



Centre d'Etude et de Valorisation des
Algues
Presqu'île de Pen Lan
BP 3 / 22610 PLEUBIAN
02 96 22 93 50
02 96 22 84 38
e-mail : algue@ceva.fr

Programme d'intervention du CEVA
en faveur de l'action régionale et interdépartementale
pour la maîtrise des phénomènes de marées vertes

CIMAV 2016

RAPPORT SUR LE PROJET 4

Suivi des proliférations d'algues vertes sur le littoral
breton en complément du contrôle de surveillance DCE



Photo CEVA, baie de Douarnenez, 22 août 2016

ANNEE 2016



Établissement public du ministère
chargé du développement durable

Programme d'intervention du CEVA en faveur de l'action régionale et interdépartementale pour la maîtrise des phénomènes de marées vertes

mars 2016 – mars 2017

Dans le cadre du GP5, le CEVA conduit depuis 2008, en maîtrise d'ouvrage, un programme en faveur de la reconquête de la qualité des masses d'eaux littorales dégradées par les phénomènes de marées vertes. La poursuite de ce programme est proposée pour 2016 sur une période de douze mois (mars à mars).

L'action de reconquête de la qualité de l'Eau est aujourd'hui particulièrement engagée en application de la Directive Cadre sur l'Eau. Elle implique les Collectivités Bretonnes, l'Agence de l'Eau et l'Etat, structures qui sont sollicitées comme partenaires financiers de ce programme. Afin de limiter les moyens financiers à mobiliser, certaines actions ont été suspendues en 2016, notamment dans le programme de suivi des proliférations. Les trois projets de l'année 2016 du programme proposé par la cellule d'intervention sur les marées vertes (Cimav) du CEVA, sont listés ci-dessous.

Projet 1 :

Actions d'expertise scientifique, d'information et de conseil technologique en faveur des programmes de maîtrise des marées vertes de Bretagne.

Projet 2 :

Amélioration de la modélisation écologique des proliférations macroalgales

Ce projet n'est pas développé cette année, la modélisation du Golfe du Morbihan étant prévue par ailleurs.

Projet 3 :

Compléments d'études sur les processus biologiques, hydrologiques et sédimentologiques impliqués dans les proliférations macroalgales

Projet 4 :

Suivi des proliférations d'algues vertes sur le littoral breton en complément du contrôle de surveillance DCE.

Projet 4 :
Suivi des proliférations d'algues vertes sur le littoral breton
en complément du contrôle de surveillance DCE

SOMMAIRE

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS :	5
2. METHODES	13
2.1 Dénombrement des sites (suivi DCE surveillance, financé en dehors de ce programme)	13
2.2 Estimation surfacique	15
2.3 Indices d'eutrophisation	19
2.4 Evaluation des stocks totaux.....	21
2.5 Missions réalisées.....	23
3. RESULTATS	25
3.1 Dénombrement des sites en Bretagne (suivi DCE surveillance, financé en dehors de ce programme).....	25
3.1.1 Inventaire des sites touchés par une marée verte à ulves en 2016	25
3.1.2 Comparaison inter-annuelle 1997-2016.....	33
3.1.3 Mise en évidence de la particularité des sites sur vase	41
3.1.4 Détermination des espèces proliférantes.....	44
3.1.5 Conclusions	46
3.2 Résultats de l'estimation surfacique sur les côtes bretonnes	47
3.2.1 L'importance relative des sites	47
3.2.2 Evolution annuelle de la marée verte.....	54
3.2.3 Evolutions de la marée verte sur la période 2002-2016.....	58
3.2.4 Conclusions	73
3.3 Suivi d'indices d'eutrophisation.....	74
3.3.1 Résultats de suivi des quotas azotés dans les différents sites.....	74
3.3.2 Eléments d'interprétation des profils saisonniers	74
3.3.3 Résultats :	76
3.4 Evaluation des stocks totaux.....	90
4. CONCLUSION	94
ANNEXES	96

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS :

De 2002 à 2006, le CEVA a réalisé, pour les collectivités bretonnes et l'Agence de l'Eau Loire Bretagne, le suivi des marées vertes sur les côtes du Mont Saint Michel jusqu'à La Baule, dans le cadre du programme Prolittoral, programme régional et interdépartemental de lutte contre les marées vertes.

Depuis 2007, l'Ifremer a chargé le CEVA du contrôle de surveillance des blooms à macroalgues, dans le cadre de la DCE, du Mont Saint Michel à l'Île de Ré. Ce réseau de suivi comprend trois survols aériens, en mai, juillet et septembre ainsi que l'enquête sur les échouages et les ramassages d'algues vertes. Ce réseau, avec seulement trois observations annuelles au lieu des sept que comportait le suivi de Prolittoral paraît insuffisant au CEVA comme aux collectivités et à l'Agence de l'Eau Loire Bretagne pour décrire l'évolution saisonnière et interannuelle du phénomène sur les côtes bretonnes. Ces suivis annuels sont une source précieuse d'informations, notamment dans le cas des baies sableuses pour lesquelles le développement plus ou moins précoce est particulièrement important à saisir et sur lesquelles la limitation par les flux peut induire des diminutions importantes de surfaces algales sur l'arrière-saison. La description fine du phénomène par site, associée aux données climatiques permet en outre de contribuer à la détermination des objectifs de qualité de l'eau à atteindre pour limiter les proliférations.

Le suivi opérationnel prévu par la DCE concerne les masses d'eau classées en risque de non atteinte du bon état écologique. Pour ce qui est du sous-élément de qualité biologique « macroalgues opportunistes », le bon état écologique et les grilles et protocoles qui permettent de mesurer l'atteinte ou non de ce bon état sont établies. Les masses d'eau qui actuellement ne respectent pas ou pourraient ne pas respecter le bon état écologique font l'objet d'un « contrôle opérationnel » (suivi complémentaire CIMAV). Il est, de plus, considéré que sur les sites ayant fait l'objet de suivis approfondis jusqu'en 2015, la poursuite des suivis sur 2016 et années suivantes permettra, à peu de frais (plus petits sites, rapide à évaluer, peu nombreux et sur le trajet des acquisitions) de prolonger la série d'observation, ce qui paraît d'autant plus important en phase de recul marqué des proliférations sur une bonne partie des sites (lien, au moins en partie, avec les conditions climatiques des dernières saisons mais également avec la baisse des concentrations en nitrates).

Le suivi opérationnel prévu comprend, dans sa version actuelle pour l'altération marées vertes des baies bretonnes, des suivis aériens densifiés (sept survols annuels, soit l'ajout de quatre survols aux trois survols RCS), la mesure des indices d'eutrophisation (perception suivant les années de la limitation par l'azote, indépendamment des biomasses en place ; données d'entrée fondamentales du modèle biologique) et des biomasses totales présentes sur les sites (estran et infralittoral ; données d'autant plus importantes à acquérir sur les sites pour lesquels la partie infralittorale peut représenter une grosse proportion du stock total voire la majorité) ce qui est donc proche des suivis qui étaient financés jusque-là par les collectivités et l'Agence de l'Eau dans le cadre de Prolittoral, seuls suivis existants de ce type de prolifération algale.

Il paraît donc indispensable de compléter le contrôle de surveillance par ces suivis complémentaires sur les principaux secteurs. Cela permet une meilleure connaissance du phénomène par site, dont sa réaction aux conditions climatiques et ainsi d'apporter des réponses aux collectivités demandeuses d'informations fines sur l'évolution du phénomène.

Le programme 2015 comprenait un volet supplémentaire « optionnel » qui consistait en la reprise des suivis sur les sites qui ne sont plus intégrés au RCS depuis 2013 (sites des ME actuellement en bon état qui sont survolés, mais en font ni l'objet de contrôle de terrain ni d'estimations surfaciques). Ce volet supplémentaire avait été proposé à nouveau pour 2016.

Détails des suivis réalisés :

➤ **Contrôle de surveillance DCE :**

Le programme proposé ici vient en complément du « contrôle de surveillance » de la DCE prévu par ailleurs sur le littoral Loire Bretagne et comportant :

- une enquête auprès des communes littorales sur les proliférations et le ramassage des algues vertes,
- 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 sur SIG des surfaces d'échouages pour chaque dépôt (une seule mesure annuelle pour les zones de vase à une date proche du maximum annuel attendu ; pour 2016 comme c'était le cas déjà depuis 2011, les mesures sur vase ne sont prévues que sur 10 Masses d'Eau et non sur toutes les vasières touchées). **A noter que depuis 2013, afin d'alléger les suivis, l'Ifremer a demandé au CEVA de ne pas effectuer de contrôles de terrain ni mesure de surfaces sur les ME qui respectent le bon état** d'après les suivis des années antérieures (cf. carte Figure 1 des suivis 2013, identique pour ce qui est de l'année 2016). Les photos aériennes sont cependant acquises sur ces masses d'eau comme les années précédentes. (cf. plus loin le traitement effectué de ces données dans le cadre des suivis complémentaires sur le littoral breton)

Les données de ce réseau sont indispensables à l'analyse du réseau « complémentaire » sous maîtrise d'ouvrage du CEVA.

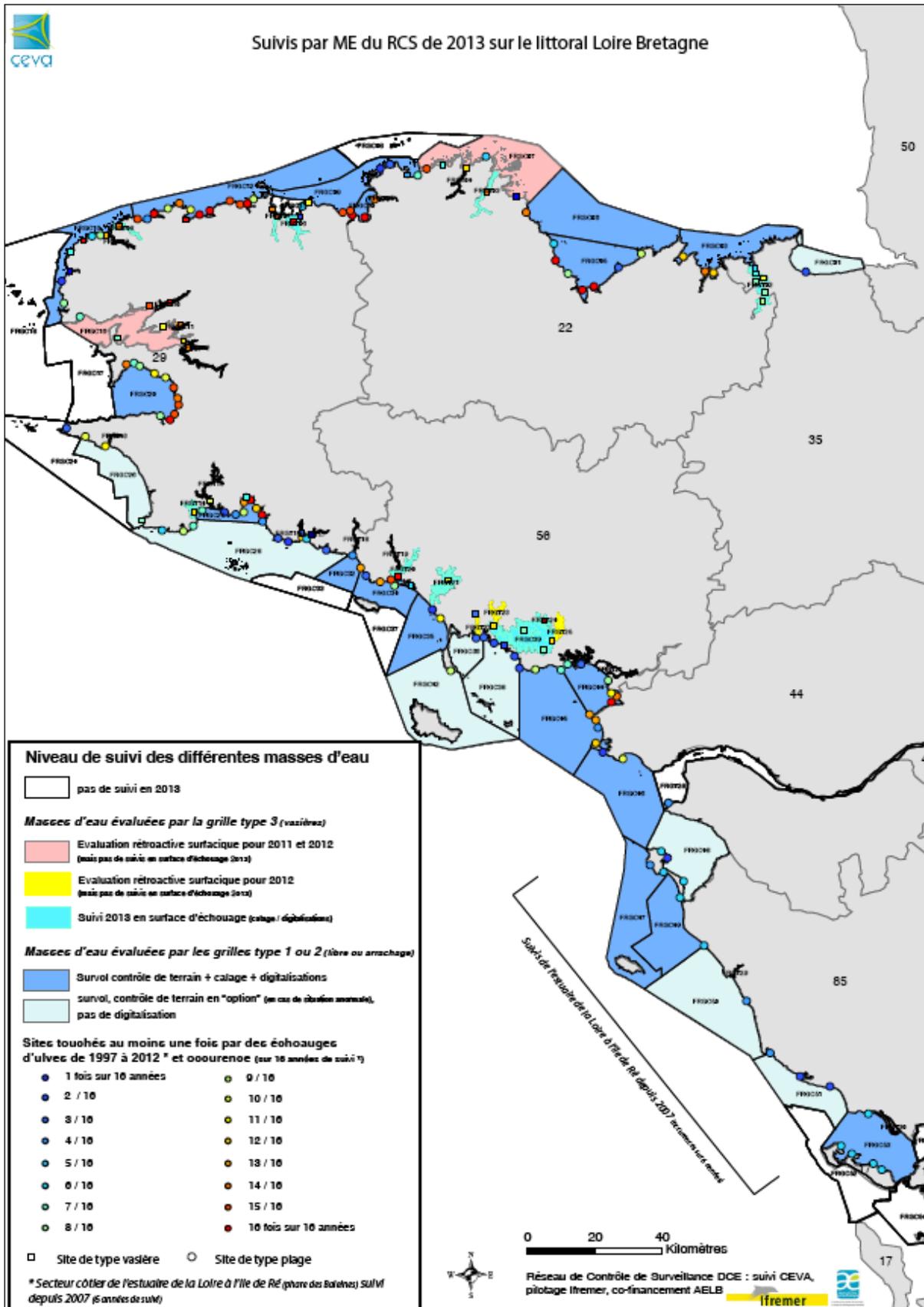


Figure 1 : suivis des ME dans le cadre du programme de surveillance RCS.

➤ *Suivis complémentaires :*

■ **Suivis aériens :**

- ✓ 4 survols additionnels (avril, juin, août, octobre), sur les principaux secteurs suivis depuis 2002 (Figure 2) 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 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 de Prolittoral (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 « DCE surveillance »).



Figure 2 : plan de vol 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 notamment détermination du taux d'ulve dans l'échouage).
- ✓ Mesure sur SIG des surfaces de dépôts : intégration des photos numériques dans le SIG, géoréférencement, digitalisation des dépôts, gestion des données dans les bases. Le suivi surfacique proposé ici est conforme aux méthodes en œuvre pour les suivis de Prolittoral et les suivis « DCE surveillance » et complémentaires de 2007 à 2015. Les vasières font l'objet d'une digitalisation de leurs surfaces à partir des prises de vues réalisées dans ce programme 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 complémentaire ou si le niveau de marée au moment du passage de l'avion est plus favorable lors de ces vols. La digitalisation des couvertures en algues est réalisée dans le cadre du programme « DCE surveillance » 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 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. A noter également que les sites de type « plage » du littoral breton des ME « en bon état » dont le suivi dans le cadre DCE RCS a été suspendu depuis 2013 (cf. carte ci-dessus) font l'objet de contrôle de terrain et de mesure surfacique dans le cadre du présent programme Cimav P4.

✓ 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 restreinte de sites (Figure 3, sites faisant l'objet de modélisation des objectifs à atteindre et / ou d'actions spécifique dans le cadre du plan gouvernemental AV + 3 secteurs de vasières). La liste des sites proposés est la suivante (même liste que 2015, maintien d'un deuxième point de prélèvement sur la baie de Guisseny pour consolider la représentativité des quotas au Club Nautique par rapport aux zones de plus fortes croissances notamment sur P) :

Rance / Saint Jouan des Guéréts (+ 3 autres sites à trois dates pour consolider la perception du niveau trophique de la Rance)

Baie de la Fresnaye (échantillonnage du *Pylaiella* si pas d'ulves)

Baie de Saint Brieuc

Baie de Binic

Baie de Saint Michel en Grève

Baie de Locquirec

Baie du Dossen (« Horn/Guillec »)

Baie de Guisseny (2 prélèvements)

Baie de Douarnenez / Sainte Anne la Palud

Baie de Douarnenez / le Ry

Baie de la Forêt / Kerleven

Rade de Lorient

Golfe du Morbihan / Arcal

Golfe du Morbihan / Séné

Soit un total de 12 sites (15 points de prélèvement + 3 ajouts ponctuels sur la Rance)

✓ Densification sur les sites listés ci-dessus : passage à des prélèvements hebdomadaires sur la période la plus critique (mi-juin à fin juillet) afin de consolider la descente des quotas azotés et phosphorés soit 3 tournées de prélèvements supplémentaires.

- ✓ Depuis 2011, 8 sites additionnels avaient été ajoutés à la liste principale (sites identifiés comme présentant des proliférations importantes lors de l'analyse de tous les sites régionaux à la demande de l'Agence de l'Eau Loire Bretagne pour soutenir l'action des SAGEs). Afin d'alléger les suivis de 2016 et dans l'attente d'une clarification des besoins des SAGEs locaux, ces sites additionnels n'ont pas été suivis en 2016 (cf. carte suivante).

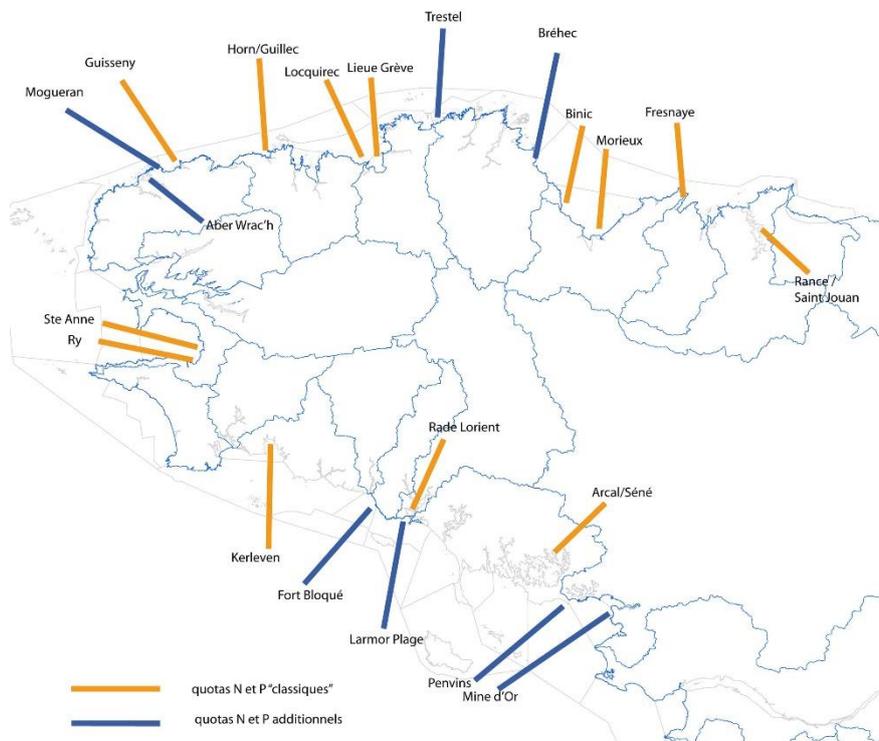


Figure 3 : Localisation des sites faisant l'objet de prélèvement d'algues pour l'analyse des quotas azotés et phosphorés. Les sites retenus dans le cadre du programme 2016 sont représentés en orange. En bleu sont représentés les sites additionnels ayant fait l'objet d'un suivi de 2011 à 2015.

- ✓ lavage, tri, déshydratation puis broyage des échantillons prélevés.
- ✓ analyse des teneurs internes en azote.
- ✓ 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 (besoin de beaucoup de 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.

Le programme proposé pour appréhender ces stocks totaux estivaux et hivernaux comprend :

- **mesure du stock d'ulves maximum estival sur un site.**

Malgré l'intérêt que représente cette évaluation en biomasse (cf. ci-dessus) afin d'alléger les suivis de 2016 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'a été proposée en 2016.**

- **surveillance du stock minimum hivernal durant l'hiver 2015-2016 sur deux sites** (dont une vasière). Les mesures sont programmées, dans la mesure où les conditions météo le permettent, entre la fin janvier et la fin février, période du minimum annuel attendu. Les prospections sur vasière tentent de déterminer les lieux de présence d'ulves et de qualifier ponctuellement les biomasses qui s'y trouvent. Pour ce qui est des biomasses hivernales sur secteur de plage, il avait été proposé de rechercher, comme cela a été réalisé depuis 2009 des dates pour lesquelles les stocks ont le plus de chance d'être accessibles à l'observation aérienne et de terrain plutôt que de réaliser des plongées, particulièrement difficiles à entreprendre en hiver. Un survol des côtes était prévu si les conditions étaient favorables pour observer des dépôts sur plage (**site de Saint Michel** a priori pressenti car présentant le plus régulièrement des dépôts sur plage en hiver dans les conditions de temps calme et ayant fait l'objet de mesures régulièrement depuis 2009). Ces observations aériennes et de biomasses ponctuelles sur un site ont vocation à donner une indication régionale quant à la précocité de 2016, afin de conforter les analyses des paramètres de dispersion hivernales et de pouvoir anticiper la précocité de la prolifération 2016.

Concernant le site de vasière, **le secteur de la Rance était à nouveau proposé en 2016** : étant données les questions posées **localement sur les stocks hivernaux et les ramassages envisageables il est proposé de renouveler des mesures sur le secteur de la Rance. Ces informations sur la Rance pourraient être utiles dans le cas de la mise en œuvre d'une étude, envisagée par le SAGE, plus poussée sur la compréhension des proliférations sur ce secteur et la part des flux y compris sédimentaires qui les génèrent.**

✓ Pour les stocks infralittoraux :

- plongées tractées par un bateau (aquaplane) : quadrillage de la zone par des transects géoréférencés (GPS différentiel). A chaque changement de densité des algues sur le fond est réalisé un prélèvement qui est ensuite pesé.

- traitement des données : interpolation des données ponctuelles issues des plongées.

✓ Pour les stocks sur estran :

- utilisation des données surfaciques acquises lors des survols

- évaluation sommaires des biomasses par type de dépôt le jour du survol : positionnement à l'aide de GPS différentiels de quadrats d'un quart de mètre carré sur tous type de dépôts suffisamment homogènes sur le terrain pour être représentatifs de zone perceptibles sur les photos aériennes. Les algues, quand elles ne baignent pas dans une lame d'eau sont remouillées puis égouttées 1 minutes (référentiel adopté depuis plus de 10 ans car bien corrélé avec la matière sèche algale) puis pesées. L'ensemble de ces données ponctuelles est ensuite intégré dans le SIG pour affecter à chaque polygone couvert par les algues des biomasses par mètre carré. Calcul pour l'ensemble du site de la biomasse totale par sommes de biomasses par polygone.
- ✓ analyse, rapport.

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 ; ce programme ayant lui-même bénéficié des acquis d'études antérieures.

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, comme cela était déjà le cas depuis 2002, par survols aériens au moyen d'un avion à ailes hautes. 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 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 ont déjà été mentionnés).

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.

Tous les dépôts sont photographiés et la position GPS de la prise de vue est enregistrée. C'est dans l'avion, en fonction de la perception du photographe, que sont décidés en partie, les contrôles de terrain. Une fois les acquisitions achevées, toutes les photos sont analysées et les choix des sites à contrôler sur le terrain est alors consolidé.

Les équipes sont rapidement mobilisées et dépêchées sur le terrain afin de valider ou non le constat de site d'« échouage d'ulves ». Ces équipes relèvent les proportions des différentes algues en présence, en font des constats photographiques, recueillent des échantillons d'algues, si besoin, pour en déterminer la systématique, ainsi que des informations relatives au type de dépôt et au mode de croissance (présence de base, morphologie de l'algue, ..., indicatrices 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 que sur le 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, par contre, 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 sur vasière qui est considérée comme indicatrice d'un dysfonctionnement potentiel de l'écosystème.



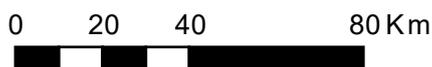
Trajet en avion pour le suivi Marée-Vertes

- **DCE BLOOM 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

- **Survolés complémentaires (CIMAV)**
 en avril, juin, août et octobre (sites principaux)
 (1 jour de survol par mois d'inventaire)

- CIMAV - BRETAGNE



2.2 Estimation surfacique

Lors des survols, tous les dépôts d'algues sont photographiés (nombre plus ou moins important de photographies en fonction de la taille du site et des conditions météorologiques qui imposent une altitude de vol). Les sites ayant fait l'objet d'un classement « site à échouage d'ulves », font l'objet d'une estimation surfacique (du moins, les sites de type 1 et de type 2 « plage » pour les côtes bretonnes ; les sites de type 3 « vasières » n'étant plus, depuis 2011, systématiquement évalués en surface). Pour les sites faisant l'objet d'une estimation surfacique des couvertures en ulves, les meilleures photos de chaque site 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 et parfois même très obliques (cas des grandes baies, surtout quand le plafond nuageux interdit une prise d'altitude suffisante) ce qui impose, pour pouvoir mesurer les surfaces de dépôt, de rectifier les 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 a acquis les scan25 de l'IGN sur l'ensemble de la côte bretonne ainsi que 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 saisie d'indices quantitatifs surfaciques. 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 entre eux les dépôts (entre sites ou sur un même site au cours de la saison et entre années) 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 rationalisées par l'utilisation d'un catalogue de référence illustrant des recouvrements types (étalonnés en utilisant une procédure de traitement d'image).

Les surfaces en algues digitalisées pour chaque site sont ensuite traitées sur la banque de données : agrégation de l'ensemble des surfaces d'un même site et calcul, pour chaque entité, des surfaces en « équivalent 100% » (taux de couverture x surface du dépôt). 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
- de la somme des surfaces « globalement » concernées par les dépôts d'ulves
- de la surface totale réellement couverte par les ulves (équivalent 100%)

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

Les outils développés par le CEVA pour suivre les marées vertes ont été initialement développés pour les sites bretons de marées vertes « classiques » sur lesquels les dépôts sont plutôt sur des plages de sable et avec, sur ces baies, des proliférations qui sont monospécifiques (ulves pour la plupart). 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 : Ulves ou *Ulvaria*

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

et 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 sur les sites dits 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. En général, l'évolution annuelle de la couverture algale est plus lente sur les sites de vasières que sur les sites classiques de plage. Par ailleurs, les conditions d'échantillonnage des vasières sont plus difficiles (accès notamment). 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 mises au point par les Anglais et les Irlandais des **masses d'eau de type « abritées » (vasières)** 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 bien plus important en terme de couverture photographique aérienne, de géoréférencement des photos et de digitalisation des dépôts (surface beaucoup plus étendue si on ne se cantonne plus aux seuls dépôts épais de morphologie ulve). Ce changement dans le traitement des proliférations sur les sites « abrités » rend délicate toute comparaison brute des données de 2008 avec les données des années précédentes.

