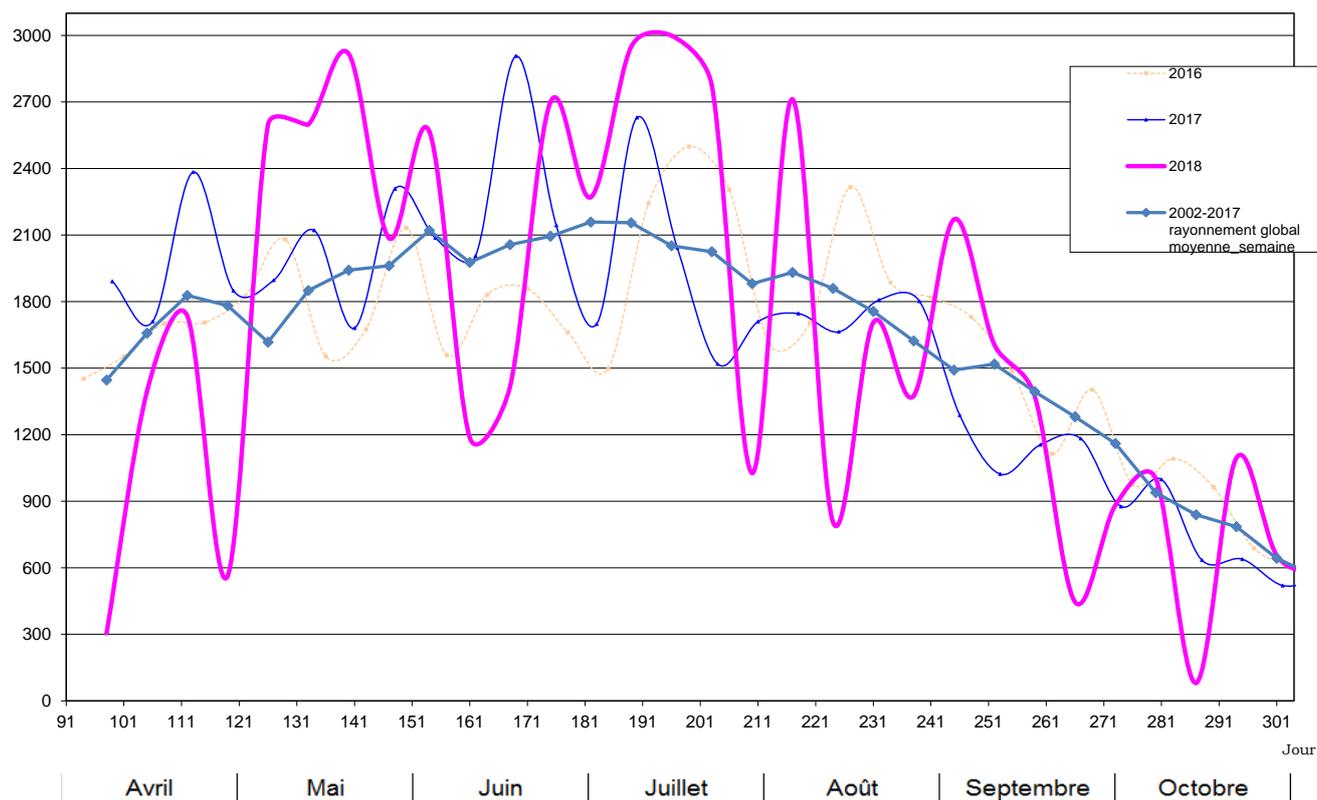




ANNEXE 7

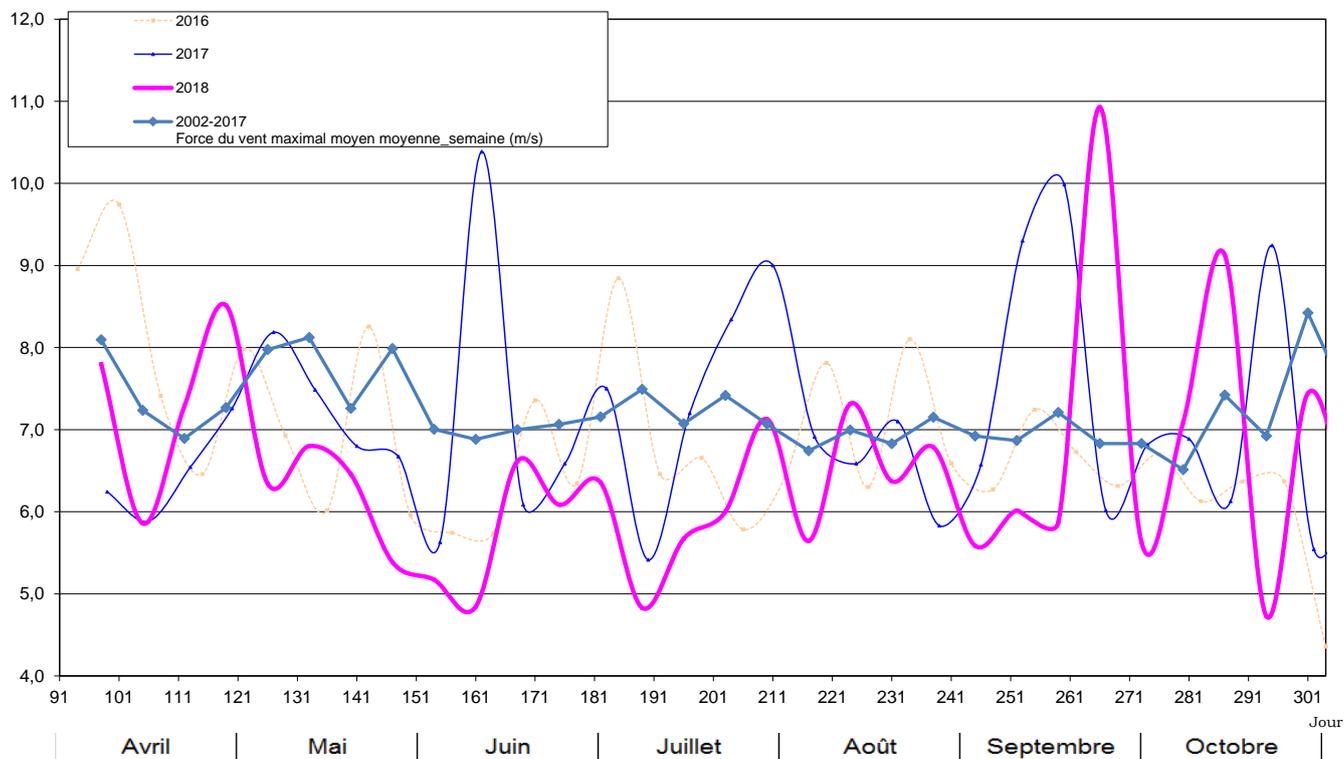
DONNEES METEO

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