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).

Depuis 2011, et jusqu'en 2016 le traitement des données des 10 masses d'eau les plus touchées (base classement sur 2010, Tableau 1) 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 n'étaient 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 sont estimées en se focalisant sur le mois d'inventaire reflétant le maximum annuel surfacique.

Tableau 1 : Récapitulatif des MET et assimilées faisant l'objet d'une évaluation surfacique en 2016

Code ME	ME suivies en 2016
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 4 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 »).

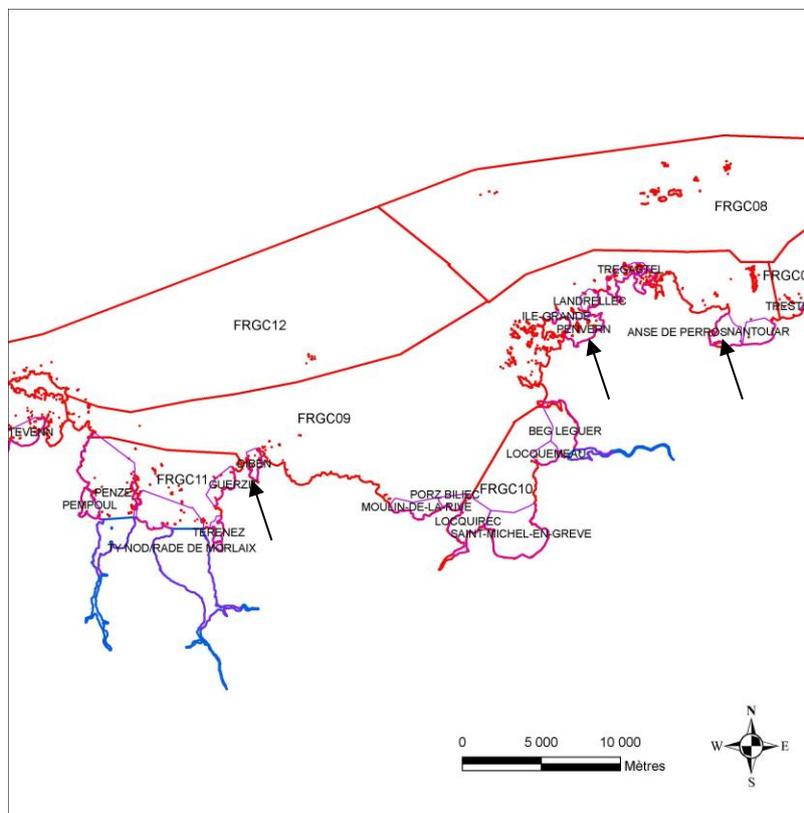


Figure 4 : Découpage des masses d'eau sur la côte nord de la Bretagne (FRGC en rouge et FRGT en bleu) combiné au découpage par sites à marées vertes (violet). Les trois sites enclavés sont indiqués par les flèches

Pour une vision complète de l'inventaire 2016 concernant les masses d'eau de transition (FRGT) et assimilées (FRGC07, FRGC11, FRGC16 et FRGC39), la Figure 5 ci-dessous illustre les masses d'eau sur lesquelles les données ont été ou non acquises. Les sites de vaseière des masses d'eau côtières sur lesquels aucune digitalisation n'a été effectuée sont également signalés.

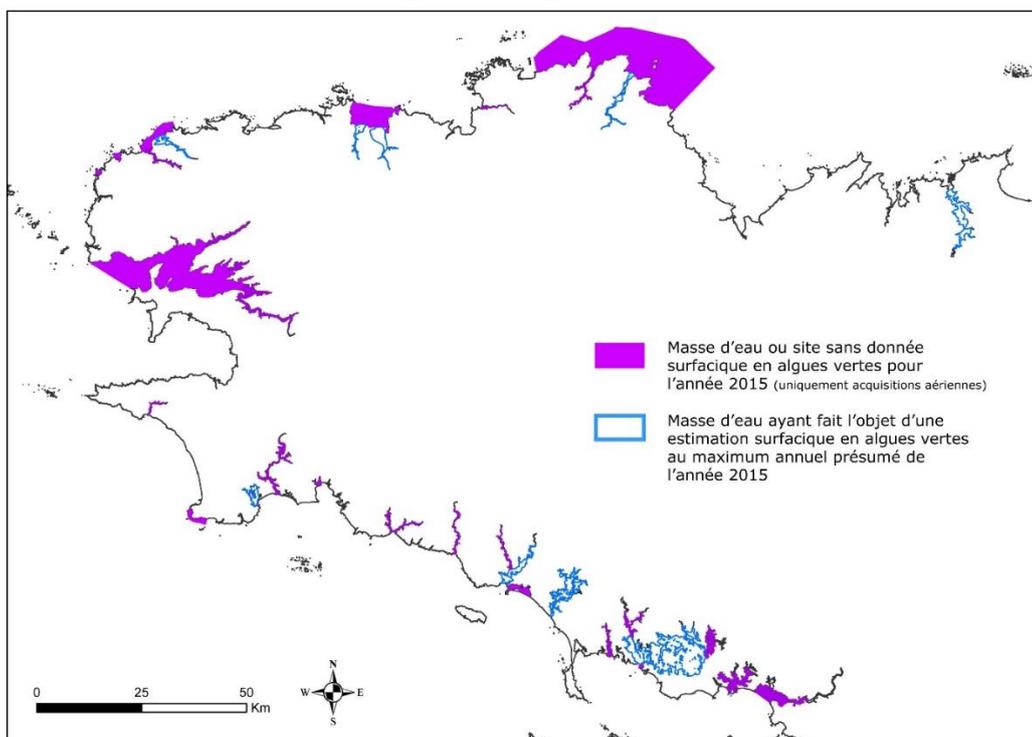


Figure 5 : Illustration des masses d'eau et des sites à « marées vertes » de milieux vaseux. Les masses d'eau pour lesquelles les données ont été complètement acquises en 2016 apparaissent en bleu. Les masses d'eau et les sites pour lesquels les données surfaciques n'ont pas été acquises en 2016 apparaissent en violet (uniquement acquisition des photographies aériennes).

Les masses d'eau 6 ayant fait l'objet de digitalisation pour l'année 2016 sont les suivantes : FRGT02, FRGT03, FRGT06, FRGT07, FRGT08, FRGT14, FRGT20, FRGT21, FRGT24 et FRGC39. Le choix des masses d'eau à digitaliser s'est porté en priorité sur celles étant en dehors du bon état écologique à la suite du classement DCE de 2011 (et a fortiori du classement DCE 2012). Néanmoins, toutes les acquisitions aériennes ont été effectuées quelle que soit la masse d'eau ce qui pourra permettre, le cas échéant, de procéder ultérieurement à des digitalisations complémentaires. Les résultats sont présentés dans le rapport DCE Loire-Bretagne 2016.

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 (14 points de prélèvements sur des sites « classiquement suivis », dont un site « Guissény » faisant l'objet de 2 points de prélèvements, et 8 « nouveaux sites » n'ayant jamais, jusqu'en 2011, ou il y a plus de 10 ans fait l'objet de mesures). 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 intégré (ou plutôt réintégré) depuis 2010 dans le suivi de la composition chimique des ulves, suite la mise en évidence (dans le cadre des projets P3-2008 et 2009) que le phosphore pouvait, à la période récente, 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 substance 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 (hebdomadaire sur certains sites sur la période la plus signifiante) à différents points d'échantillonnages (tableau 1), totalisant 255 prélèvements effectués dès l'apparition nette et régulière des algues sur l'estran des sites, c'est à dire à partir du 21 avril pour les premiers touchés et jusqu'au 17 septembre pour les derniers prélèvements (ajout d'une tournée supplémentaire, non prévue au programme, en fin de saison pour les sites principaux du fait de l'arrière-saison particulièrement lumineuse). Le démarrage tardif des proliférations sur la plupart des sites a diminué le nombre d'échantillons prélevables en début de saison ce qui a été compensé par une poursuite plus tardive des prélèvements en fin de saison. 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 (nettoyage, 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 (253 dosages N) et, pour le phosphore total (253 dosages P). 2 prélèvements n'ont pas été analysés (algues autres qu'Ulves, prélevées non impliquées dans des proliférations) et une vingtaine d'échantillons ont été analysés une seconde fois pour conforter le premier résultat qui était surprenant. L'ensemble des dosages est réalisé par In Vivo labs, laboratoire agréé COFRAC, sous traitant du CEVA.

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

- ✓ La liste de sites établie en 2010 a été sensiblement augmentée en 2011 et maintenue depuis pour prendre en compte :

- 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. Ces critères ont justifié la réintégration de l'Anse de Locquirec et de l'Anse du Dossen dans la liste de sites en 2011.

Tableau 2 : localisation des points de prélèvement 2016

1. Rance / Saint Jouan des Guérets (+ 3 autres sites à trois dates pour consolider la perception du niveau trophique de la Rance)
 2. Baie de la Fresnaye
 3. Baie de Saint Brieuc
 4. Baie de Binic
 5. Baie de Saint Michel en Grève
 6. Baie de Locquirec
 7. Baie du Dossen (« Horn/Guillec »)
 8. Baie de Guisseny (2 prélèvements)
 9. Baie de Douarnenez / Sainte Anne la Palud
 10. Baie de Douarnenez / le Ry
 11. Baie de la Foret / Kerleven
 12. Rade de Lorient
 13. Golfe du Morbihan / Arcal
 14. Golfe du Morbihan / Séné
- ✓ la fréquence d'échantillonnage a été globalement bimensuelles dans l'ensemble des sites, générant en moyenne 10 prélèvements par site au cours de la saison de prolifération. 3 campagnes de prélèvements supplémentaires, afin de consolider à une échelle hebdomadaire l'analyse la descente des quotas azotés et phosphorés ont été réalisées sur tous les sites retenus, sur la période la plus critique du développement du bloom (mi-juin à fin juillet).

2.4 Evaluation des stocks totaux

➤ Estimation du stock infralittoral

Les prospections sont réalisées au moyen de plongées tractées par aquaplane. Une équipe de trois plongeurs professionnels, incluant un technicien CEVA, est utilisée. Les investigations sous-marines se déroulent entre le 0 SHOM et l'isobathe 10 mètres. A chaque changement de densité d'algue sur le fond est réalisé un prélèvement de biomasses d'ulves sur 1 m² (pesées au retour de mission).

Les informations de position sont enregistrées à l'aide d'un GPS différentiel dont les points sont directement récupérés sur ordinateur. Ces informations sont ensuite transférées sur le Système d'Information Géographique Arcgis. Cette étape permet de visualiser les trajets et les prélèvements réalisés sur l'ensemble de la mission.

Pour évaluer le stock immergé d'ulves, les données ponctuelles de prélèvement sont interpolées sur l'ensemble de la zone prospectée. Ce traitement est réalisé au moyen du module Spatial Analyst du logiciel Arcgis. La méthode d'interpolation dite des « plus proches voisins » est utilisée avec les mêmes paramètres que lors des mesures antérieures ce qui permet de rendre les données plus aisément comparables. Dans cette

méthode, la procédure attribuée à un pixel donne la moyenne arithmétique des quatre plus proches points de prélèvements (pondération par l'inverse de la distance au carré). Le poids des points de mesures sera d'autant plus faible que sa distance est grande par rapport au pixel considéré pour l'interpolation. La taille des pixels générés (entité à laquelle sont rapportées les interpolations) est fixée à 10*10 m².

➤ Estimation du stock sur estran et dans le rideau au moment de la prospection sous marine

L'estimation des dépôts sur plage au maximum estival des stocks est réalisée à partir des prises de vues aériennes acquises dans le cadre du suivi surfacique des sites. Pour les estimations hivernales un vol spécifique est déclenché pour appréhender les dépôts sur estran si cela est jugé nécessaire (présence d'algues détectée sur estran). Des équipes au sol, sont déployées le jour du survol pour effectuer les prélèvements sur l'estran (sauf cas des vasières pour lesquelles des missions décalées de plusieurs jours sont possibles, les algues étant très peu mobiles en conditions météorologiques stables). A chaque prélèvement est associé un point GPS et sont relevés : le poids de l'échantillon sur ¼ de mètre carré, l'estimation du taux de recouvrement de l'estran par les algues vertes, le type de dépôts, photographie du dépôt et du quadrat de prélèvement. Les mesures de biomasses sont effectuées sur le terrain ou au retour au laboratoire (pour les dépôts plus complexes à estimer sur le terrain, cas de mélange d'algues par exemple) après que les algues ont été remouillées (pour les dépôts secs) puis égouttées une minute, ce qui permet de passer de façon fiable à une estimation de la matière sèche (bonne relation algues égouttées une minute / matière sèche). En ce qui concerne le rideau, les algues étant distribuées sur l'ensemble de la hauteur d'eau, la quantification de ce dernier est réalisée à l'aide de « quadrats » circulaires spécifiques dotés d'un filet en forme de « chaussette » afin de récupérer la totalité des algues présentes dans la colonne d'eau au moment de la mesure.

Les prises de vues aériennes sont ensuite importées sous le logiciel SIG Arcgis lequel permet un géoréférencement de l'ensemble des clichés numérisés. On obtient ainsi une mosaïque d'images géoréférencées permettant une délimitation précise des différents dépôts et leurs taux de couverture. A ces informations en couverture sont ajoutées les données de mesure de biomasse / m² (rapportées à des kg/m² d'équivalent 100 % de couverture) pour estimer les biomasses totales d'algues présentes dans chaque polygone.

2.5 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 1).

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

Mai :

- 22 mai : côtes de Bretagne Sud ; coeff. 81
- 23 mai : côtes Bretagne Nord ; coeff. 81

Juillet :

- 19 juillet : côtes de Bretagne Nord ; coeff. 79
- 21 juillet : côtes de Bretagne Sud ; coeff. 90
- 20 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. 86
- 20 août : survol complémentaire des vasières du Nord Bretagne (Aber Benoit, Aber Wrac'h, baie de la Penzé, de Morlaix, estuaire du Léguer, Jaudy, Trieux et baie de Paimpol) ; coeff. 103

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 :

- 16 septembre : côtes de Bretagne Nord ; coeff. 99
- 20 septembre : côtes de Bretagne Sud ; coeff. 100

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 :

- 20 avril ; coeff. 79,
- 24 juin ; coeff. 78,
- 22 août ; coeff. 98,
- 14 octobre ; coeff. 89.

➤ **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 2 du paragraphe 2.3., à partir du 22 avril pour les premiers prélèvements et jusqu'au 15 septembre pour les derniers prélèvements. Comme prévu au programme, sur les 12 sites retenus en 2016, les prélèvements ont été hebdomadaires sur la période mi-juin à fin juillet.

➤ **Missions d'évaluation des stocks totaux**

	Dates des missions hiver 2015-2016 (estimation stocks minimum)	
Secteurs côtiers concernés	Survol aérien	Prospections terrain
Vasières de la Rance	25 février 2016	26 février 2016
Baie de Saint Michel en Grève	25 février 2016	25 février 2016

	Dates des missions été 2016 (estimation stocks maximaux)	
Secteurs côtiers concernés	Biomasse infralittorale	Biomasse sur estran
Action non retenue en 2016	-	-

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 2016 « suivis complémentaires » 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 (maîtrise d'ouvrage Ifremer). Cette analyse permet de poursuivre la série acquise dans le cadre de Prolittoral et même 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 Inventaire des sites touchés par une marée verte à ulves en 2016

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 :

Au fil des années de suivis des « marées vertes » en Bretagne, le CEVA a classé comme « sites » les zones dans lesquelles apparaissaient des échouages d'ulves si ceux-ci étaient distincts de sites préexistants : 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).

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 2016 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 2016 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.

Les 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 2000-2016 concernées par au moins deux survols en période estivale, ne sont considérés ici que les dénombrements de juillet et septembre 2016.

On comptabilise alors sur le littoral breton :

- 68 sites touchés par des échouages d'ulves en juillet 2016 (carte en annexe 1)
- 56 sites touchés en septembre 2016 (carte en annexe 1)
- 80 sites au total touchés en juillet ou en septembre 2016 (carte 2)

Sur ces 80 sites recensés, en période estivale, 44 sont touchés lors des deux inventaires et 36 lors d'un des deux inventaires.

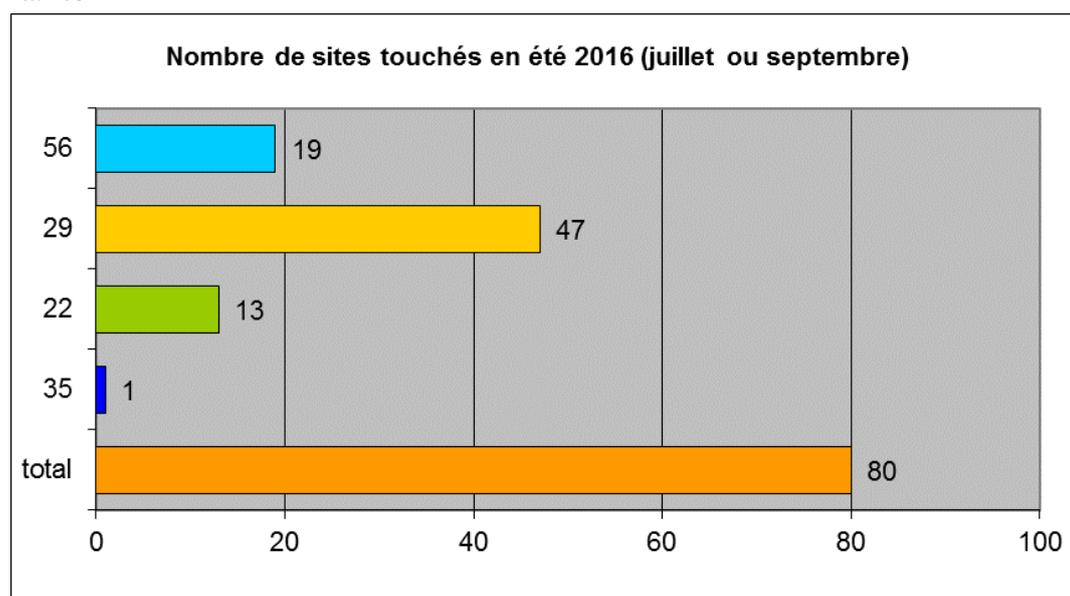
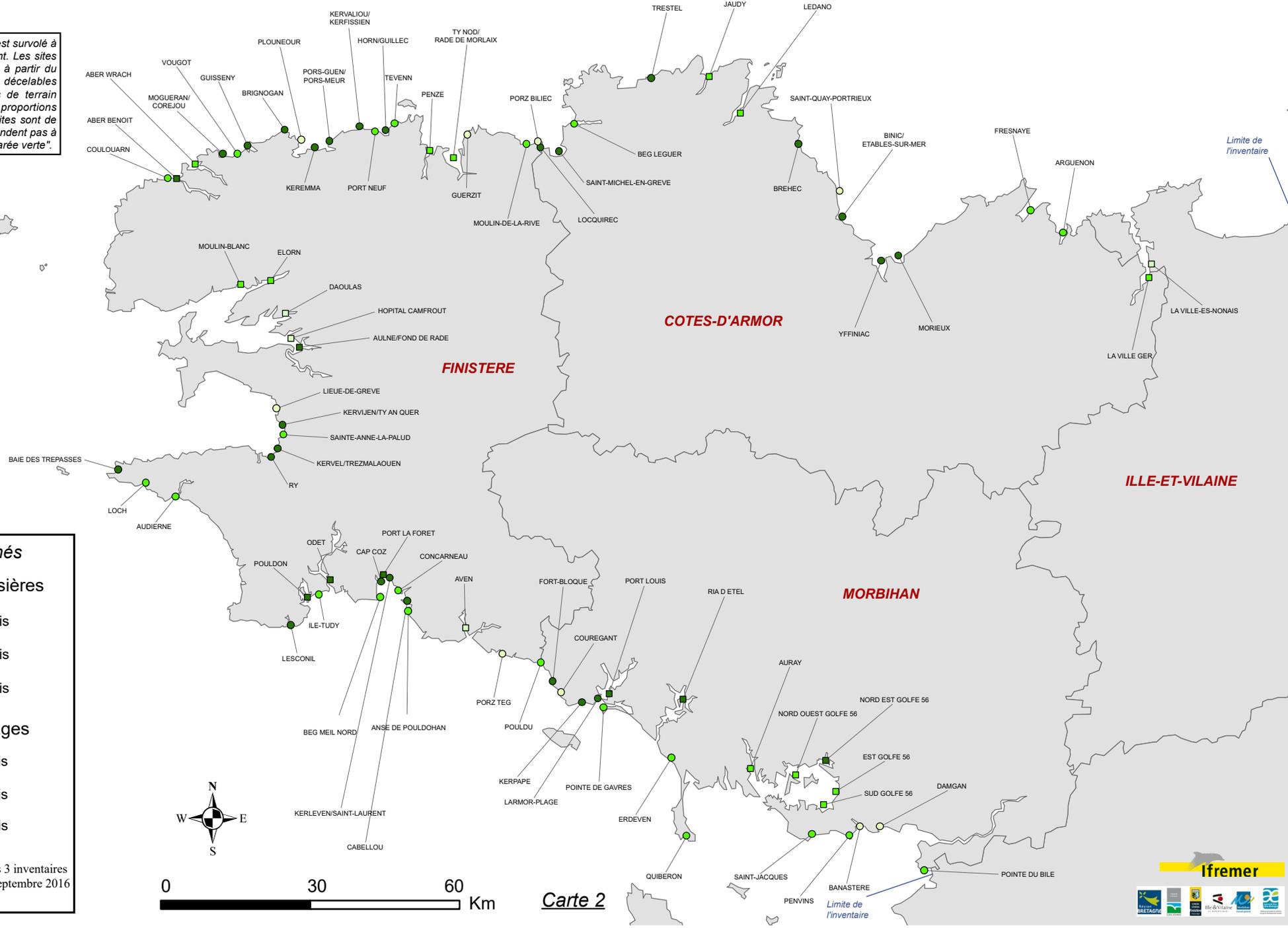


Figure 6 : nombre de sites touchés par des échouages d'ulves au moins une fois pour les inventaires estivaux en 2016 (juillet ou septembre).

La carte 2 et la Figure 6 montrent la nette prédominance, en nombre de sites, du département du Finistère qui, sur cette période de l'année regroupe en 2016 plus de la moitié et près des deux tiers (59 %) du total des sites des côtes bretonnes ; suit avec 2.5 fois moins de sites le département du Morbihan puis celui des Côtes d'Armor qui totalise près de 4 fois moins de sites. En 2016, sur cette période de l'année, un seul site a été classé comme touché par des échouages d'ulve sur le littoral d'Ille et Vilaine (situé sur la Rance ; d'autres sites de la Rance ont été en 2016 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 différente de l'importance relative du phénomène par département.

Echouages d'ulves observés en juillet ou septembre 2016

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".



80 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

Occurrences calculées sur les 3 inventaires généraux de mai, juillet et septembre 2016

Les 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 2016 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, 76 sites ont été classés comme touchés par des échouages d'ulves. Ce nombre place le mois de mai comme présentant le plus de sites sur l'année 2016 et nettement au-dessus des années moyennes (+50 %) et identique à 2011, année la plus précoce sur cet indicateur. Sur cet indicateur, l'année 2016 apparaît donc comme précoce ce qui pourrait être en lien avec des caractéristiques de fin d'hiver lumineux qui expliquent, notamment pour les sites liés à des croissances initiales des ulves sur platier, un démarrage de début de saison (mais éventuellement, sur ces sites, avec des surfaces très modestes, cf. analyse surfacique). 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 (et leur nature : petits sites liés à des croissances sur platier) confirme le caractère « précoce » en nombre de site de l'année 2016 et l'interprétation, sur ces sites d'un démarrage très probablement lié aux conditions lumineuses de la fin de l'hiver (en particulier mois de mars).

- 76 sites touchés en mai (carte en annexe 1),
- 20 sites repérés uniquement en mai,
- 100 sites au total sur l'ensemble de l'année (carte 3 et Figure 7).

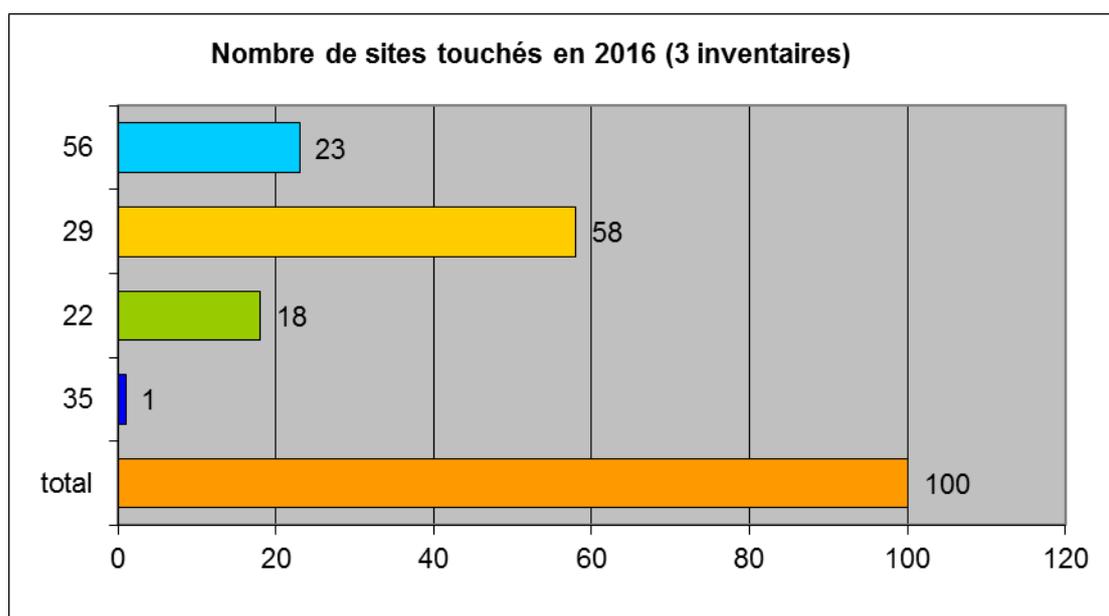


Figure 7 : nombre de sites touchés par des échouages d'ulves au moins une fois en 2015 (mai, juillet, septembre).

Sur les 20 sites qui ont été classés en mai 2016 mais pas sur la seule période estivale (juillet+septembre), 5 se trouvent sur le linéaire des Côtes d'Armor et 11 sur le Finistère et 4 sur le Morbihan.

Sur l'ensemble de l'année, le département du Finistère comprend plus de la moitié du total des sites répertoriés en Bretagne (58 %). Viennent ensuite les départements du Morbihan puis des Côtes d'Armor et (avec respectivement 4.3 et 5.5 fois moins de sites) et enfin le département d'Ille et Vilaine qui ne présente en 2016 qu'un seul site classé pour des échouages d'ulves (sur la Rance ; d'autres secteurs de la Rance n'ont pas été classés pour les ulves mais présentaient des tapis d'algues vertes filamenteuses).

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

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

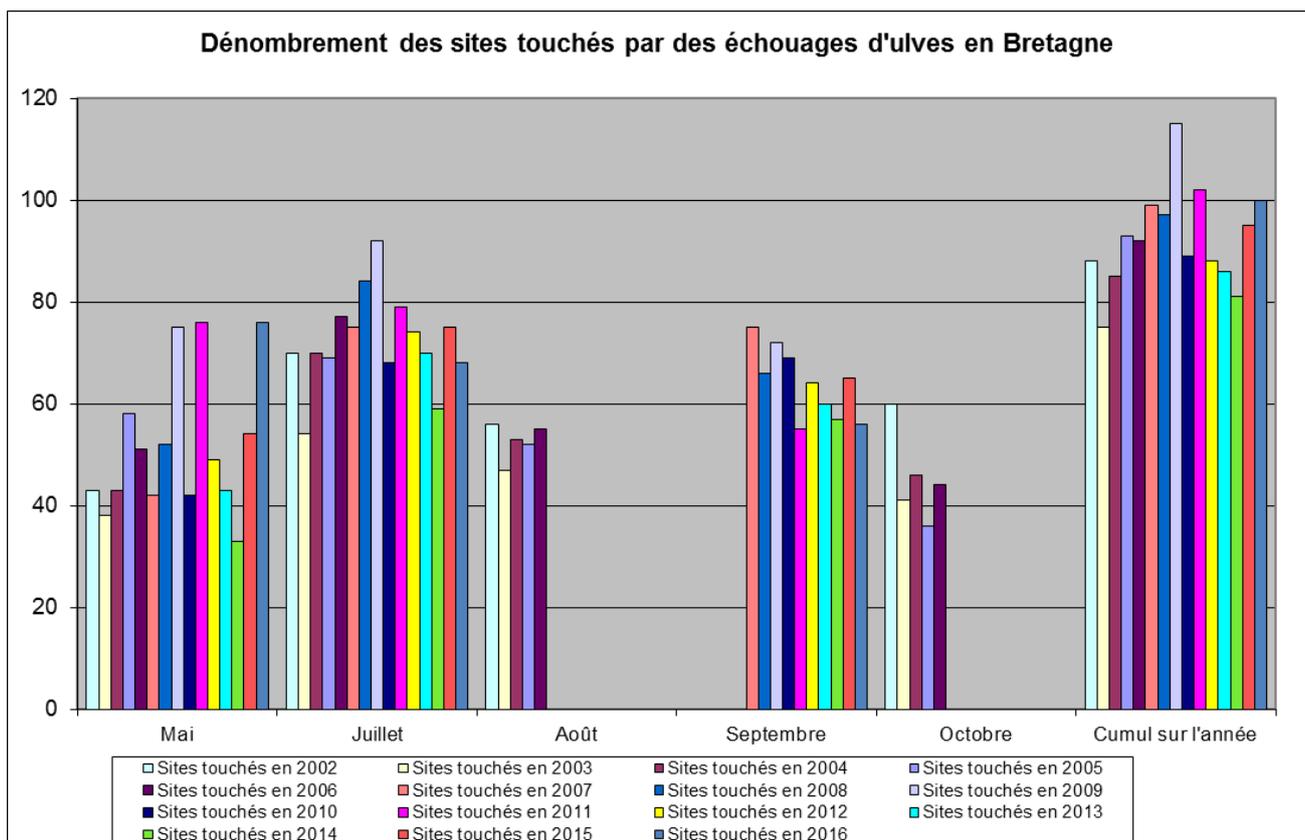


Figure 8 : Nombre de sites touchés par des échouages d'ulves et par date d'inventaire sur l'ensemble du linéaire breton. Le site de la Fresnaye, touché par des échouages d'*Ulvaria* (« ulvoïde ») en 2007, 2008, 2009, 2015 et 2016 a été classé dans ces sites.

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 et avant la dispersion automnale. Ce profil annuel des proliférations s'explique par :

- La première période allant du milieu du printemps jusqu'au début de l'été est celle où les conditions (de lumière et de 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).

Le profil de l'année 2016 est très différent puisque le mois de mai présente le plus grand nombre de sites classés. Beaucoup de sites sont classés à cette date pour des échouages modestes d'ulves (cf. analyse des surfaces couvertes). Ce nombre élevé de site en début de saison pourrait être mis en relation avec des conditions lumineuses favorables en fin d'hiver (mars en particulier) induisant des croissances d'ulves sur platier plus importantes qu'en année « moyenne ». Le nombre de sites diminue assez nettement en juillet et encore un peu entre juillet et septembre. La prolifération, sur cet indicateur, apparaît comme précoce et

relativement peu intense. Le profil de l'année est décrit de façon plus précise 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 100 sites** repérés dans l'année (**carte 3**). L'analyse des occurrences par site montre que :

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

En 2016 un tiers des sites est touché lors des trois inventaires annuels (36 % en 2015, 23 % en 2014, 34 % en 2013 ou 43 % en 2012) ce qui tend à confirmer une prolifération sur une période longue (prolifération à la fois assez précoce et restant soutenue). Ces sites sont généralement les plus problématiques, la prolifération y étant longue (probablement au moins de mai à septembre ; parfois même bien au-delà). Au-delà de ces sites touchés systématiquement, on relève également un tiers des sites qui est touché deux fois sur les trois inventaires. Ces sites correspondent soit à des sites 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 2016 les deux tiers des sites (67 %) qui sont touchés au moins deux fois sur les trois inventaires et qui correspondent vraisemblablement à une prolifération sur le site et non à un échouage « accidentel ».

Sites touchés par des échouages d'ulves en 2016 (inventaires de mai, juillet ou septembre)

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

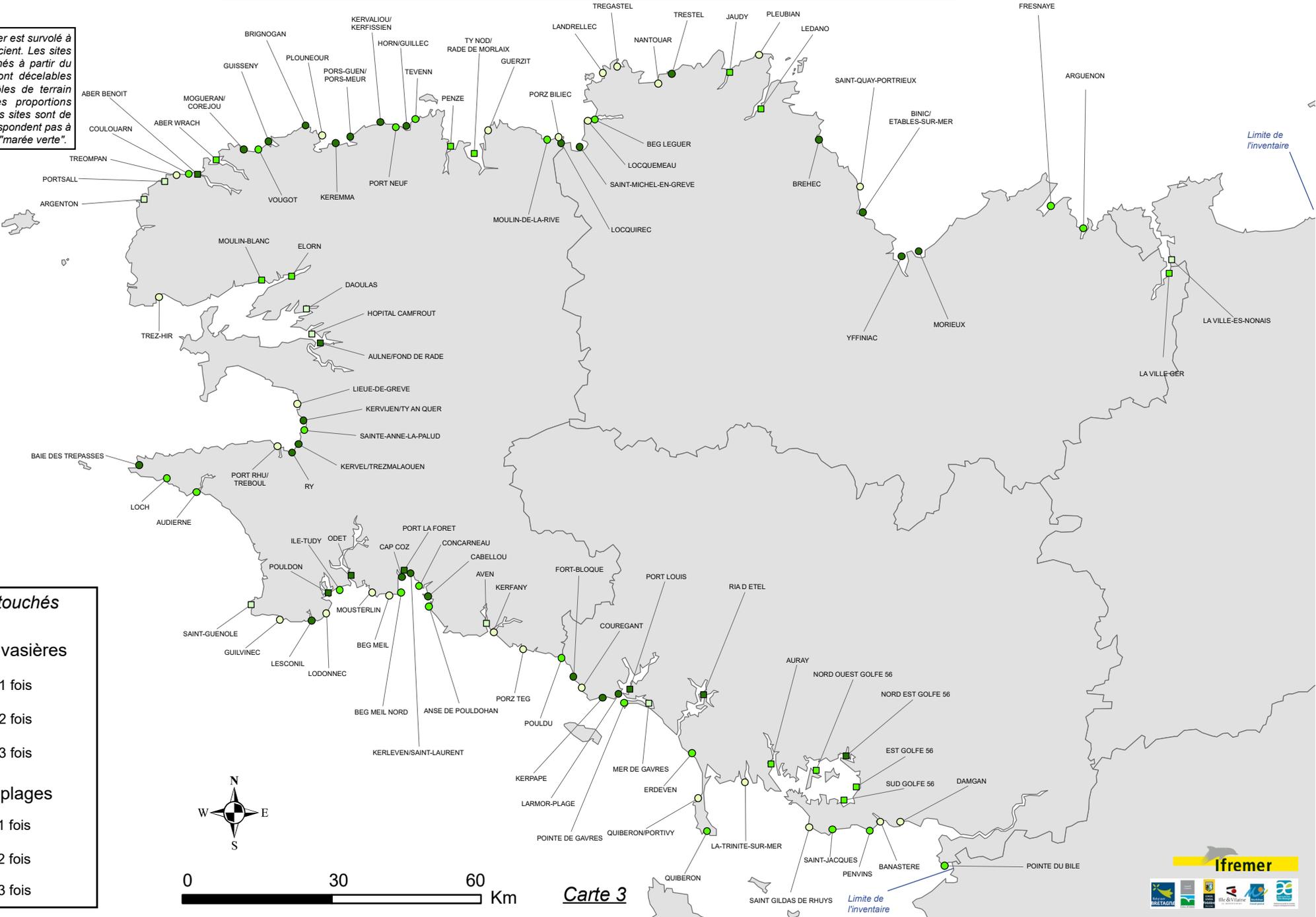
100 sites touchés

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 1997-2016

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 2015 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 9 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). La somme des observations locales permet tout de même, en plus, de tirer des enseignements sur le phénomène général et son évolution. Cependant, il est impératif de bien **souligner que les sites sont d'importance très variée** ce qui n'est pas pris en compte dans ce suivi. Une certaine 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 donnée proposée Figure 9 présentant 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 9 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 site 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.** De 2010 à 2012 on note **une stabilité parfaite en nombre de sites** (mais liste différent chaque année) et à un niveau **nettement inférieur** aux trois années antérieures. Le niveau de 2013 était en léger retrait par rapport à cette série de trois années ; l'année 2014 se trouvait sensiblement plus bas encore, à un niveau proche des années 2002 puis 2004-2006. L'année 2016 se positionne à un niveau sensiblement inférieur à la précédente et très proche mais légèrement inférieur à la moyenne des années 2010-2015 et plus sensiblement inférieure aux années 2007-2009 de plus forte prolifération. Sur cet indicateur de dénombrement des sites en été, l'année 2016 apparaît donc à un niveau plutôt modeste par rapport aux dernières années.

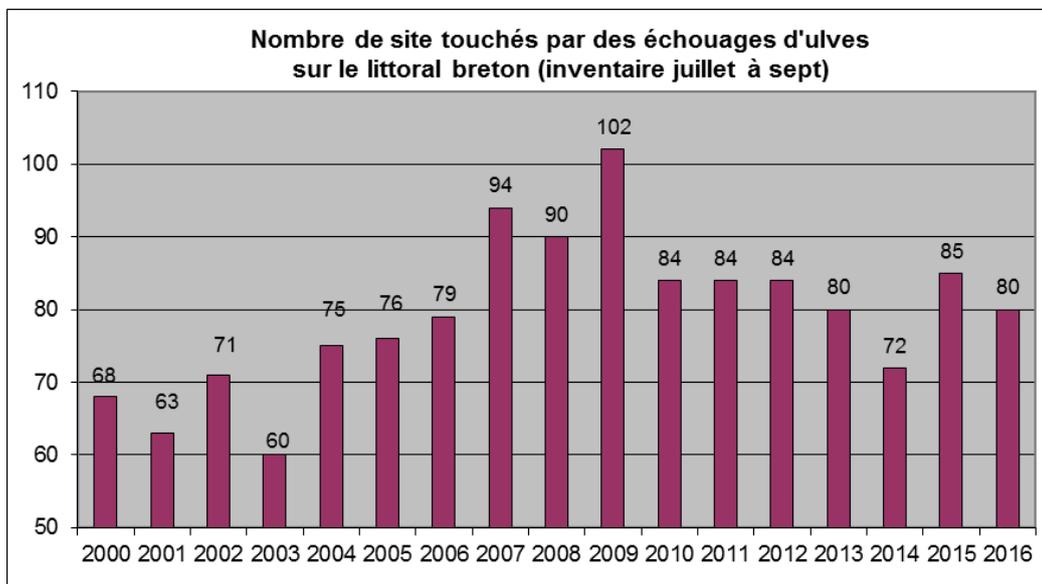


Figure 9 : Nombre de sites touchés entre 2000 et 2016 par des échouages d'ulves en période estivale (juillet et / ou août pour 2002-2006 ; début juillet et fin août pour 2000 ; fin juin et début septembre pour 2001 et mi-juillet et mi-septembre pour les années 2007 à 2015). Le site de la Fresnaye, touché par des échouages d'Ulvaria (« ulvoïde ») en 2007, 2008, 2009, 2015 et 2016 a été classé dans ces sites.

Les deux histogrammes suivants, 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 noter le nombre de survol ayant permis d'aboutir à chaque inventaire annuel** ainsi que de distinguer l'année 1997 qui était la première année de l'inventaire et dont l'inventaire en rade de Brest était jugé **incomplet**. Il est donc difficile, avec une telle série de données, de distinguer des tendances lourdes d'évolution. Afin de rendre mieux compte de la diversité des situations, la représentation distingue le cas des sites sur plages et sur vasières.

On constate sur les deux histogrammes de la Figure 10 que les 3 années **2007-2009** sont **assez significativement au-dessus des années précédentes**. 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. En 2016, ce sont à nouveau les sites sableux qui expliquent l'évolution, à la baisse du nombre de sites touchés sur les mois de juillet et septembre. L'augmentation assez régulière depuis 1997 (et jusqu'en 2009) en nombre de site était surtout due aux 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 (14 sites de moins en 2015 qu'en 2009) est significative.

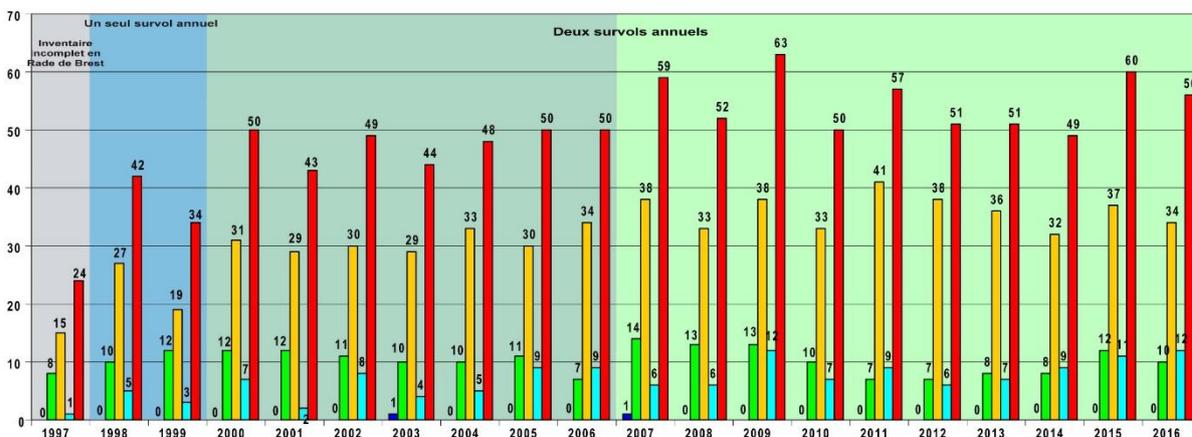
Comme précisé plus haut, le dénombrement des sites, ne concerne pas uniquement des sites qui peuvent être qualifiés de « marées vertes » et comprend des sites dont les dépôts sont peu étendus ; il convient donc

de relativiser ce résultat et de se reporter à l'analyse des surfaces d'échouage pour appréhender complètement les proliférations et leur évolution.

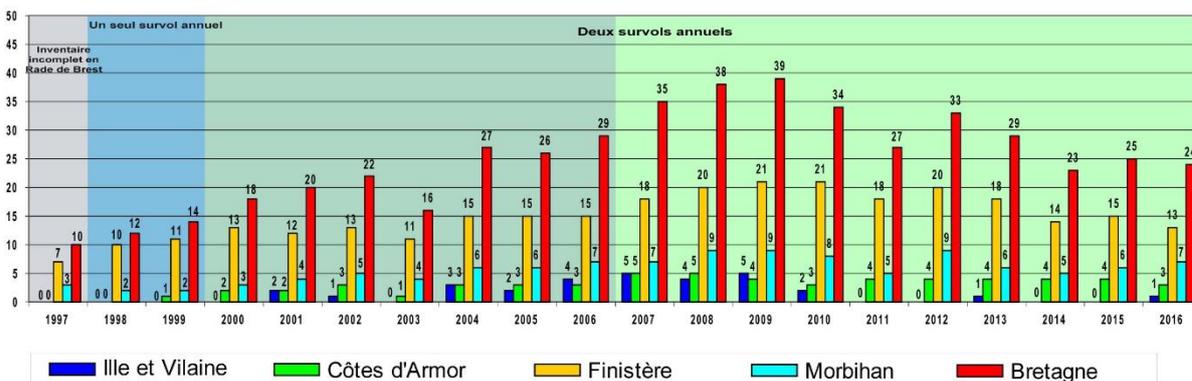


Nombre de sites concernés par des échouages d'ulves entre 1997 et 2016

Secteur de plage



Secteurs de vasières estuariennes



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

L'ensemble du linéaire côtier est survolé à marée basse de fort coefficient. Les sites sont classés comme touchés par des échouages d'ulves à partir du moment où les dépôts sont décelables d'avion et que les contrôles de terrain mettent en évidence des proportions anormales d'ulves. Certains sites sont de très petite taille et ne correspondent pas à la description classique de "marée verte". Les années antérieures à 2000 ne comportant qu'un inventaire annuel peuvent difficilement être directement comparées aux années postérieures. A partir de 2007, les deux survols d'été sont à des dates qui pourraient être plus favorables pour dénombrier 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 10 : Nombre de sites touchés par des échouages d'ulves en Bretagne entre 1997 et 2016 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 en 2015 et 2016 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.

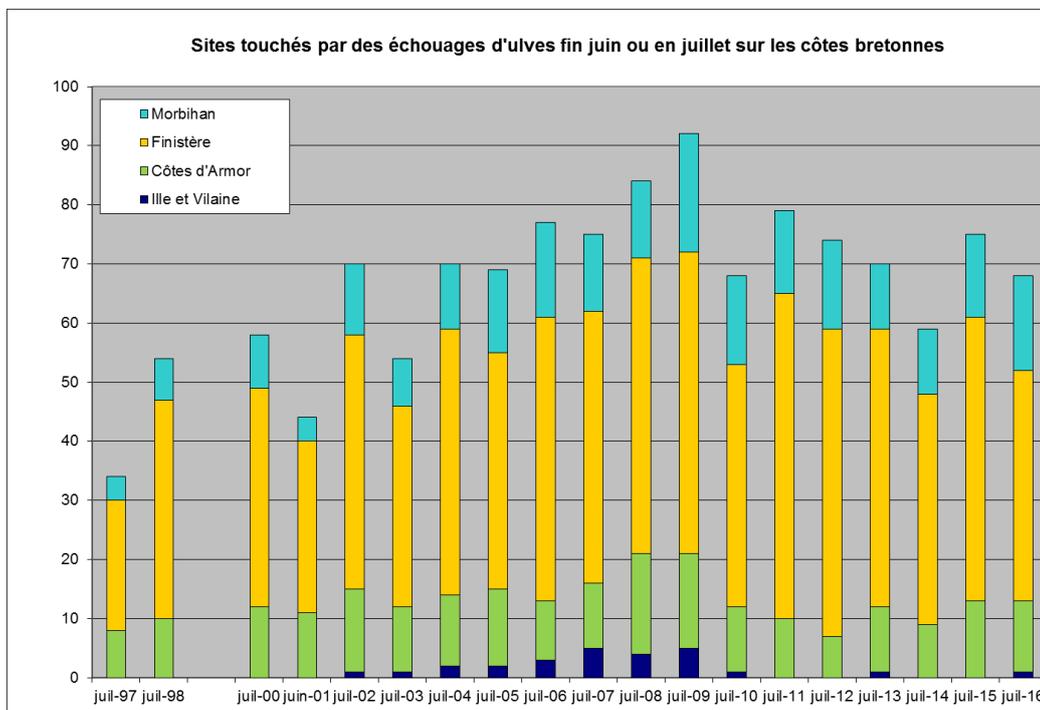


Figure 11 : sites touchés par des échouages d'ulves en début de saison (fin juin ou juillet) sur les côtes bretonnes. Le site de la Fresnaye, touché par des échouages d'Ulvaria (« ulvoïde ») de 2007 à 2009 puis 2015 et 2016 a été classé dans ces sites.

La Figure 11 met en évidence un nombre de sites pour le début d'été 2016 (juillet) en repli par rapport à 2015 mais à un niveau proche (mais inférieur) de la moyenne des dernières années (70,8 sur 2010-2015 et 72,6 sur 2002-2015). Le niveau montré par cet indicateur indique donc une année dont le niveau en début d'été plutôt limité, malgré un niveau de mai qui était particulièrement élevé.

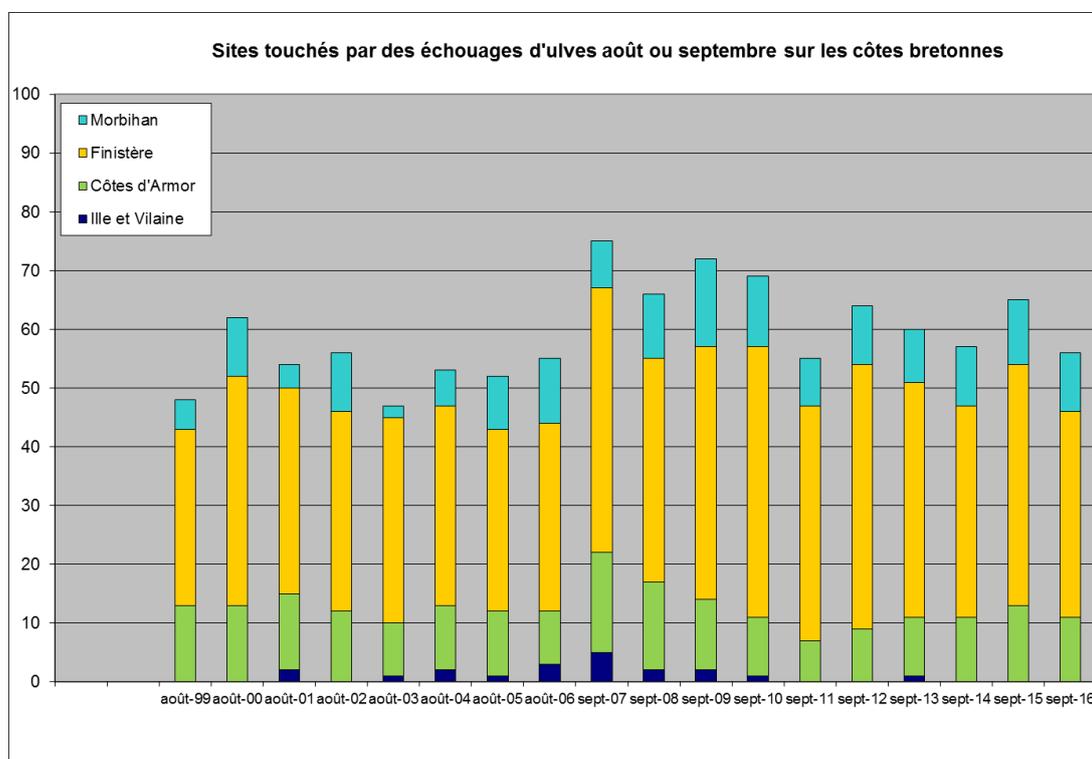


Figure 12 : sites touchés par des échouages d'ulves en « fin de saison » (août ou septembre) sur les côtes bretonnes. Le site de la Fresnaye, touché par des échouages d'Ulvaria (« ulvoïde ») de 2007 à 2009 puis 2015 et 2016 a été classé dans ces sites.

La Figure 12 confirme la tendance de la Figure 11, avec un niveau en septembre 2016 en retrait par rapport à l'année précédente et inférieur aux années antérieures (63,9 sur septembre 2007-2015 et 59,4 sur la fin de

saison des années 99 à 2015). Le niveau plus élevé sur les années depuis 2007 qu'avant 2006 peut, en partie au moins s'expliquer par la date de l'inventaire en mi-septembre qui semble 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, pour une part, l'augmentation du nombre de sites peut être reliée à l'amélioration des connaissances et aux informations fournies au CEVA pour guider les observations. Ainsi, l'intérieur de la Ria d'Etel et l'amont de la Rance par exemple n'étaient pas survolés avant 2002 et le sont depuis car notre attention a été attirée par des observations locales (il semble que le développement d'ulves y soit récent ce qui explique que nous ayons été contactés au sujet de ces sites que récemment). 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.

Les sites touchés par des échouages d'ulves sur l'ensemble de la saison

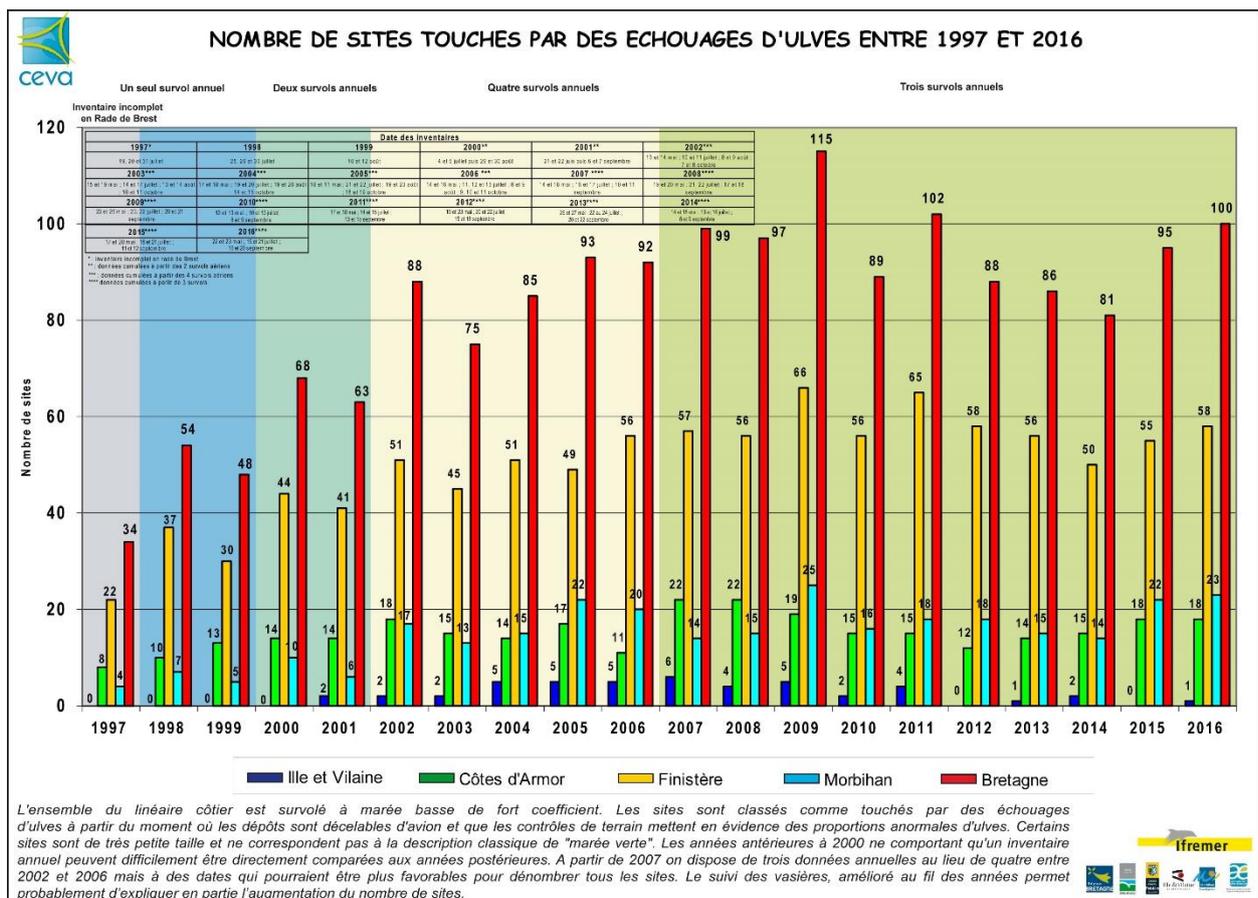


Figure 13 : Nombre de sites touchés par des échouages d'ulves sur l'ensemble de la saison sur départements bretons entre 1997 et 2016 (nombre d'inventaires différents selon les années). Le site de la Fresnaye, touché par des échouages d'Ulvaria (« ulvoïde ») de 2007 à 2009 puis en 2015 et 2016 a été classé dans ces sites.

- L'année 2016, si l'on considère les trois dates d'inventaire, poursuit (Figure 13) le **rebond assez net que représentait l'année 2015, après trois années** à un niveau sensiblement plus bas. Le niveau de l'année 2016 est inférieur aux années 2009 et 2011 et se positionne au troisième rang depuis le

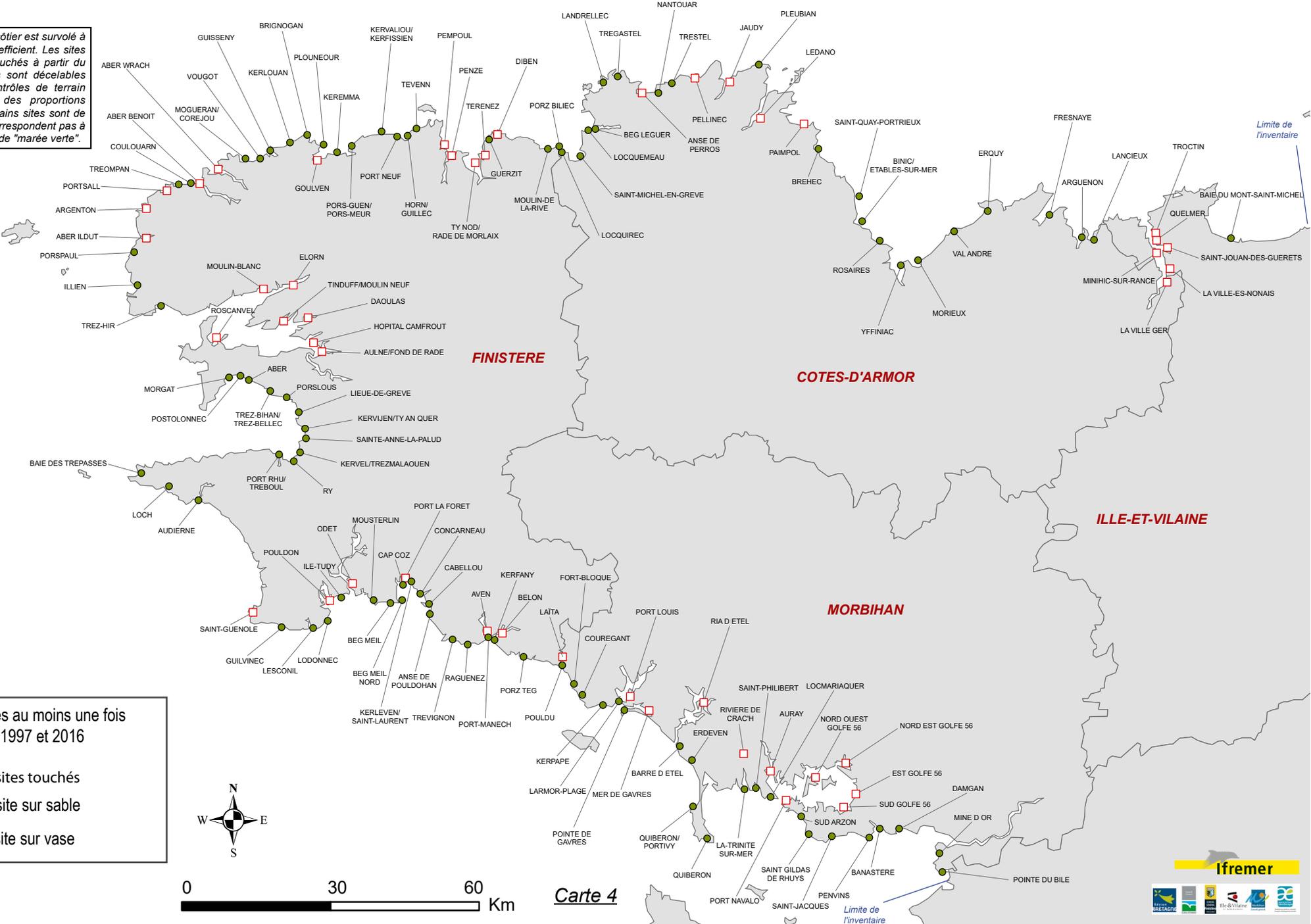
début des suivis (mais comparable réellement que depuis 2007). Le nombre de sites touchés par des échouages d'ulves en 2016 est sensiblement plus élevé que la moyenne des années antérieures (100 contre 94.7 sur la moyenne 2007-2015). Cela est en partie dû au niveau particulièrement élevé du début de saison (mai) avec notamment des sites qui ne sont touchés qu'à cette date précoce auxquels viennent s'ajouter les sites « plus classiquement » touchés durant la saison estivale. Les années 2007 à 2016, 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 le 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, 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 (« QUIBERON/PORTIVY ») a été classé pour des échouages d'ulves pour la première fois en 2016. Les échouages dans le port, repérés lors de l'inventaire de mai étaient assez massifs et la proportion d'ulves, variable à l'échelle du site, était localement de près de 100 %. Le mélange des ulves avec d'autres algues rouges et la morphologie des ulves incite à diagnostiquer une croissance des algues en dehors du Port, sous forme majoritairement fixée.

La carte 4 présente les 139 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 20 années** d'inventaires sont représentés (soit plus de deux années sur trois). **60 sites** sont dans ce cas sur le littoral breton et parmi ces sites **16 ont été touchés chaque année** (idem à 2015, 2014 et 2013 mais ils étaient 18 dans ce cas en 2012), **12 l'ont été 19 années sur 20 et 8 l'ont été 18 années sur 20** (soit 36 sites qui ont été touchés au moins 18 années sur 20). Il convient de noter que certains points du littoral (La Rance, la Ria d'Etel, 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 « 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).

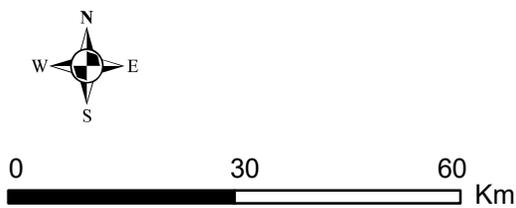
Sites touchés par des échouages d'ulves au moins une fois depuis 1997

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 2016

- 139 sites touchés
- site sur sable
- site sur vase



Carte 4

Sites les plus fréquemment touchés par des échouages d'ulves sur la période 1997-2016

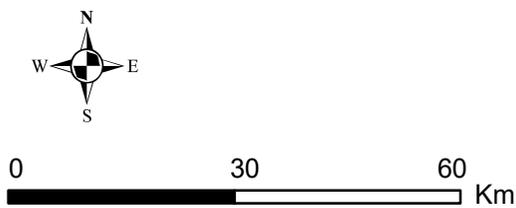
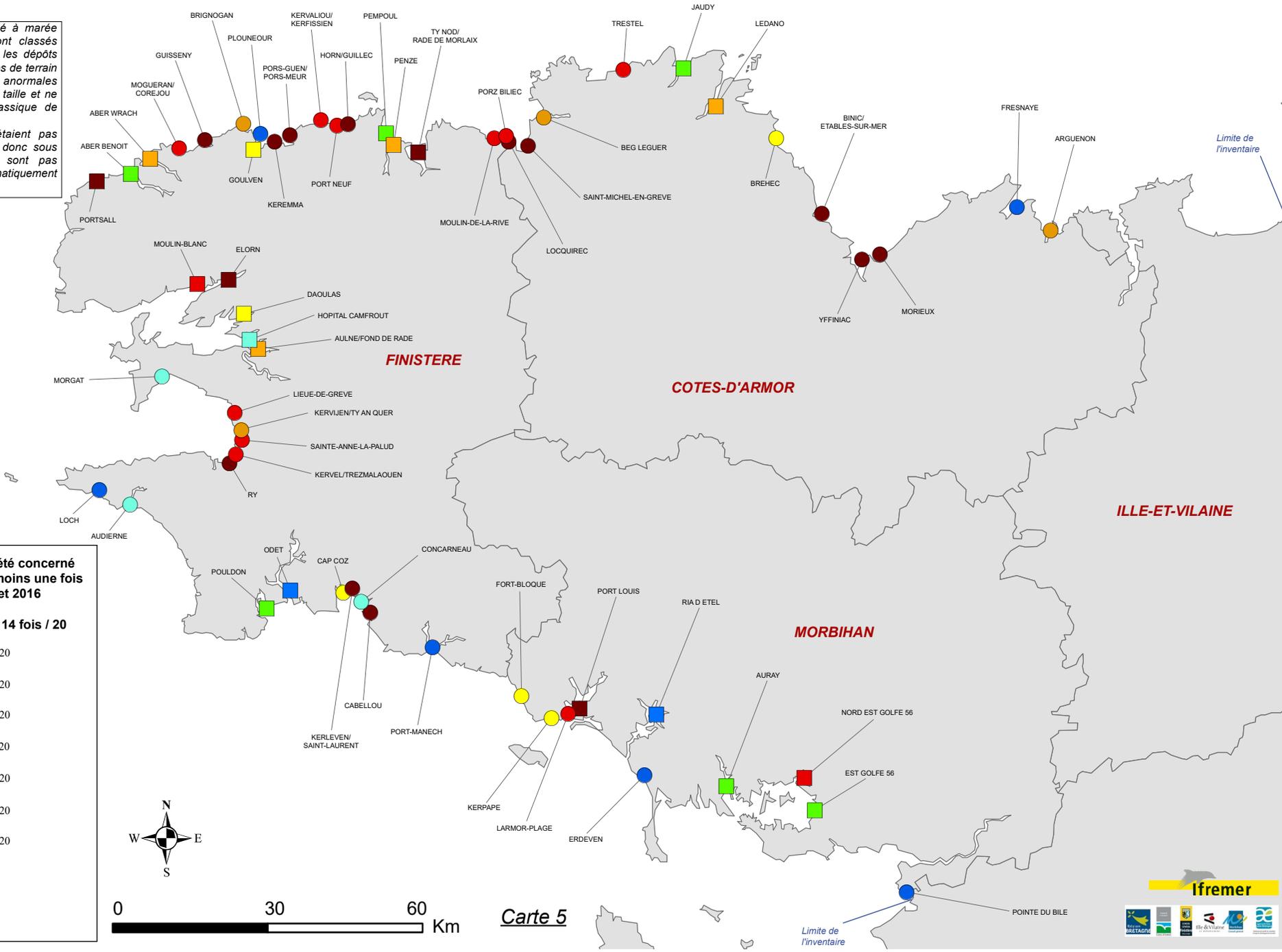
L'ensemble du linéaire côtier est survolé à marée basse de fort coefficient. Les sites sont classés comme touchés à partir du moment où les dépôts sont décelables d'avion et que les contrôles de terrain mettent en évidence des proportions anormales d'ulves. Certains sites sont de très petite taille et 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 2016

60 sites concernés au moins 14 fois / 20

- site concerné 14 années sur 20
- site concerné 15 années sur 20
- site concerné 16 années sur 20
- site concerné 17 années sur 20
- site concerné 18 années sur 20
- site concerné 19 années sur 20
- site concerné 20 années sur 20

- 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 2016. Ceux-ci sont localisés principalement dans le Golfe du Morbihan, les baies de Morlaix, rades de Brest ou Lorient ainsi que dans les estuaires profonds et les abers.
- Sur les trois inventaires de 2016, **28 sites sur les 100 sites recensés sont des sites de vasière**. L'analyse de la proportion de sites de vasière lors des **inventaires d'été** est présentée Figure 1 Figure 14 : en 2016, les vasières (24 sites classés pour les mois d'été) représentent 30 % des sites, niveau quasiment identique à 2015 et inférieur à toutes les années antérieures depuis 2003. 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. description page 25).
- **La prolifération sur la plupart de ces sites est assez longue** : en 2016 plus des deux tiers (71 %) des sites sont touchés deux ou trois fois sur les trois inventaires. 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 et même 13 et 14 respectivement en 2011 et 2014. En 2016, 8 vasières se trouvent dans cette situation, ce qui peut être considéré comme une situation intermédiaire. A noter aussi que les vasières classées lors des trois inventaires sont nettement moins nombreuses qu'en 2015 (8 vasières sur 28 sont dans ce cas contre 13 sur 28 en 2015).

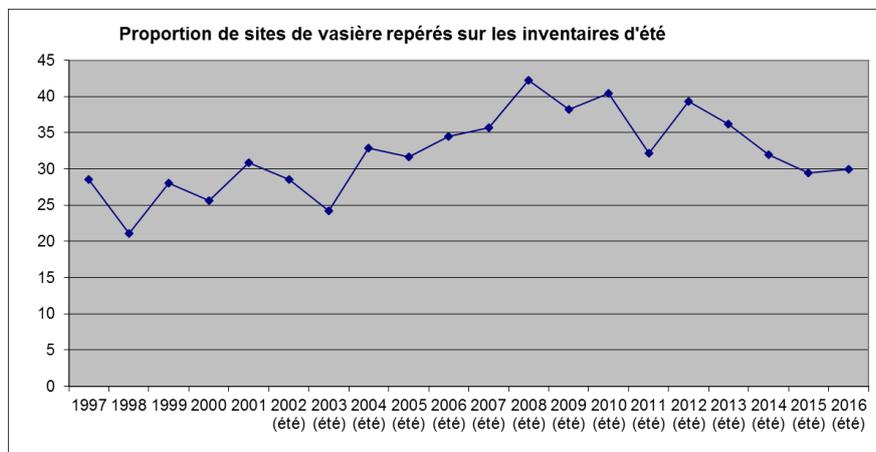
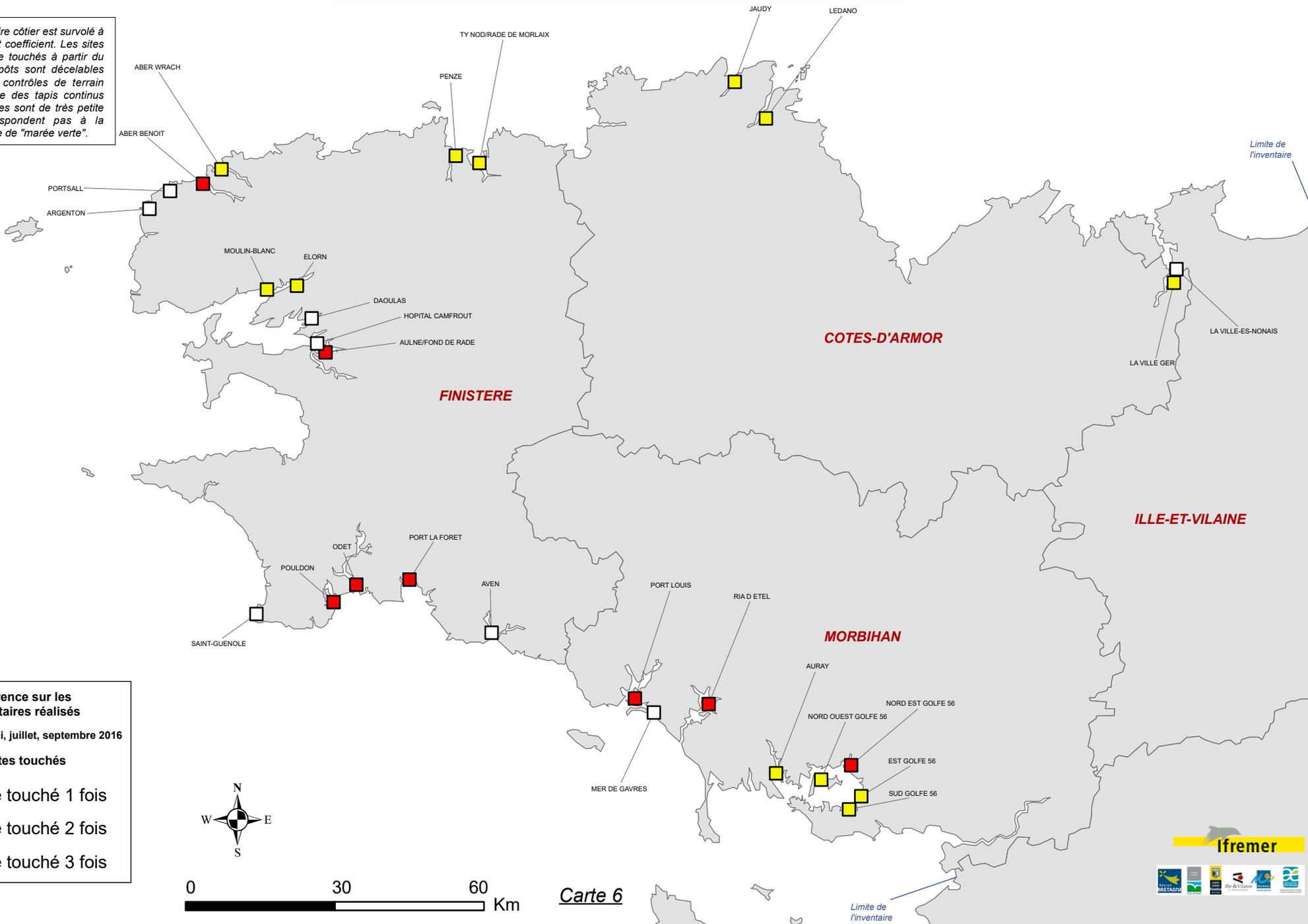


Figure 14 : Proportion de vasières dans les sites touchés par des échouages d'ulves sur les années 1997 à 2016. L'amélioration des suivis permet probablement d'expliquer, en partie au moins, l'augmentation de la proportion des vasières dans le total des sites inventoriés du début de suivis à 2008.

Vasières touchées par des échouages d'ulves au cours de la saison 2016

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 et Gracilariales. 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 jugée peu fiable. 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, car 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 systématicien est, en général, capable d'apprécier si l'algue est issue d'un arrachage ou si elle a connu une croissance libre ce qui renseigne sur le fonctionnement du site dont elle est issue.

En 2013 et 2012, 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. En 2014 et 2015 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. En parallèle du suivi des sites touchés par des échouages d'ulves, **9 sites présentant des échouages d'algues vertes** repérés par avion ont été classés comme touchés par des échouages d'algues vertes **filamenteuses** (décrites sous le terme générique d' « Entéromorphes »). En plus de ces échouages d'algues vertes « non ulves », **31 sites ont présenté en 2016** des proliférations d'autres algues que des algues vertes. **Cette thématique des « autres algues que les ulves »** est donc particulièrement importante en 2016 et certains sites ont été très **fortement touchés par les proliférations de ces autres algues**. A noter que dans certains cas la présence ou la prolifération d'algues « non ulves » comme par exemple les algues brunes filamenteuses *Pylaiella littoralis* ou autres *ectocarpales* (identification sur critère morphologiques uniquement rendant parfois la détermination délicate) semble avoir une incidence forte sur le développement des Ulves ou autres algues vertes (compétition entre espèces, au moins pour la lumière). Cela renforce l'intérêt de les suivre du fait de l'implication potentielle sur les proliférations d'ulves. Les éléments marquants pour 2016 sont :

- Des sites touchés par des algues vertes filamenteuses à un niveau bien inférieur à l'année 2015. **L'année 2016 peut donc être considérée comme une année « plus normale » pour ces algues** dont une partie importante de la croissance se produit sous forme fixée. Ces proliférations sont plutôt enregistrées

en juillet (certains sites aussi concernés dès mai) et concernent en grande partie le littoral nord de la Bretagne mais également un site de la côte atlantique.

- La baie de la **Fresnaye a vu en 2016** (comme en 2015 et sur les années 2007-2009) des proliférations, **massives d'*Ulvaria obscura*** (en plus des autres algues brunes ou rouges filamenteuses). Pour la première fois en 2016, cette algue a été rencontrée en quantités non négligeable **en baie de Morieux** avec localement des proportions de près 1/3 des algues vertes présentes (ulves). Cette présence a été notée par les opérateurs de terrain du CEVA en fin juillet, puis en août et début septembre. Il n'est cependant pas possible d'affirmer que cette algue était absente les autres mois ou les années antérieures. En effet la baie est très vaste et le plus souvent fortement couverte d'ulves. Il est donc difficile, dans déployer des moyens de terrain importants (transects systématiques) de garantir la composition algale de l'ensemble des dépôts).
- De très nombreux sites ont été concernés par les algues brunes de types *ectocarpales* (*Pylaiella littoralis* ou autres *ectocarpales*, la distinction sur simples critères morphologiques n'étant pas toujours possible). **Pour beaucoup de sites, ces proliférations, parfois massives** (par exemple les sites de la baie de Douarnenez, mais aussi de la presqu'île de Crozon) **sont exceptionnelles**, et jamais vues à un tel niveau les années précédentes. On note en 2016 une persistance des algues brunes filamenteuse de type *Pylaiella littoralis* (ou autres *ectocarpales*) sur l'est des Côtes d'Armor (baie de la Fresnaye et de Lancieux) et dans une moindre mesure sur le site de Binic (la baie de Saint Brieuc a été concernée en partie par des proliférations de *Polysiphonia* mais très peu par des *ectocarpales* en 2016). Plusieurs sites du nord Finistère, l'Aber Benoit, comme les années antérieures, mais également des sites de la baie de Morlaix (plus particulièrement les plages devant Carantec, mais aussi la plage de Tevenn, en mélange avec les ulves) ont été touchés par des proliférations d'*ectocarpales* en 2016. Les conditions de l'année 2016 ont **donc été particulièrement favorables aux *ectocarpales*** (en particulier, pour la baie de Douarnenez des flux bas qui auraient limité la croissance des ulves au profit des *ectocarpales*).
- On note également en 2016 de **nombreux sites touchés par des échouages massifs d'algues rouges** pour la plupart des sites avec une domination voire une présence exclusive de *Solieria chordalis* : principalement sur la presqu'île de Rhuys, la baie de Quiberon et de façon plus marginale à l'ouest de Quiberon (en particulier le site « Ile Tudy »).

3.1.5 Conclusions

Les inventaires en dénombrement de sites sur le littoral breton en 2016 ont permis de repérer :

- Un nombre de sites touchés par des échouages d'ulves en hausse par rapport à 2015 et surtout par rapport aux 3 années antérieures qui comportaient relativement peu de sites « touchés » : avec 100 sites touchés sur l'ensemble des 3 inventaires, l'année 2016 se positionne au troisième rang pour le nombre de sites sur la saison depuis le début des suivis et significativement au-dessus du niveau moyen (94.7 sites sur 2007-2015).
- Un nombre de sites particulièrement important en mai (76 sites, plus grand nombre de site touché pour un mois de mai à égalité avec 2011, année particulièrement précoce), indiquant sur ce critère **une année de prolifération précoce**. Cependant, si les sites touchés par les ulves sont nombreux en mai, on peut noter que ce sont surtout des sites de petites surfaces, liés à des croissances d'algues vertes sur platier qui sont concernés (d'où la différence de perception avec l'indicateur surfacique).
- Un niveau de juillet (68 sites) qui diminue sensiblement par rapport à mai alors qu'en moyenne pluriannuelle on constate une augmentation importante entre ces deux dates. Le niveau de juillet est très inférieur à la moyenne sur le nombre de sites touché (68 contre 75 sur 2007-2015).
- Un niveau en septembre (56 sites) qui diminue encore et est nettement inférieur à la situation moyenne (56 sites contre 65 en moyenne 2007-2015), indiquant une fin de prolifération peu soutenue (nombre de sites).
- L'analyse sur la seule période juillet à septembre (80 sites) indique une année en repli par rapport à 2015 mais à un niveau proche des années antérieures (moyenne de 81.5 sur 2010-2015 et de 86 sur 2007-2015),
- Au travers de ce dénombrement on perçoit donc une année de prolifération plus précoce mais relativement peu intense en été puis à l'automne. La précocité noté semble cependant surtout concerner des sites de faible extension liés à des arrachages sur platier qui auraient été plus importants cette année notamment du fait de conditions favorables en fin d'hiver (cf. § 3.2 analyse des surfaces qui renseigne mieux sur le niveau de la prolifération annuelle),
- Une **proportion des sites de vasière** dans le total des sites (30 %) qui est en retrait sensible sur les dernières années (retour sous le niveau mesuré en 2004). L'augmentation du nombre de sites de ce type repérés au cours des dernières années pouvait, en partie au moins, s'expliquer par un suivi plus approfondi de ces secteurs au fil des ans. Cela rend la diminution observée ces dernières années d'autant plus notable,
- Des sites touchés par des proliférations **d'autres algues que les ulves** : *Pylaiella* ou autres ectocarpales sur l'est du littoral costarmorcain et le site de Binic et la Baie de Douarnenez (phénomène nouveau à ce niveau) sur quelques sites finistériens (Aber Benoit, baie de Morlaix) et algues vertes filamenteuses sur quelques sites principalement sur le nord Bretagne. A noter également des échouages massifs d'algues rouges de type **Solieria sur le sud Bretagne** (presqu'île de Rhuys et quelques autres sites).
- 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 du développement algal. 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 » sont complétées, dans certains sites, par l'ajout de données de biomasse par unité de surface et de prospections sous-marines permettant une approche des stocks totaux d'algues.

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 ayant 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 2016, 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 nouvelle 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 plus délicate et le résultat est donc moins précis que dans le cas des sites sableux. En 2016 comme pour les années 2009 à 2015, 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.

3.2.1 L'importance relative des sites

Sur l'ensemble des sites classés comme touchés en 2016 par des échouages d'ulves sur secteur de plage, et en considérant uniquement les mois d'inventaires « généraux » de l'année (3 données lors des trois inventaires « généraux » du littoral), les surfaces maximales de dépôt d'ulves s'échelonnent, pour l'année 2016 de 0,12 ha à 176 ha soit dans un **rapport de 1 à 1 500**, 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 2016 (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, le maximum atteint sur ces 7 inventaires (permet de percevoir le maximum atteint pour les sites surveillés mensuellement ; les sites les plus importants sont dans ce cas et le maximum annuel (7 inventaires) peut être supérieur au maximum des trois inventaires « généraux »). Cela est le cas pour une bonne partie des sites, le maximum étant fréquemment atteint en juin (qui est la date du maximum régional sur le cumul du linéaire breton pour la moyenne 2002-2016), pour certains sites en août (Finistère nord notamment) voire en octobre (cas en 2016 pour le site du Ry et celui de l’Arguenon dont les dépôts d’ulves en octobre représentent 60 % du cumul sur les 7 inventaires). 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 2016 sur les 3 inventaires « généraux » (« rideau » + échouage en « équivalent 100% » de couverture). 72 sites de type « plage » ont été classés pour des échouages d’ulves en 2016 et ont tous fait l’objet d’évaluation surfacique.

Classes de sites par surfaces maximales couvertes par les ulves	Nombre de sites
moins de 1 hectare	13
de 1 à 10 hectares	47
de 10 à 50 hectares	8
de 50 à 200 hectares	4
plus de 200 hectares	0

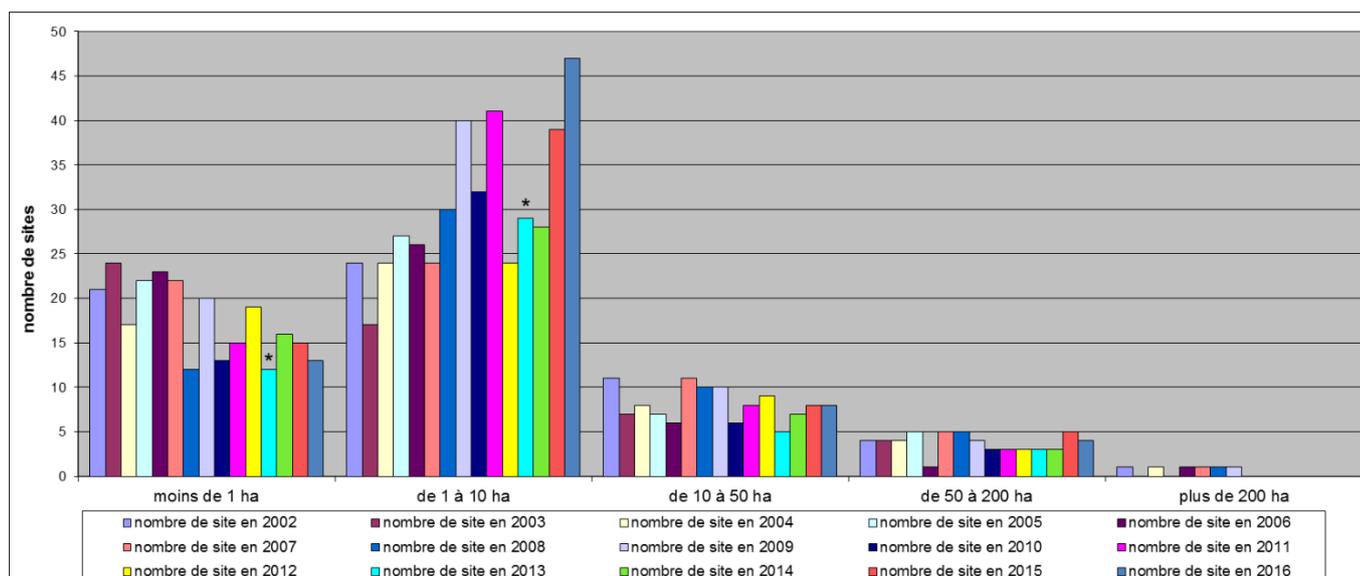


Figure 15 : Répartition par classe de taille (maximum annuel sur les trois inventaires « généraux ») des sites présentant des échouages d’ulves sur secteur de plage entre 2002 et 2015) ; le site de la Fresnaye, touché par des échouages d’Ulvaria (« ulvoïde ») de 2007 à 2009 puis en 2015 a été classé 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 2016 par des échouages d'ulves par département et par classe de taille (taille maximale atteinte sur les 3 inventaires généraux).

catégorie\Département	35	22	29	56	Total
moins de 1 ha	0	2	7	4	13
de 1 à 10 ha	0	8	28	11	47
de 10 à 50 ha	0	1	7	0	8
de 50 à 200 ha	0	4	0	0	4
plus de 200 ha	0	0	0	0	0

L'analyse de la Figure 15 et des Tableau 4 et Tableau 5 permet de conclure pour la saison 2016 :

- **Une majorité de sites** (65 %) se trouve **entre 1 et 10 ha** (maximum annuel sur 3 inventaires).
- Des sites classés comme touchés par des échouages d'ulves, **de très petites tailles qui sont moins représentés** qu'en moyenne des années de suivi (31 % en moyenne contre 18 % en 2016) et moins représentés que toutes les années antérieures.
- En 2016, comme c'est le cas depuis 2010, **aucun site ne figure dans la classe des plus de 200 ha** (le site d'Yffiniac, avec 176 ha est le site présentant le maximum de surface sur les 3 inventaires généraux).
- Le nombre de sites dans la catégorie 50 à 200 ha (4 sites) est proche du niveau moyen (le site de la « **Fresnaye** » étant en 2016 dans cette catégorie mais pas le site « **Binic/Etables-sur-Mer** » contrairement à la situation de 2015). La catégorie des sites de 10 à 50 ha est, avec 8 sites, au même niveau que la moyenne 2002-2016 (mais en proportion légèrement inférieure avec 11 % des sites de 2016 contre près de 14 % en moyenne 2002-2015). On peut donc en conclure **à une diminution des plus gros sites**, et une **remontée des sites « petits » à « moyens »** des catégories 1 à 10 et 10-50 ha.
- 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 2016 le seuil de 50 ha. Le site de « l'anse du Dossen », « Horn/Guillec », présente la plus grande surface maximale sur 3 comme sur 7 inventaires avec 42 ha devant celui de « Guissény » avec un peu moins de 35 ha et « Sainte Anne la Palud » avec 19 ha. Il est important de rappeler que le fond de baie de Douarnenez est constitué de 5 sites distincts (en liaison avec des secteurs de plages alimentés par des cours d'eau différents) ce qui éclate les surfaces sur le fond de baie. En 2016 le cumul des dépôts sur ces 5 sites, est de 40 ha (contre 100 ha en 2015, la prolifération de 2016 ayant été relativement modeste, probablement en partie du fait de la prolifération d'Ectocarpales). **A noter cependant : les sites du sud Bretagne comportant régulièrement des quantités plus importantes dans l'infralittoral sont ici comptabilisés pour une partie seulement des algues présentes** (exemple de la baie de la Forêt dont les échouages n'atteignent pas 50 ha pour la somme des maximums annuels des différentes plages alors que la biomasse totale de la baie de la Forêt est régulièrement mesurée au-dessus de 5 000 T).
- 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 tous sur ce littoral (cf. Annexe 4 : répartition des sites suivant leur surface maximale d'échouage sur 3 ou 7 inventaires). Les quatre sites de plus grande surface d'échouage se trouvent sur ce département (« Yffiniac », « Morieux », « Saint-Michel-en-Grève », « Fresnaye » sur les maximum 3 ou 7 inventaires). Viennent ensuite, pour le maximum couvert sur les 7 inventaires, 8 sites finistériens et 2 sites costarmoricaïns (en premier lieu, le site de « l'anse du Dossen » puis « Binic/Etables-sur-Mer », « Guissény », « Sainte-Anne-la-Palud » et « Arguenon »). A noter que certains sites (baie de « Lancieux » en premier lieu) ont été, plus ou moins fortement touchés par des proliférations d'autres algues, *Pylaiella littoralis*, dont la surface n'est pas estimée. La présence sur les Côtes d'Armor de sites dont la surface est importante peut cependant 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 »).

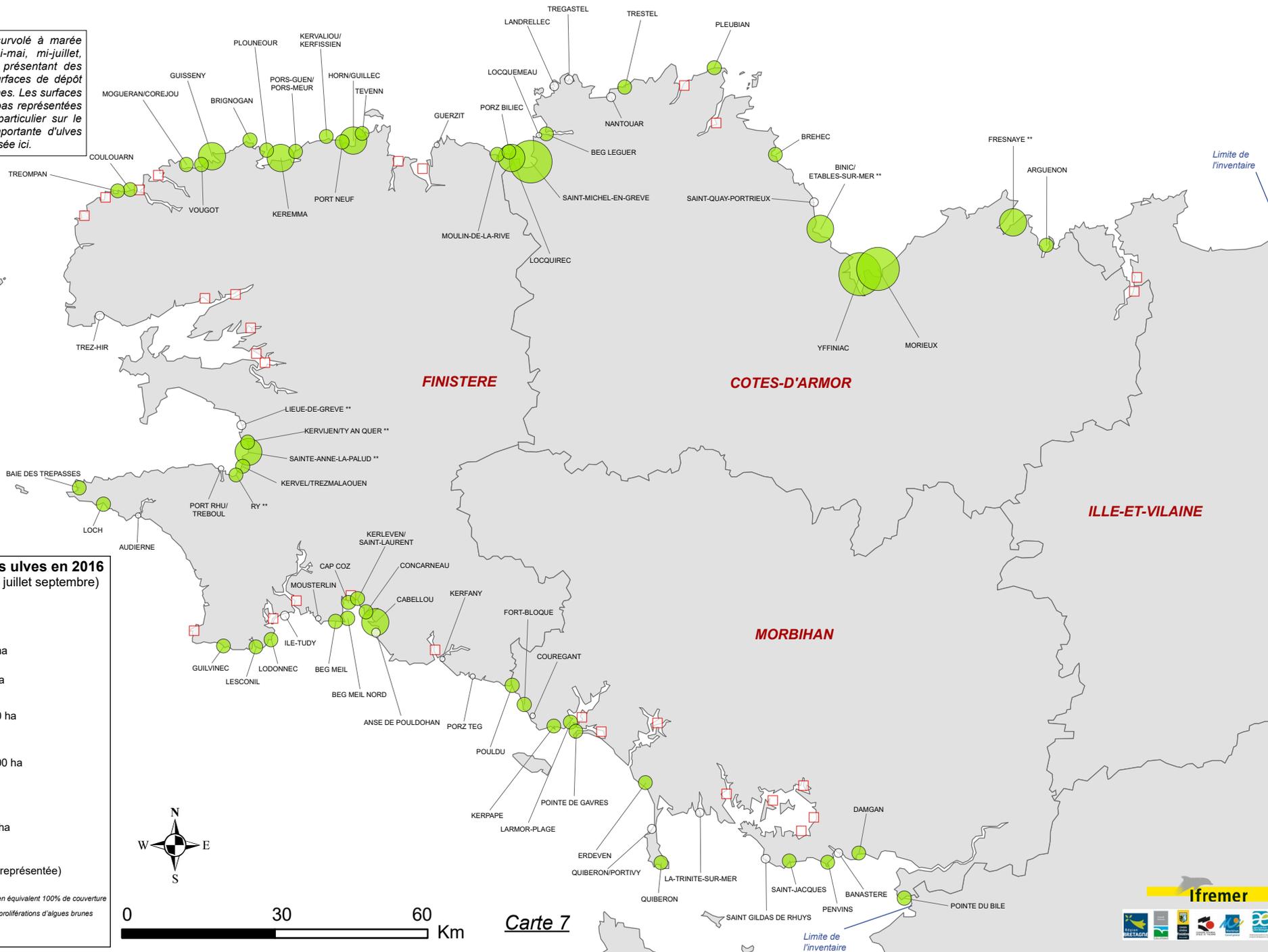
- En 2016 le département **du Morbihan** ne compte aucun site (site sableux uniquement ici) dans les catégories de surface les plus importantes : 11 sites entre 1 et 10 ha (« Erdeven » avec plus de 9 ha en juillet, « Damgan », « Kerpape », « Pointe du Bile », « Penvins » et la « Larmor-Plage » « pointe de Gâvre » et « Quiberon » entre 2 et 3.5 ha). De plus, 4 sites présentent des surfaces de moins de 1 ha.
- Le département **d'Ille et Vilaine** ne comprend encore en 2016 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). On y distingue les trois sites costarmoricains les plus touchés, « Morieux » et « Yffiniac » en baie de Saint Briec et « Saint Michel en Grève », puis dans une moindre mesure les **sites de la « Fresnaye » et de « Binic/Etables-sur-Mer »**. On peut noter que le site de la « **Fresnaye** », **concerné par une prolifération importante** d'Ulvaria, n'avait pas été concerné par des échouages d'algues vertes de 2009 à 2014 (prolifération sur ces années d'algues brune filamenteuse *Pylaiella littoralis* ; retour d'une prolifération d'algues vertes, à Ulvaria, en 2015). Le site de Binic/Etables sur Mer est également en 2016 à un niveau relativement important par rapport aux années 2009-2014 (mais moins élevé que 2015). Viennent ensuite de nombreux sites finistériens de surface sensiblement inférieure (« Guisseny », « Horn/Guillec », « Keremma », « sainte Anne la Palud », « Cabellou », « Locquirec », « Cap Coz », Les sites morbihannais sableux (vasières non analysées ici) sont moins visibles du fait de leurs surfaces plus modestes (« Erdeven », « Kerpape », « Larmor-Plage » avec 11, 7 et 6.5 ha sur le cumul 3 inventaire de 2016). 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 2016** (comme en 2015) **concerné par des surfaces importantes** : « baie de la Fresnaye » (prolifération d'ulvaria et de Pylaiella sur une partie de la saison) et baie de « l'Arguenon » (surfaces d'ulves importantes en septembre et encore plus en octobre, donnée non intégrée dans ces cartes) ; la baie de Lancieux quant à elle étant restée concernée par des échouages de Pylaiella, dont les surfaces ne sont pas intégrées ici. 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 algue (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 deux ME du littoral nord (baie de Lannion et Léon – Trégor large). Arrive ensuite la ME de l'est des Côtes d'Armor « Rance-Fresnaye » (du fait des échouages importants sur la baie de la Fresnaye) puis les ME des baies de la Forêt et de Douarnenez. Pour ce qui est des sites de type « plage » le reste du littoral est concerné par des dépôts moindre ampleur (35 et 21 ha pour les ME au large de la Vilaine, FRGC44 et 45, et de moins de 20 ha pour les sites sableux des autres ME bretonnes). 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 2016

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



Surfaces couvertes* par les ulves en 2016 (cumul sur les 3 inventaires mai juillet septembre)

- <0,5 ha
- 0,5 à 2 ha
- 2 à 20 ha
- 20 à 100 ha
- 100 à 400 ha
- > 400 ha

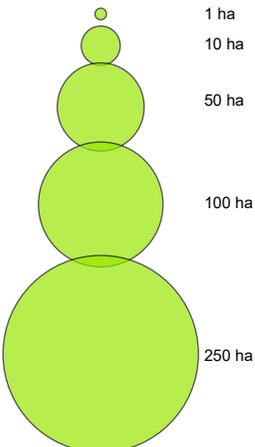
□ site sur vase (surface non représentée)

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

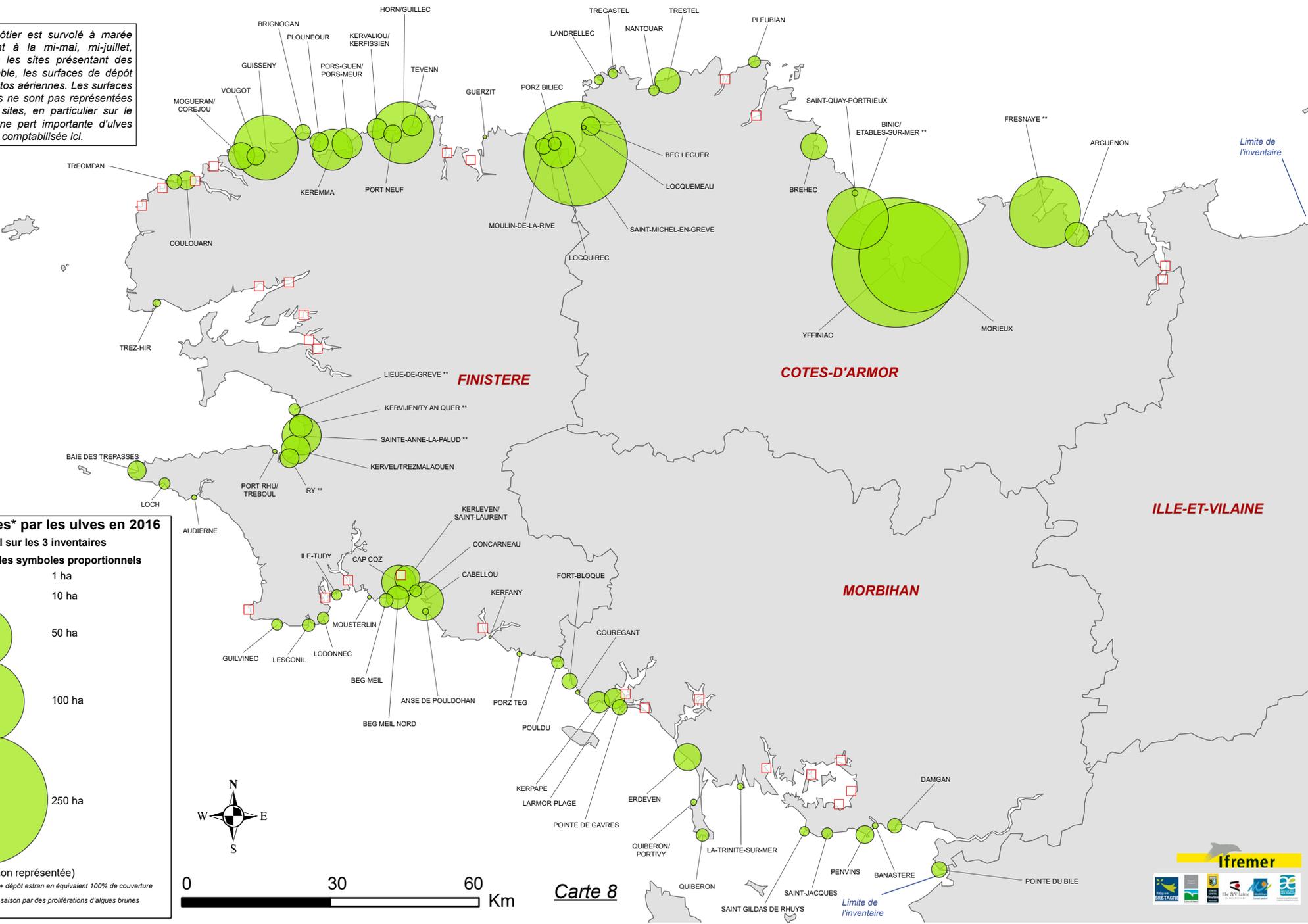
Surfaces couvertes par les ulves cumulées lors des 3 inventaires de surveillance de la saison 2016

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

Surfaces couvertes* par les ulves en 2016
Plages : cumul sur les 3 inventaires
représentation avec des symboles proportionnels



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



Carte 8

Surfaces couvertes par les ulves sur les plages Cumul par Masse d'Eau en 2016 (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 2016

• 1 ha

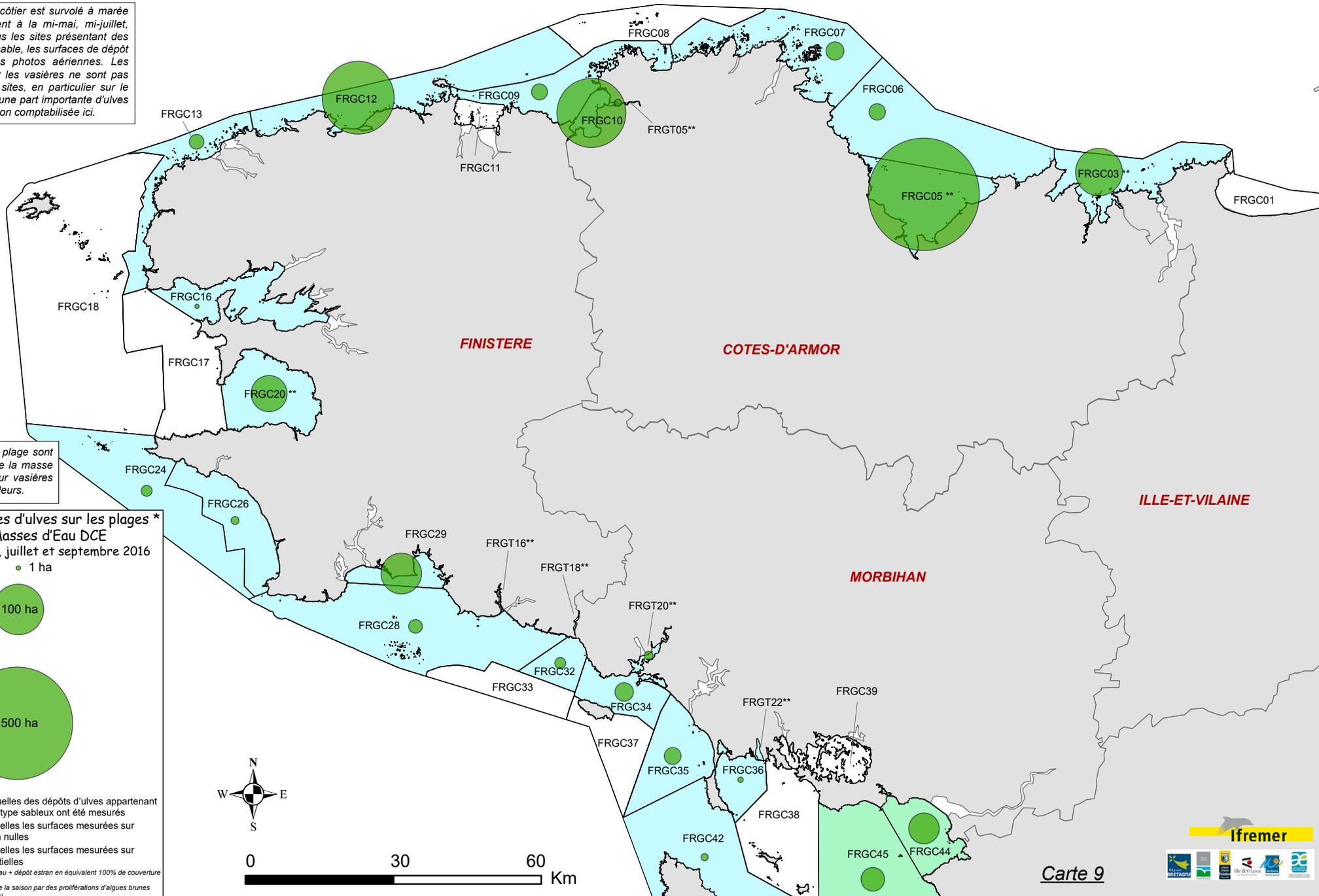
100 ha

500 ha

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
 ME pour lesquelles les surfaces mesurées sur plage sont partielles

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

** ME touchée, au moins une partie de la saison par des proliférations d'algues brunes filamenteuses (surfaces non intégrées)



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 2016 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 2016 par rapport aux années antérieures. On note :

- En avril, les surfaces couvertes sont très faibles sur tous les sites ; aucun site ne présente plus de 0.5 ha. Les surfaces sont donc marginales et ceux, surtout sur les sites habituellement concernés par des reconductions pluriannuelles (par exemple « Saint Michel en Grève », « baie de Douarnenez » ou la baie de Saint Briec) Pour ce qui est du mois d'avril, on peut donc conclure que la saison 2016 présente un retard important comme c'était aussi le cas des 3 années précédentes.
- En mai, les surfaces augmentent très fortement sur les sites de « Saint Michel en Grève », de « Morieux », « Guisseny » puis « Bréhec ». Viennent ensuite de nombreux sites de surfaces comprise entre 2 et 5 ha, sur les côtes finistériennes (« Tévenn », « Tréompan », sites de la baie de Douarnenez, de la baie de la Forêt), costarmoricaines (« Fresnaye », « Pleubian », « Trestel », ...) et morbihannaises (« Pointe de Gâvre », « Larmor-Plage », « Erdeven ») et costarmoricain (« Nantouar », « Pleubian », ...). On peut noter, comme en 2015 une relative précocité pour les sites qui sont liés potentiellement à des croissances d'algue sur platier (sites finistériens, morbihannais mais aussi costarmoricains) qui pourrait être liée aux conditions favorables du printemps 2016 (lumière abondante en mars et dans une moindre mesure en avril).
- En Juin, les surfaces progressent fortement sur une grande partie des sites. Les sites de « Morieux », d'« Yffiniac », de la « Fresnaye » (Ulvaria) et de « Saint Michel en Grève » sont les plus couverts à cette date. Ensuite on trouve des sites de taille inférieure (10-20 ha) sur les côtes finistériennes (« Sainte Anne la Palud », « Guisseny », « Horn/Guillec », « Kervel/Trezmalaouen »).
- En juillet, les sites les plus importants en surfaces d'échouage se trouvent sur les Côtes d'Armor : « Yffiniac », « Morieux », « Saint Michel en Grève » et « Fresnaye ». Viennent ensuite, à un moindre niveau (moins de 50 ha) les sites du Finistère Nord, de « Binic/Etables sur Mer » puis les sites de la baie de Douarnenez et de la Forêt. A noter aussi la surface importante du site « d'Erdeven » sur le littoral morbihannais (plus de 9 ha en équivalent 100 % de couverture).
- En août les sites dont les surfaces sont les plus importantes se trouvent à nouveau sur les Côtes d'Armor, « Morieux », « Yffiniac », « Saint Michel en Grève » puis « Binic/Etables sur Mer ». Viennent ensuite des sites finistériens « Horn/Guillec », « Guisseny », Sainte Anne la Palud » « Cap Coz »,
- En Septembre les sites « d'Yffiniac », « Binic/Etables sur Mer » et « Morieux » restent les plus couverts, suivis de « Guisseny » puis « Saint Michel en Grève ». Sur la majorité des sites les surfaces diminuent, parfois fortement (exception notable : « Arguenon » dont les surfaces augmentent et certains sites finistériens qui sont à un niveau proche de celui d'août comme « Guisseny », « Pors Guen/Pors Meur » « Kerleven/Saint Laurent »).
- En Octobre les sites d'« Yffiniac », de « Saint Michel en Grève » et de « Morieux » se démarquent nettement avec des surfaces encore importantes et même en progression par rapport à septembre alors que la plupart des autres sites diminuent sensiblement. Les conditions d'éclairement et de temps calme de fin septembre début octobre (durée d'ensoleillement de 40 à 50 % supérieure à la normale en octobre suivant les stations de MétéoFrance) expliquent probablement la réaction de ces sites (peu de dispersion et croissance restant significative). Nettement derrière ces sites (qui représentent 70 % de la surface régionale mesurée en octobre) se distinguent les sites de « Guisseny », « Arguenon », « Horn/Guillec », « Binic/Etables », « Keremma », puis les sites des baies de Douarnenez et de la Forêt. Le maintien à un

niveau élevé pour la saison des surfaces sur ces sites indique une dispersion automnale qui n'a pas encore débuté en octobre 2016 et des conditions de croissances qui sont restées favorables.

➤ Des profils de sites différents

Les sites se distinguent par l'évolution, au cours de la saison, des surfaces en algues vertes 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 2016 ; 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, nous 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 trois dernières années de prolifération plus tardives n'ont pas été intégrées dans cette représentation). Cela permet en outre de distinguer :

▪ Les sites précoces :

Les sites costarmoricains sont habituellement plutôt précoces ainsi que la baie de Douarnenez. En 2016, aucun site ne peut être qualifié de réellement précoce, la prolifération régionale (et locale) étant tardive. Le site de Bréhec, est le plus « précoce » (niveau de mai est proche de juin, maximum de l'année). Pour les autres sites les plus précoces, il faut attendre juin pour atteindre une prolifération importante (baie de la « Fresnaye », sites de la baie de Saint-Brieuc, de « Saint Michel en Grève », de Douarnenez). A noter que certains sites du Léon (« Guisseny » et « Keremma ») sont en 2016, comme c'était le cas en 2015 relativement précoces alors qu'ils sont habituellement parmi les sites tardifs. Cette situation s'explique probablement par un printemps lumineux (mars en particulier) et relativement peu dispersif.

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. Les stocks d'ulves, inférieurs à la situation moyenne en fin 2015 et des conditions très dispersives de l'hiver 2015-2016 (moins toutefois que l'hiver 2013-2014), expliquent la situation de retard relatif du démarrage de la prolifération.

▪ 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). En 2016, une partie de ces sites a connu un démarrage plutôt précoce, du

moins plus qu'habituellement. C'est le cas en particulier sur « Guissény » et « Keremma ». Cette situation de relative précocité sur ces sites en 2016 pourrait être liée à des conditions particulièrement lumineuses au printemps (mars 2016 : ensoleillement de 20 % supérieur sur la station Météo France de Brest, de 40 % sur celle de Quimper) ce qui jouerait un rôle important notamment pour les algues ayant une croissance fixée avant leur prolifération libre dans les baies. 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 moins réchauffée sur ces sites tardifs semble pouvoir également jouer un rôle important dans ce démarrage retardé. On note en 2016 une prolifération qui en plus des sites « habituels » est très tardive sur le site de l'« Arguenon » et celui de « Binic/Etables sur Mer ».

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 penser que certains sites subissent 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 « Moguevan/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 réelle prolifération sur « Bréhec » en 2015 pourrait s'expliquer par le côté tardif de l'installation des proliférations sur la baie de Saint Brieuc, attestant d'un faible stock de reconduction. L'approche sous-marine de ces relations entre sites apparaît ainsi une nécessité. En termes de lutte contre les proliférations, tant préventive que curative, de telles hypothèses de lien entre sites voisins ont bien sûr des implications très importantes.

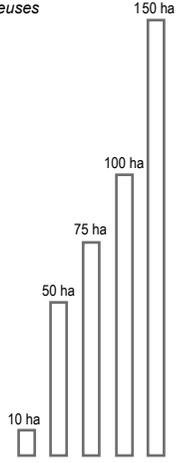


Variation des échouages d'ulves en 2016 entre avril et octobre

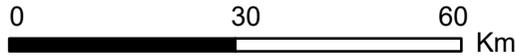
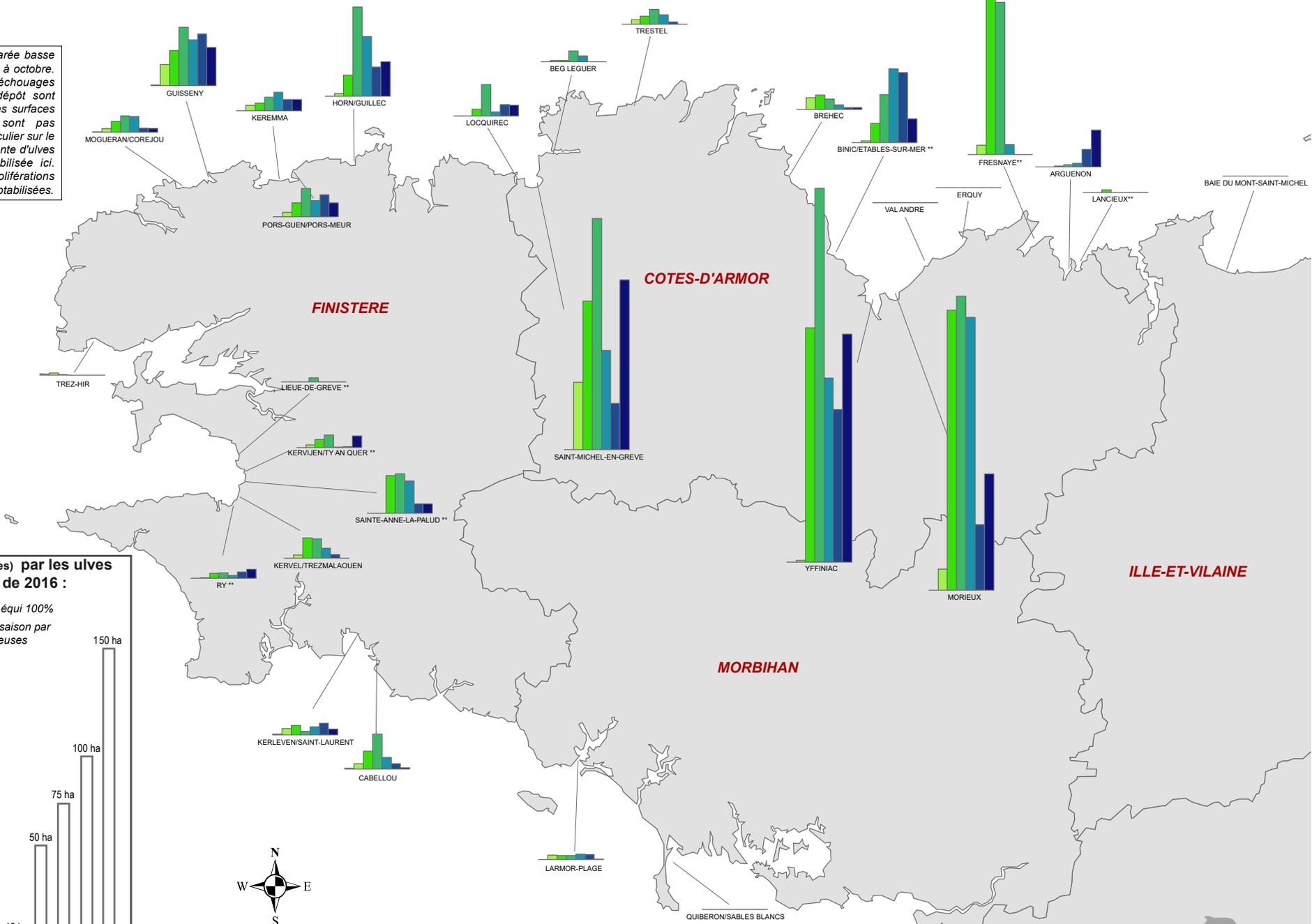
Les sites principaux sont surveillés à marée basse de fort coefficient mensuellement d'avril à octobre. Pour tous les sites présentant des échouages d'ulves sur sable, les surfaces de dépôt sont mesurées sur les photos aériennes. Les surfaces de dépôts sur les vasières ne sont pas représentées ici. Certains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

Surfaces* couvertes (en hectares) par les ulves pour les 7 inventaires de 2016 :

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



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



3.2.3 Evolutions de la marée verte sur la période 2002-2016

De 2002 à 2006 les suivis réalisés par le CEVA pour Prolittoral se sont déroulés avec les mêmes outils et méthodes, pour ce qui est des sites « sableux ». De 2007 à 2016, les suivis Cimav (suivis complémentaires du CEVA) 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 aux mesures des années antérieures (méthodes et nombre d'observations identiques).

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,
- des surfaces couvertes en 2004 en augmentation de 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,
- 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,
- 32 % de surface en moins que la moyenne 2002-2005,
- 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 lors des deux premiers inventaires,
- **une prolifération très soutenue en fin de saison** avec, dès juillet, des échouages qui étaient supérieurs à la moyenne des années antérieures ; à partir **d'août et jusqu'en octobre** le niveau des surfaces **est très supérieur à la moyenne interannuelle** et à toute les années précédentes (+ 90 % en septembre et + 80 % en octobre par rapport à 2002-2006).
- un cumul de 15 % supérieur à la moyenne 2002-2006,
- un cumul 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 malgré de 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, plus bas même que 2010 précédent « record ». Sur l'année, le cumul 2011 est 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, précédente année la plus basse 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),
- **Un niveau stable en juillet puis une diminution relativement forte à partir d'août**, en grande partie du fait de la baie de Saint Brieuc (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** (avril-octobre) **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 sur les 7 inventaires avril-octobre **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 Brieuc),

- 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 Brieuc, connaissent des échouages 2014 plus importants en été que les 4 années précédentes.

La **saison 2015** se caractérisait par :

- Un **cumul annuel 2015** sur les 7 inventaires avril-octobre qui est supérieur aux 5 dernières années (2010-2014) tout en restant **nettement inférieur à la moyenne pluriannuelle 2002-2014** (- 17 %). Après 4 années de recul, l'année 2014 avait montré une légère remontée qui s'accroît en 2015 du fait de la plus grande précocité du démarrage et d'un niveau resté relativement soutenu jusqu'en octobre,
- Le démarrage 2015 est **plus précoce** que les 2 dernières années, mais ne peut pour autant être qualifié de précoce (surfaces avril + mai inférieures voire très inférieures au niveau de 9 années sur les 14 années de mesure et en moyenne de **70 % inférieur au niveau 2002-2014**).
- Une prolifération **importante à partir de juin** par rapport aux 5 dernières années (sans atteindre les niveaux exceptionnels de certaines années antérieures à 2010) et restant à un niveau relativement élevé jusqu'en fin de saison. Ces caractéristiques peuvent en partie être expliquées par des reprises de flux en juillet puis août du fait d'une pluviosité estivale importante, en particulier sur la côte nord,
- Des situations très variables selon les secteurs : retour marqué des proliférations d'algues vertes sur la **baie de la « Fresnaye »**, après 5 années comportant uniquement des algues brunes filamenteuses, une prolifération **tardive en baie de Saint Brieuc** (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.

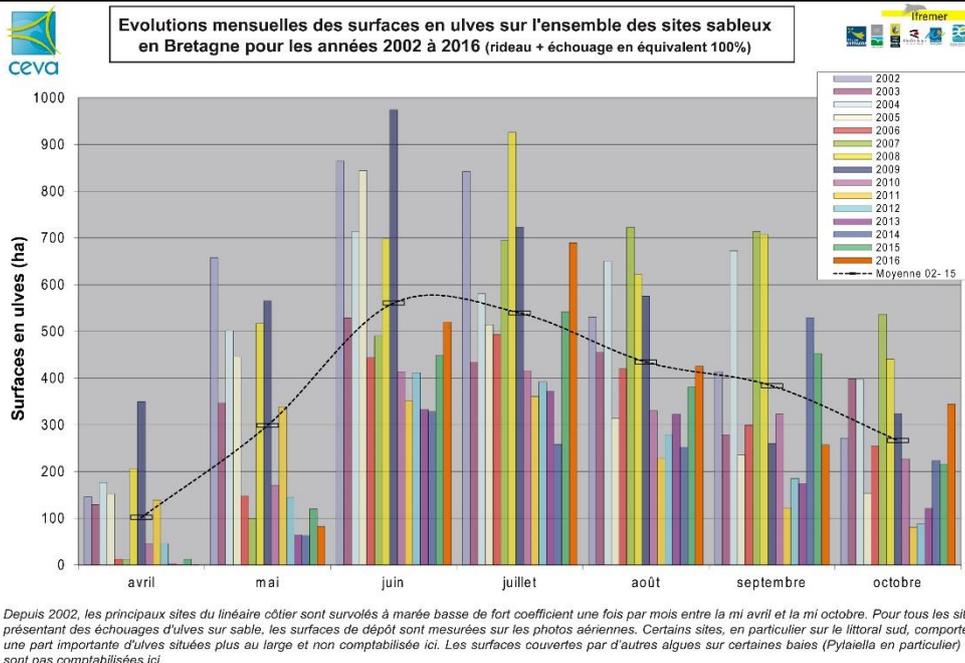


Figure 16 : évolutions mensuelles des surfaces en ulves sur l'ensemble des sites sableux en Bretagne faisant l'objet de suivis mensuels sur la période 2002-2016.

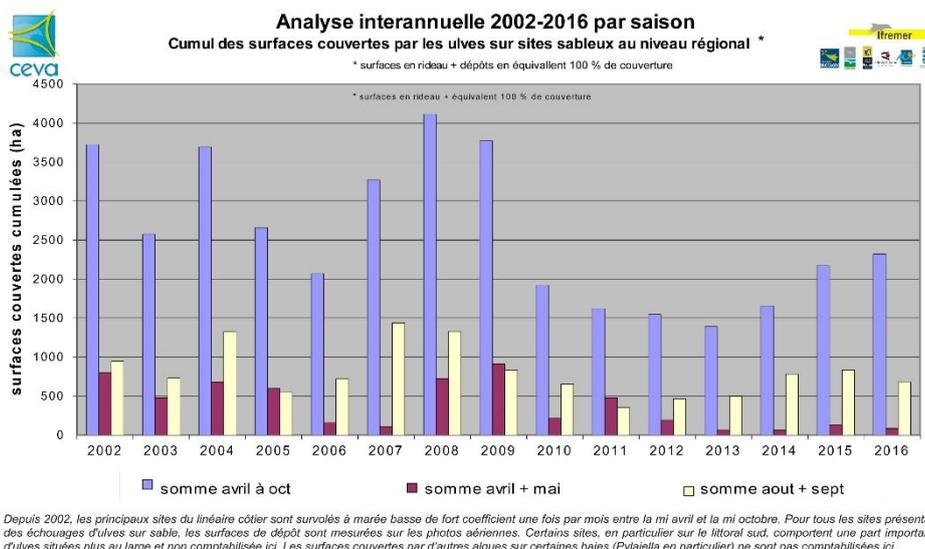


Figure 17 : évolutions annuelle et par saison des surfaces en ulves sur l'ensemble des sites sableux en Bretagne faisant l'objet de suivis mensuels sur la période 2002-2016

Les suivis des principaux sites sableux bretons permettent d'établir, pour 2016 :

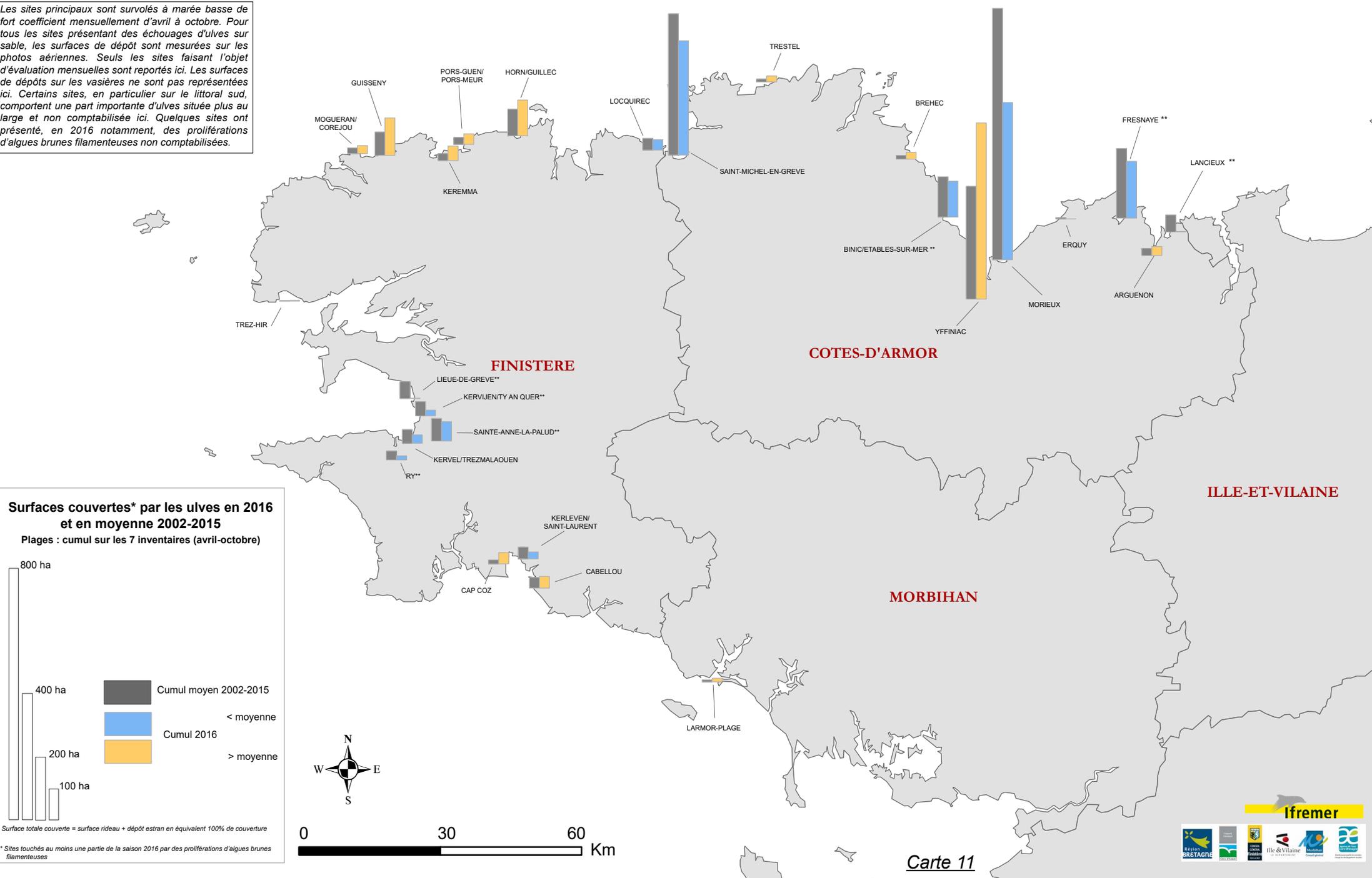
- **Un cumul annuel sur les 7 inventaires** qui positionne l'année 2016 **très légèrement au-dessus de 2015** (7 % de surface en plus). Mais l'année 2015 (quoique significativement supérieure aux 5 dernières années avec 33 % de surface en plus) étant inférieure à la moyenne pluriannuelle, **le cumul des 7 inventaires de 2016 est inférieur de 10 % à la moyenne pluriannuelle 2002-2015**.
- Cette situation annuelle 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 premier lieu 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 : on note notamment que l'augmentation régionale est liée à la **situation des sites costarmoricaïns** qui en moyenne

augmentent de 17 % par rapport à 2015. Les surfaces sur les sites de ce département restent cependant inférieures à la moyenne 2002-2015 (- 13 %). Cette évolution est logiquement en grande partie liée à la **baie de Saint Brieu**c (qui représente 45 % de la surface régionale sur 2002-2015) sur laquelle les surfaces progressent de 47 % par rapport à 2015 (niveau de 2016 équivalent à 2014) tout en restant inférieur à la moyenne 2002-2015 (de 8 %). Les estimations sur cette baie sont particulières avec, depuis 2011 une présence, massive certaines années, d'algues brunes filamenteuses avec, ou à la place, des ulves (algues brunes non prises en compte dans les surfaces d'ulves). Sur la plupart des autres sites de ce département, on note une situation en baisse par rapport à 2015 (excepté quelques sites mineurs en termes de poids relatif). Pour ce qui est de la situation sur les côtes finistériennes on note un niveau sensiblement inférieur à 2015 (-16 %) mais très proche de la moyenne pluriannuelle. Ce niveau moyen est lié à des surfaces **très faibles par rapport à 2015 et à 2002-2015 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 »)

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 2002-2015 et la **carte 10** permet de visualiser le détail des surfaces mensuelles sur ces mêmes sites pour l'année 2016.

Surfaces couvertes par les ulves sur les principaux sites sableux cumul des 7 inventaires de la saison 2016 et moyenne 2002-2015

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 2016 notamment, des proliférations d'algues brunes filamenteuses non comptabilisées.



Éléments d'explication des caractéristiques régionales de la marée verte observée en 2016 :

Les suivis régionaux mis en place en 2002 mettent en évidence des différences très marquées entre les années de prolifération. Ainsi sur la prolifération totale (cumul des 7 inventaires sur les principaux sites) les surfaces d'échouage **mesurées en 2013 sont plus de 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** (estimée en sommant les surfaces couvertes en avril+mai) **l'année 2009, année la plus précoce présente 14 fois plus de surfaces couvertes que l'année 2014**, 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 :

- **la partie liée aux stocks de début de saison** nécessaires au démarrage de la prolifération (« ensemencement ») et à la température de l'eau
- **la partie liée aux nutriments** qui ne peuvent être limitants, dans le contexte actuel de niveau trophique, que relativement tard en saison (la précocité de la limitation dépend des sites et des caractéristiques des bassins versants provoquant des étages plus ou moins précoces).

Reconduction interannuelle et dispersion hivernale :

Les suivis depuis 2002 permettent de corrélérer le démarrage de la marée verte d'une année avec le niveau atteint en fin d'année précédente.

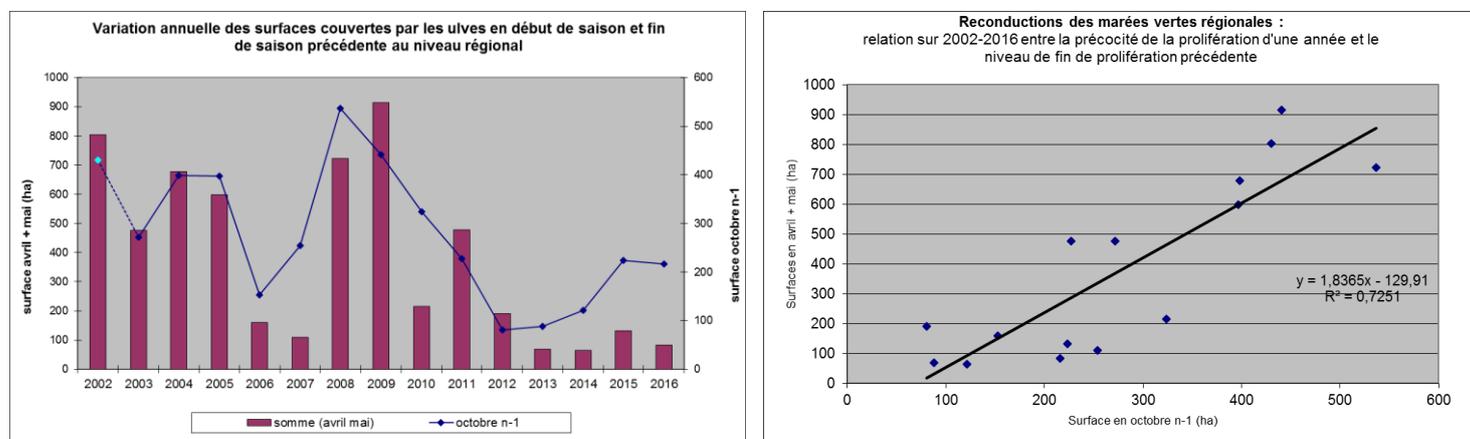


Figure 18 a et b : Surfaces couvertes par les ulves en début de saison (avril+mai) et lien avec le niveau de couverture de la fin de l'année n-1. Les niveaux plus faibles qu'attendus en 2006, 2007, 2010, 2013, 2014, 2015 et 2016 s'expliquent par : pour 2006, 2010 et 2013 des températures de l'eau beaucoup plus froides en hiver que les normales et pour 2007, 2013, 2014, 2015 et 2016 le côté particulièrement dispersif de l'hiver. Le niveau plus élevé en début 2011 qu'attendu pourrait être 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.

Sur les Figure 18 a et b, 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 19) 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.

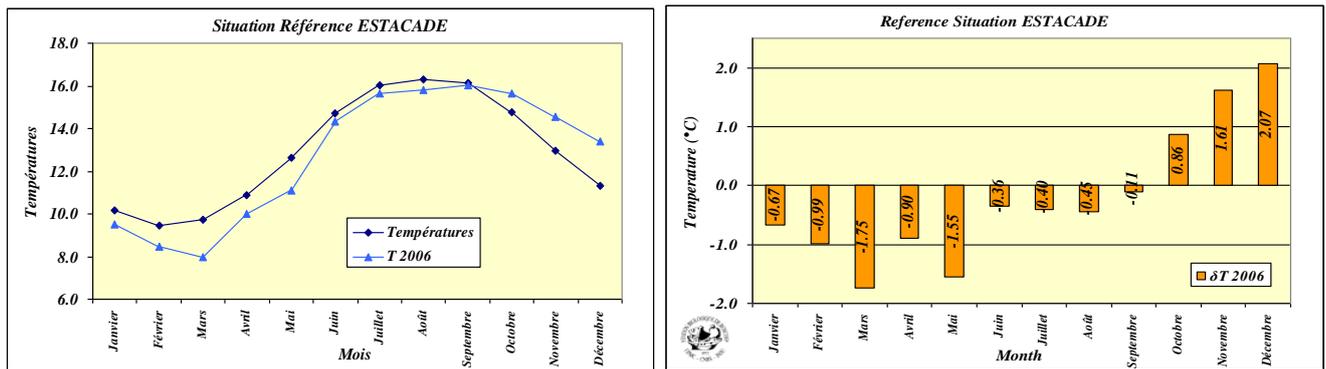


Figure 19 : données de température de l'eau en baie de Morlaix en 2006 par rapport à la moyenne 1985-2006 (données SOMLIT fournies par la Station Biologique de Roscoff)

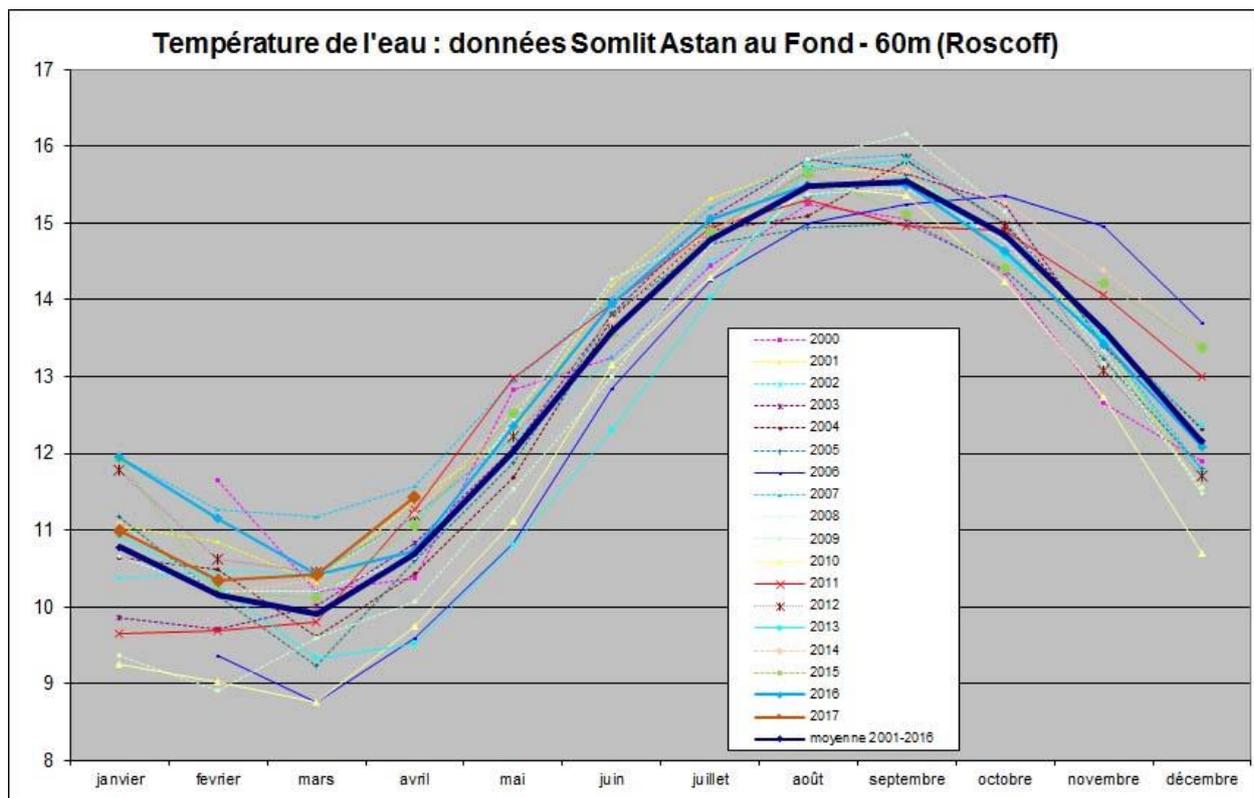


Figure 20 : données de température de l'eau en baie de Morlaix entre 2000 et avril 2017 sur le point Astan au fond -60m (données SOMLIT fournies par la Station Biologique de Roscoff). On distingue l'année 2010 dont le profil est quasiment identique à l'année 2006 et l'année 2013 dont les températures de l'eau sont à partir d'avril et jusqu'en juillet encore inférieures à 2006 et 2010. 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 2015-2016 (Figure 20) présente des températures de l'eau élevées, chaque mois supérieures à la moyenne pluri annuelle. Cette anomalie positive, se poursuit sur le printemps et l'été jusqu'en août tout comme c'était le cas l'année précédente. On observe au printemps des températures moyennes voire élevées (environ +0.5 °C en mars, +0.1 en avril, +0.3 mai et + 0.4 en juin). Ce paramètre était donc « neutre » ou favorable à un démarrage précoce des proliférations sur 2016.

Pour ce qui est de l'hiver 2016-2017, les températures de l'eau en janvier et février sont légèrement supérieures à la normale (+0.2 °C) et deviennent fortement supérieures à la moyenne à partir de mars (+ 0.5 en mars et + 0.75 en avril). Il était donc attendu que ce paramètre joue un rôle positif pour un démarrage précoce de la prolifération 2017.

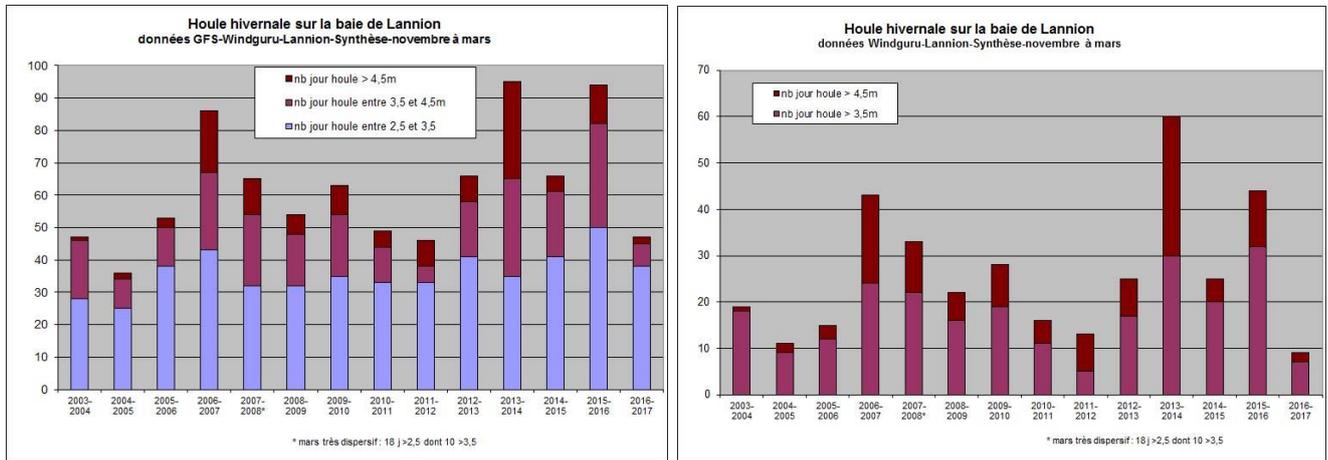


Figure 21 (a) et (b) : statistiques de houle du modèle GFS stockées sur le site Internet Windguru pour le site de Lannion (archivage de la dernière prévision tri-horaire) et compilation par catégorie de hauteur de vague pour la période de novembre à mars. (a), à gauche pour les houles de plus de 2.5 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 le plus calme de la série fait suite à un hiver 2015-2016 parmi les plus dispersifs.

L'hiver 2015-2016 est à nouveau très dispersif (Figure 21). Cet hiver 2015-2016 (44 jours de houle de plus de 3.5 m contre 27 en moyenne) est le plus dispersif après l'hiver 2013-2014 (60 jours de plus de 3.5 m) et à un niveau assez proche de 2006-2007 (46 jours). A l'opposé, l'hiver suivant (2016-2017) est le moins dispersif de la série (9 jours de plus de 3.5 m contre 27 en moyenne) proche de l'hiver 2004-2005 également très peu dispersif (11 jours de + de 3.5 m).

Les caractéristiques de la dispersion hivernale de 2015-2016 vont donc dans le sens d'une prolifération 2016 tardive. Alors que les caractéristiques de 2016-2017 devraient impliquer un démarrage très précoce.

Pour ce qui est de la reconduction pluriannuelle de la marée verte sur l'hiver 2015-2016, les caractéristiques peuvent être résumées ainsi :

- un niveau des « stocks » en fin de saison 2015 relativement bas, inférieur à la moyenne 2002-2014 de 20 % sur la valeur d'octobre équivalent au niveau de l'année précédente mais nettement supérieur aux 3 années précédentes, ce qui est un point favorable pour un démarrage plutôt tardif par rapport à 2002-2014,
- des températures de l'eau l'hiver puis au printemps élevées ce qui est neutre ou favorable à un démarrage précoce de la prolifération suivante,
- un hiver 2015-2016 très dispersif, ce qui est très favorable pour un démarrage tardif (ce paramètre étant très influent sur la reconduction).

Le démarrage de la prolifération 2016 était donc attendu tardif mais toutefois pas aussi « exceptionnellement tardif » que le démarrage de la prolifération 2014. C'est ce qui a pu être mesuré sur les deux premiers inventaires de 2016 avec une somme des surfaces couvertes en avril + mai 5 fois plus basse que le niveau moyen avril+mai 2002-2015 (très proche des années les plus tardive 2013 et 2014).

A noter, à l'opposé que le démarrage de la prolifération 2017, est, suivant les mêmes critères, prévu particulièrement précoce (niveau des stocks en fin 2016 important avec 30 % de surface en plus en octobre, température de l'eau élevées et hiver le moins dispersif de la série)

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 Gouessant) se jetant en fond de baie de Saint Brieuc, avec les mêmes

Cimav P4 – rapport final mai 2017

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 à Boquého et Quemper Guézennec (c'est ce dernier cours d'eau qui permet les meilleures extrapolations de débit au moins pour ce qui est du débit annuel, les débits d'étiage étant probablement surestimés). Pour la baie de Douarnenez, depuis nov 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 antérieure (base Steir à Guengat).

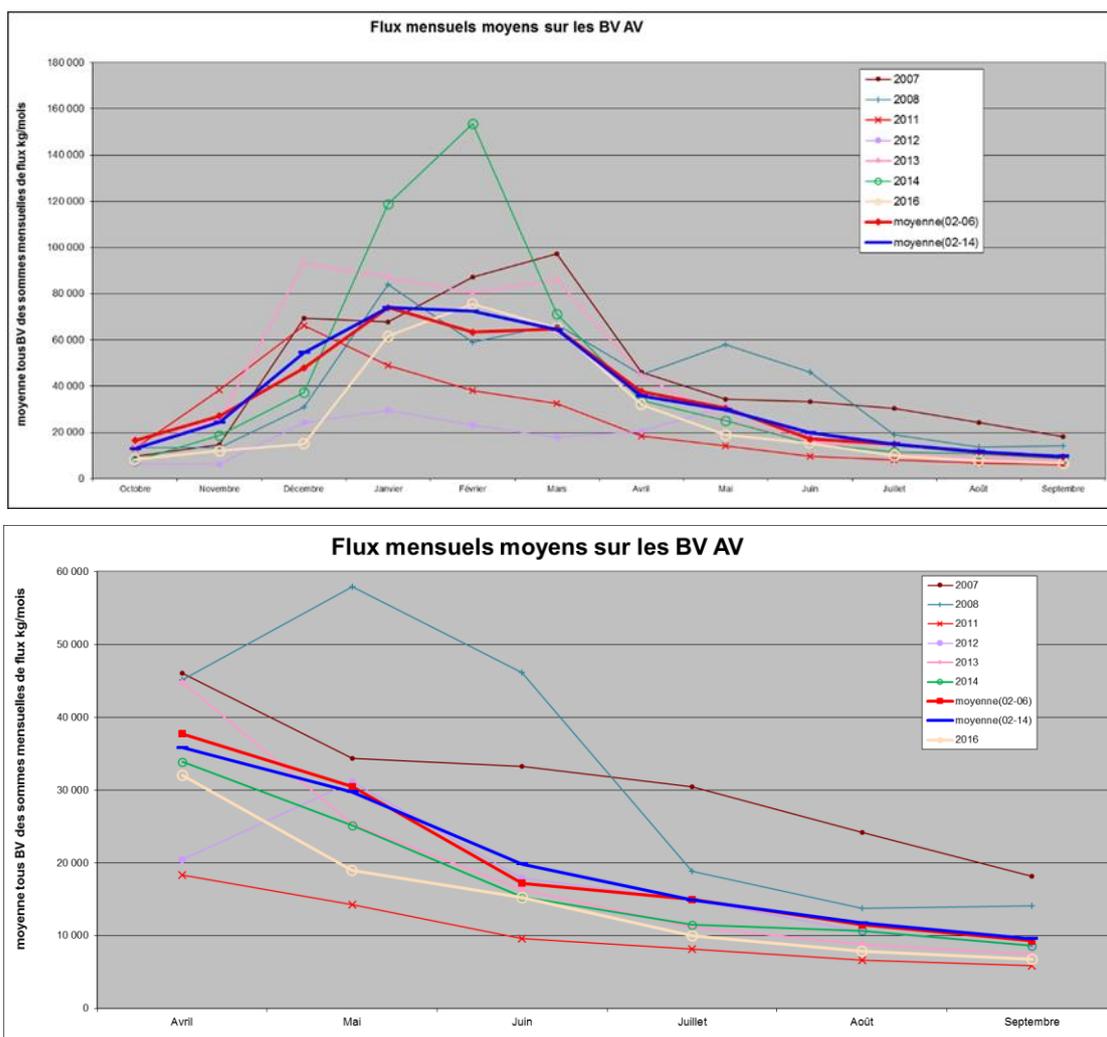


Figure 22 (a) et (b) : Flux moyens mensuels à l'exutoire des bassins versants concernés par les proliférations (moyenne des flux mensuels des 7 cours d'eau alimentant les sites du programme « Prolittoral 2002-2006 » + flux des trois cours d'eau du fond de baie de Saint Briec : Gouessant Urne Gouet + flux de l'Horn + Guillec). Seule une sélection d'années récentes et caractéristiques sont retenues sur les figures. La première figure montre des flux d'automne/début d'hiver 2015-2016 très bas puis devenant proches des flux moyens sur février – avril. La deuxième figure présente des flux sur la « période sensible » : ces flux « régionaux », inférieurs à la moyenne sur chaque mois d'avril à septembre sont cependant « relativement » plus élevés en juin (du fait de certains BV pour lesquels en juin ces flux sont supérieurs à la moyenne pluriannuelle). Une analyse par secteur montre des disparités avec certains BV dont les flux sont sur certaines périodes supérieurs à la moyenne.

* pour les années 2002 et 2003, les flux ont été calculés sans intégrer les données du Quillimadec (débits manquants).

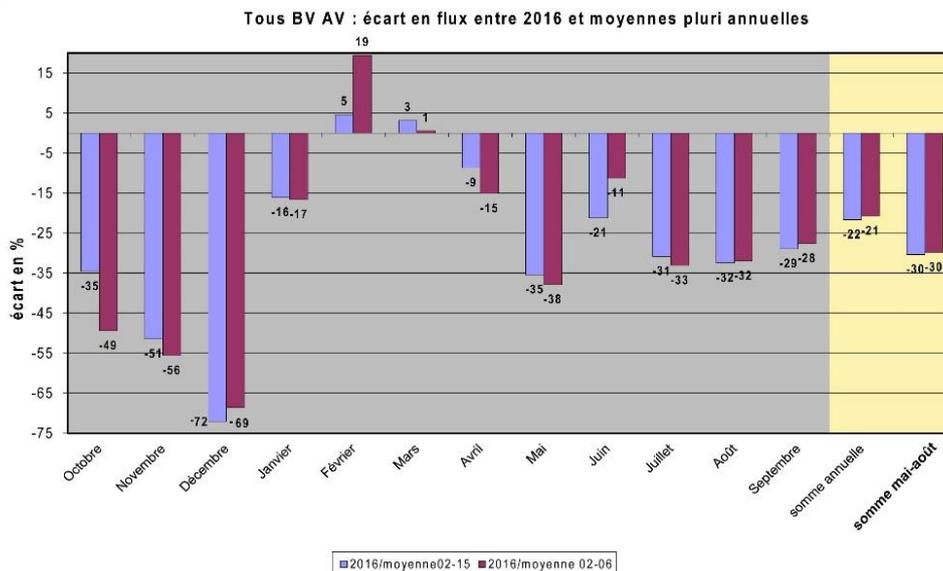


Figure 23 : écart de flux mensuel, annuel et saisonnier aux exutoires des BV AV par rapport aux années antérieures (moyenne des sommes mensuelles pour tous les BV). Sur l'ensemble de la période annuelle 2016 présente un déficit de flux d'environ 30 % et de 20 % sur la période mai-août. En juin, le « défaut de flux » n'est que de 10 % par rapport à la situation 2002-2006 (reprises d'écoulements, suite aux pluies d'orage de juin sur les Côtes d'Armor : précipitations de 50 à 90 % supérieures aux normales sur juin). Ces valeurs régionales sont assez différentes selon les territoires avec même pour certains mois des valeurs excédentaires comme par exemple sur juin en baie de Saint Brieuc (cf. rapport CIMAV P1)

* pour les années 2002 et 2003, les flux ont été calculés sans intégrer les données du Quillimadec (débits manquants).

L'année 2016 est caractérisée par un excédent pluviométrique important sur janvier à mars (100 % d'excédent par exemple sur janvier pour les 3 stations Météo France de l'ouest Bretagne (qui ne se traduit pas par un réel excédent de débit du fait des mois de novembre et décembre peu pluvieux) puis un déficit très marqué en avril et mai (de l'ordre de 40-50 %, variable suivant les stations météorologiques) puis un excédent plus ou moins marqué en juin (environ + 90 % sur Saint Brieuc et Dinard). Ensuite, les mois de juillet à septembre sont globalement déficitaires voire fortement déficitaires ce qui explique la chute des débits et des flux sur l'été. Cette année très particulière en termes de pluviosité induit un flux (en grande partie lié aux débits) qui est peu écarté des moyennes sur janvier à mars, puis devient sur les mois d'été déficitaire à fortement déficitaire avec toutefois des reprises plus ou moins marquées suivant les secteurs sur la période de juin (probablement très sensible en ce qui concerne l'installation à un niveau élevé dès proliférations). A noter que ces caractéristiques régionales en flux sont assez fortement influencées par les plus grands bassins versants (baie de saint Brieuc notamment) dont le poids en flux est important. **Les flux d'azote inorganiques dissous ayant fortement diminués ces dernières années sur cette baie** (baisse sensible des concentrations de nitrates et traitement de l'azote sur la step de St Brieuc depuis 2006), cela implique une baisse importante du **flux des dernières années qui se perçoit au niveau régional**. Cependant, la pluviosité et la **réaction des bassins versant en fonction de leur géologie étant fortement hétérogène**, les niveaux **de flux sur la période sensible aux marées vertes sont assez différents par secteur côtier**. Ainsi, certains secteurs côtiers ont vu des apports de flux sur certaines périodes, au niveau des valeurs moyennes interannuelles voire supérieures : cas du Frémur en avril et juin (par rapport à la moyenne 2002-2006) des cours d'eau de la baie de Douarnenez, alors que par exemple l'Horn et le Guillec ou le Quillimadec présentaient des flux nettement inférieurs aux moyennes pluriannuelles.

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 Brieuc **dont les flux domestiques** étaient importants notamment en période sensible de marée vertes, doit être rappelé : la STEP depuis 2006 rejette beaucoup moins d'azote (NH4) ce qui implique des apports d'azote inorganique dissous très inférieurs les années sèches aux années

antérieurs à 2006 (environ 550 kg N/jour en moins sur la moyenne 2000-2004 sur mai-septembre et 700 kg/jour sur l'année).

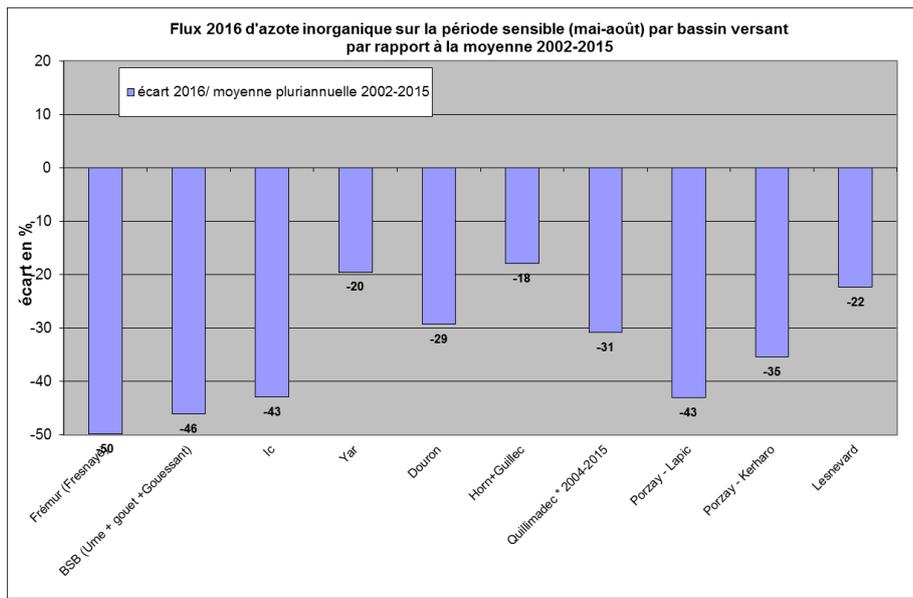


Figure 24 : écarts par BV entre flux d'azote inorganique dissous sur mai-août 2016 et le flux pluriannuel 2002-2015. La pluviométrie différente et le contexte géologique local explique en majeure partie des différences de comportement (+ impact du traitement de l'azote inorganique sur la Step de Saint Brieuc depuis 2006).

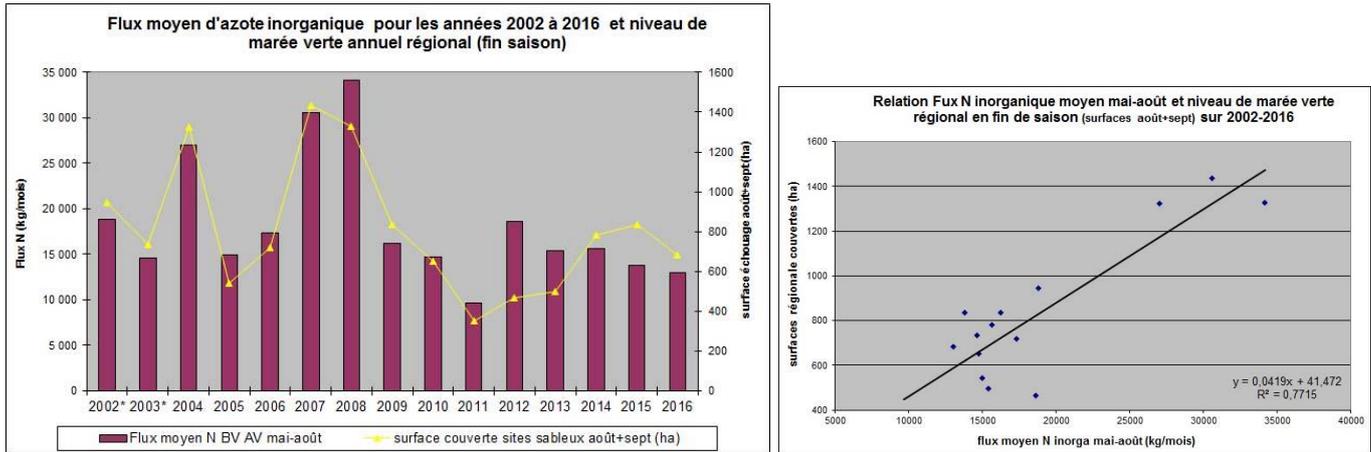


Figure 25 (a) et (b) : Flux d'azote sur la période sensible (moyenne des flux de mai à août sur les BV de « Prolittoral » + baie de Saint Brieuc+ Horn Guillec) et niveau de marée verte atteint en fin de saison (surface en août+septembre sur les plages bretonnes). Les surfaces couvertes par des algues brunes filamenteuses notamment en 2011, 2012, 2013 et 2015 en baie de Saint Brieuc (mais aussi depuis 2006 sur l'est du département des Côtes d'Armor) ne sont pas comptabilisées ici.
 * pour les années 2002 et 2003, les flux ont été calculés sans intégrer les données du Quillimadec (débits manquants).

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 2016 pour chaque site aux années antérieures. La carte 11 permet de comparer l'année 2016 à la moyenne pluriannuelle 2002-2015. Sur ces cartes apparaissent nettement des **réactions différentes de certains sites** :

- sur certains sites la prolifération d'ulves a été faible voire nulle : pas d'ulves en quantité significative sur la baie de Lancieux, Erquy, Val André ou Baie du Mont Saint Michel. Un niveau limité sur certains des sites de la baie de Douarnenez (présence d'autres algues brunes filamenteuses, non prises en compte dans les évaluations surfaciques) en particulier sur « Lieue de Grève », « Kervijen/Ty an Quer » et le « Ry ».

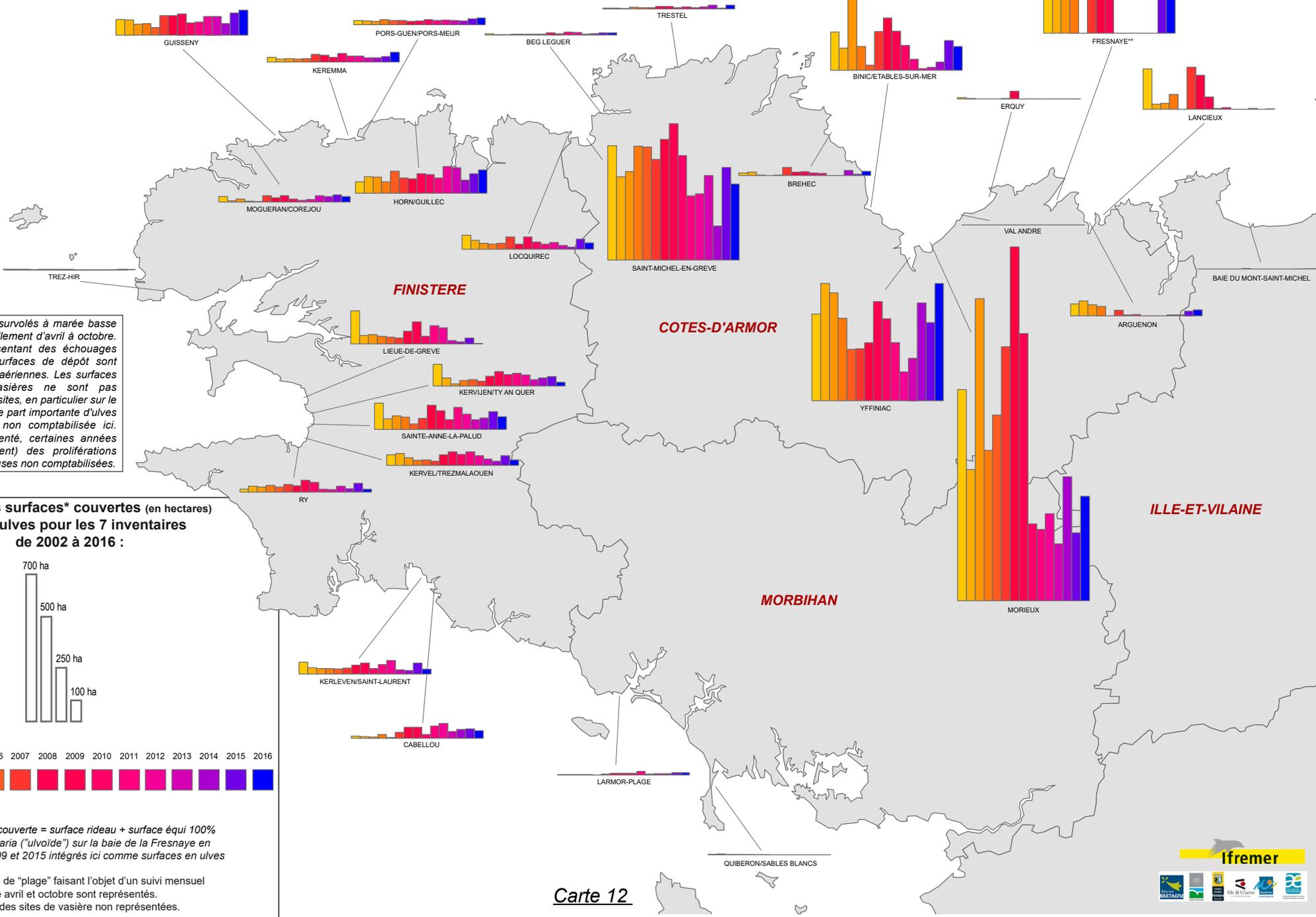
- D'autres sites présentent une prolifération sensiblement inférieure à la moyenne pluriannuelle : « Kerleven/Saint Laurent », « Morieux » (mais presque au niveau moyen sur la somme « Morieux » + « Yffiniac ») ou « Fresnaye » (-20 % par rapport à la moyenne qui comporte 6 années sans prolifération d'ulves mais présence de Pylaiella), « saint Michel en Grève » et les sites du centre de la baie de Douarnenez.
- enfin de nombreux sites présentent des cumuls nettement supérieurs à la moyenne pluriannuelle : « Arguenon » (prolifération surtout importante en fin de saison), « Yffiniac » (très chargé à partir de juillet), « Bréhec », tous les sites du nord Finistère, « Cap Coz ».

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 très massives en mars ou avril ce qui induit une prolifération très rapide au printemps quand les conditions de température et d'éclairement deviennent bonnes dans un contexte nutritionnel très favorables (les flux de nitrates apportés par les rivières sont encore soutenus au début du printemps du fait des débits demeurant élevés). Ensuite, 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 2016, le printemps lumineux (sur mars l'ensoleillement est autour de 40 % supérieur à la normale sur toutes stations météo côtières intégrées) semble avoir favorisé un démarrage précoce de sites dont une partie des stocks se constituerait sur platier avant la phase de croissance libre dans les baies. A l'opposé, les sites ayant un fonctionnement basé sur la reconduction pluriannuelle de stocks (par ex. Baie de Saint Michel en Grève, Saint Briec ou Douarnenez) ont, du fait de l'hiver très dispersif vu leur démarrage très retardé en 2016.

Les fiches de **Pannexe 6** permettent pour chaque site de visualiser en quelques photos les caractéristiques de l'année et par les histogrammes des surfaces couvertes par saison et sur l'année 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 présenté ici) permettent de mieux décortiquer par site les évolutions des couvertures.

Variation des échouages d'ulves sur les principaux sites entre 2002 et 2016 (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 (2011 et 2012 notamment) des proliférations d'algues brunes filamenteuses non comptabilisées.

Somme des surfaces* couvertes (en hectares) par les ulves pour les 7 inventaires de 2002 à 2016 :

700 ha
500 ha
250 ha
100 ha

2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016

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

3.2.4 Conclusions

Au niveau régional, les suivis surfaciques des sites de plage ont montré pour 2016 :

- un **démarrage annuel très tardif** sur les grandes baies « à reconduction par des stocks » alors que les sites dont l'amorçage des proliférations serait liés à des arrachages (ex. Guisseny) sont plutôt précoces (probablement en lien avec un éclaircissement hivernal supérieur à la normale notamment en mars).
- **Une prolifération intense en juin puis juillet notamment du fait de la situation sur les baies des Côtes d'Armor et du nord Finistère.** Cette **croissance importante en juin puis juillet** peut être mise en relation avec des conditions favorables sur cette période (flux, notamment sur la baie de Saint Brieuc relativement importants en juin du fait de pluies d'orages engendrant des reprises de débits). Pour la fin de saison, après un niveau relativement plus modeste en août puis septembre, les surfaces **en octobre s'établissent à un niveau significativement plus important** qu'en moyenne pluriannuelle (+ 30 %). Ce niveau de fin de saison peut s'expliquer par des conditions en fin septembre puis **octobre très favorables** (ensoleillement d'octobre de 40 % à 60 % supérieur à la moyenne pluriannuelle, ce qui à cette période est un paramètre important du fait de la limitation habituelle par ce paramètre).
- Un **cumul annuel 2016 sur les 7 inventaires avril-octobre qui est supérieur aux 6 dernières années** (2010-2015) tout en restant **sensiblement inférieur à la moyenne pluriannuelle 2002-2015** (-10 %). Après 4 années de recul, l'année 2014 avait montré une légère remontée qui s'était accentuée en 2015 et se confirme en 2016 malgré un démarrage encore en 2016 tardif, du fait d'une croissance soutenue sur juin et juillet et d'un niveau redevenant important en octobre.
- Des **situations très variables selon les secteurs** : une prolifération d'algues vertes sur la baie de la Fresnaye (Ulvaria) relativement importante, (comme en 2015 et après 5 années comportant uniquement des algues brunes filamenteuses), comme sur la baie de Saint Brieuc et les sites du Finistère nord, alors que la baie de Saint Michel en Grève et la baie de Douarnenez connaissaient des proliférations plutôt modestes (algues brunes filamenteuses sur la baie de Douarnenez).
- **Pour les secteurs de vasières**, les mesures réalisées ne concernent qu'un « échantillon » de 10 masses d'eau (ME). Sur ces ME on mesure en surface maximale annuelle un niveau en 2016 de 10 % supérieur au niveau de 2015 et très supérieur à l'année la plus basse 2013 (+ 84 %) et supérieur au niveau pluriannuel 2008-2015 de 16 %. L'évolution des vasières semble donc globalement cohérente avec l'évolution mesurée sur les sites sableux.

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 1 à 20.

3.3.2 Eléments d'interprétation des profils saisonniers

Pour l'ensemble des sites, on observe un profil type de variation saisonnière des quotas en azote. Ces quotas sont d'abord, d'une manière générale, toujours élevés en tout début de saison de prolifération (plus de 4 % de la Matière Sèche -M.S.- jusqu'aux premiers jours de mai) : cette situation est normale, résultant (1) d'une disponibilité naturellement élevée des sels nutritifs à la sortie de l'hiver en tout point du littoral, (2) d'une demande de la croissance algale encore limitée par la température et la lumière. Les quotas azotés vont ensuite chuter de manière plus ou moins nette et régulière pour atteindre un minimum annuel plus ou moins précoce (de juin à août) et plus ou moins accusé selon le site (entre 3% et 1% de la M.S) : cette diminution généralisée des quotas internes est normale et attendue en période estivale car elle correspond à l'augmentation naturelle des besoins de la croissance des algues (photopériode, température) dans un contexte de raréfaction de la ressource nutritive en mer (consommation par le bloom phytoplanctonique côtier et baisse saisonnière du flux d'azote pénétrant dans les baies). A partir de la fin août, les quotas azotés augmentent rapidement pour atteindre, dès la fin septembre, des valeurs hivernales de plus de 4 % de la matière sèche, en relation essentiellement avec la diminution normale des besoins en sels nutritifs des algues (baisse progressive de la croissance en relation avec celles de la lumière et de la température) ainsi qu'avec le début de reminéralisation en mer de la production phytoplanctonique de l'été puis, plus tard en saison, la reprise des écoulements des cours d'eau.

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

Le degré d'eutrophisation d'un site (ainsi matérialisé par un profil saisonnier de quotas azotés de ses ulves) pourra donc être caractérisé par l'importance de ces retards saisonniers et affaiblissements estivaux de l'effet limitant naturel de l'azote sur la croissance des algues (évolution des quotas de Q_0 vers Q_1N , 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'infralittoral 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 dans de la 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 1 à 20 pour l'azote et le phosphore.

Caractéristiques de l'année 2016 :

L'année 2016 a été globalement, à partir de mai, la deuxième année de plus faibles flux d'azote nitrique après 2011. Le profil d'évolution du flux d'azote entre avril et septembre a été comparable à celui de la moyenne des flux mesurée entre 2002 et 2006 à des niveaux toutefois très inférieurs, notamment sur la période comprise entre mai et septembre (à l'exception du mois de juin). L'analyse de l'évolution des flux par bassin versant montre une grande disparité (cf. ci-dessus et CIMAV P1 et ANNEXES) même si **l'ensemble de bassins versants ont des flux d'azote inorganique calculés sur la période mai-août 2016 inférieurs à la moyenne pluriannuelle 2002-2015.**

Comme en 2015, les flux en **baie de Saint-Brieuc** et de **Binic** ont été très inférieurs à leur moyenne interannuelle (calculée sur les années 1999-2015 pour la Baie de Saint-Brieuc et 2000-2015 pour la baie de Binic). Cette diminution a été marquée dès le mois d'avril pour ces 2 baies (écart à la moyenne de - 32 % en baie de Saint-Brieuc et -39 % à Binic) et est restée marquée durant toute la période estivale, notamment en baie de Saint-Brieuc (36 % de moins que le flux de juin-août par rapport à 2002-2015 mais flux de juin 2016 supérieurs de 50 % à la moyenne 2010-2015 ; les flux de juillet et août 2016 étant identiques à la moyenne 2010-2015).

En baie de la Fresnaye, les flux ont été très inférieurs à la moyenne des flux de 1993 à 2015 d'avril à septembre. Cette tendance se confirme lorsque les flux de l'année 2016 sont comparés à la moyenne interannuelle de 2002-2006 (années sèches). Dans cette configuration, les flux de l'année 2016 restent très inférieurs à la moyenne pluriannuelle notamment pour les mois de mai, juillet, août et septembre (de -38 à - 70 %), les mois d'avril et juin étant comparables à la moyenne pluriannuelle 2002-2006.

En baie de Saint-Michel-en-Grève, les flux du Yar ont toujours été inférieurs à la moyenne 1993-2015 d'avril à septembre (entre -34 % et -14 %) et très légèrement inférieurs à la moyenne 2002-2006 sur les mois de mai, juin et juillet (entre -4 et -8 %).

L'anse de Locquirec, alimentée par le Douron, montre la même tendance hydrologique que celle de la baie de Saint-Michel-en-Grève, géographiquement proche, avec des flux inférieurs à la moyenne interannuelle calculée sur la période 1993-2015 (- 39 % au maximum). L'écart à la moyenne calculée sur la période 2002-2006 est toutefois moins marqué. Les flux sont en outre restés inférieurs à cette moyenne pluriannuelle sur l'ensemble de la période suivie (- 12 % au maximum).

D'avril à septembre, les flux d'azote alimentant la prolifération de **l'anse du Dossen** ont été inférieurs à la moyenne 1999-2015 (de -28 % à -20 %). Ils ont également été inférieurs à la série pluriannuelle calculée sur les années 2002 à 2006 (de -22 % à -11%).

En baie de Guissény, les flux du Quillimadec ont été à la fois inférieurs à la moyenne 2004-2015 (de -35 % à -13 %) et à la moyenne 2004-2006 (de -35 % à -23 %) sur l'ensemble de la période d'avril à septembre 2016.

En baie de Douarnenez, les flux du Kerharo et du Laptic ont toujours été inférieurs à la moyenne pluriannuelle (2000-2015), l'écart atteignant un maximum de -54 % en mai sur le Kerharo et -58 % sur le Laptic en septembre. Cet écart est moins marqué avec la moyenne 2002-2006, mais les flux restent toutefois inférieurs à cette moyenne excepté pour le Laptic au mois d'avril pour lequel les flux ont été excédentaires (+9 %). Le bilan des flux pour l'ensemble des cours d'eau (Kerharo + Laptic + Ris + Stalas), a montré des flux inférieurs à la moyenne pluriannuelle 2000-2015 sur l'ensemble de la période mai - septembre (de -14 % à -42 %). Les écarts sont plus contrastés lorsque la comparaison est faite avec la moyenne pluriannuelle

calculée sur la période 2002-2006, notamment avec des flux supérieurs en 2016 pour les mois d'avril à juin (de +14 à + 34 %)

En baie de Concarneau, les flux du Lesnevard, ont toujours été inférieurs à la moyenne pluriannuelle 1999-2015 (de -35 % à -9 %). La comparaison avec la moyenne 2002-2006 a montré une tendance comparable excepté en avril, mois pour lequel les flux de 2016 ont été 7 % plus importants que la moyenne pluriannuelle 1999-2015.

Concernant les conditions climatiques, le rayonnement a montré des valeurs globalement inférieures à 2014 et 2015 (moyenne annuelle de 1180 J/cm² en 2016 contre 1198 J/cm² en 2015 et 1263 J/cm² en 2014). Le rayonnement estival a été faible, notamment en sur la période juin-juillet.

La saison 2016 se caractérise par des vents faibles à moyen en comparaison des trois années précédentes, la force du vent ayant globalement oscillée entre 6 et 8 m/s.

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 augmente avec l'élévation de la température. En début de saison, la température n'étant pas optimale, les apports phosphorés sédimentaires ne parviennent pas à satisfaire les besoins nutritionnel 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.

Concernant **l'estuaire de la Rance – Saint-Jouan** (Figure 1), l'évolution des quotas azotés et phosphorés a montré une limitation ponctuelle par le phosphore en début de saison relayée par une limitation par l'azote en période estivale. Trois autres sites de l'estuaire de la Rance ont fait l'objet d'un échantillonnage ponctuel (en mai, juillet et septembre) en complément du site habituel de Saint-Jouan afin de faire une première évaluation de la variation potentielle de résultats entre les sites. Les résultats montrent que la limitation de la croissance algale par l'azote semble être générale pour la période estivale (Figure 2, Figure 3 et Figure 4). Les résultats pour le mois de mai et le mois de septembre montrent en revanche des tendances très différentes. Les algues du site de la Ville-ès-Nonais et de Minihic-sur-Rance semblent être plutôt limitées par le phosphore en début de saison alors qu'une limitation par l'azote a été mesurée pour le site de la Ville Ger. Par ailleurs, les contenus internes en azote en mai sont très différents d'un site à l'autre (Ville-ès-Nonais : > 3 % de MS, Saint-Jouan : environ 2,5 % de MS, Minihic-sur-Rance : proche du quota critique et plage de la Ville Ger : 1,5 % de MS). En septembre, les ulves du site de la Ville-ès-Nonais restent limités par l'azote contrairement aux trois autres sites pour lesquelles aucune limitation n'a été mesurée. Le site de Saint-Jouan ne représente donc pas de façon précise la situation à l'échelle de l'ensemble de l'estuaire, des conditions locales semblant avoir un impact sur l'évolution des contenus internes en azote et en phosphore.

Les algues de la **vasière du Quélisoy**, en rade de Lorient, ont également montré une limitation en phosphore en début de saison suivi par une limitation en azote, durant la période estivale au maximum du développement algal (Figure 15).

Bien que les vasières d'**Arcal** et de **Séné** soient géographiquement proches, les évolutions des contenus internes en azote et en phosphore dans les algues ont été très différentes d'un site à l'autre (Figure 16 et Figure 17). Les résultats obtenus à partir des algues d'Arcal ont montré une évolution saisonnière classique avec une limitation de la croissance des ulves par le phosphore en début de saison, une limitation par l'azote intervenant ensuite en période estivale. Les quotas en azote sont ensuite restés bas jusqu'en fin de saison. Les algues prélevées sur la vasière de Séné n'ont jamais été limitées par l'azote ou le phosphore. En dépit de ces profils très contrastés des contenus internes en azote et phosphore, peu d'ulves se sont développées sur les deux sites. Tandis que les algues du site d'Arcal sont vraisemblablement limitées par la disponibilité de l'azote, d'autres facteurs de contrôle semblent intervenir sur la vasière de Séné.

➤ 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 versus intensité de prolifération algale.

En **baie de la Fresnaye**, une importante prolifération d'algues vertes (*Ulvaria obscura*) a été observée en juin et juillet. Durant toute la période de prolifération, ces algues ont été prioritairement limitées en azote avec des valeurs en dessous du quota critique (il est rappelé que le quota critique est établi pour les ulves et qu'il est donc fait ici l'hypothèse que ces valeurs sont plus généralement applicables aux ulvales) durant la quasi-totalité de la période de prolifération (Figure 5). Cela explique probablement le caractère éphémère de cette prolifération, précédée et suivie par le développement d'ectocarpales, développement généralement observé lorsque le degré d'eutrophisation du milieu est faible. On note également que les teneurs en N des ectocarpales sont faibles comparées au niveau de P dans les tissus des algues et que ces algues seraient donc probablement également limitées par l'azote.

En **baie de Saint-Brieuc**, la prolifération algale de 2016 a été marquée par la présence, en plus de la prolifération d'ulves, d'*Ulvaria obscura*, au moins au niveau du site de prélèvement, notamment durant le mois d'août. L'analyse des contenus internes en azote et en phosphore a montré une légère limitation de la croissance des ulves par le phosphore de début mai à mi-juin, relayée par une limitation par l'azote de mi-juin à début-septembre. A noter que la limitation par l'azote a été très forte entre juillet et début septembre, puisque les valeurs mesurées ont été généralement au niveau du quota de subsistance (Figure 6). Le développement d'*Ulvaria obscura* a été constaté au moment même où les ulves avaient leur plus faible quota en azote. Cela pourrait indiquer une succession des espèces opportunistes selon le degré d'eutrophisation, *Ulvaria obscura* remplaçant *Ulva* sp. lorsque les conditions nutritionnelles deviennent fortement limitantes pour les ulves.

Sur le site de **Binic**, la prolifération d'algues vertes a été modérée en 2016, les surfaces les plus importantes ayant été relevées en août. L'analyse des quotas azotés et phosphorés (Figure 7) montre une co-limitation prononcée de fin mai à mi-juillet, les contenus internes en azote et en phosphore étant inférieurs aux quotas critiques sur toute cette période. Le contenu en azote a atteint ponctuellement le quota de subsistance mi-juillet. A partir de fin juillet, seul l'azote était l'élément limitant. De faibles quantités d'algues en début de saison couplées à une disponibilité restreinte des éléments nutritifs ont contribué à la modération du développement d'algues vertes en 2016. A noter qu'un dosage d'azote et de phosphore a été fait sur un lot

d'algues de couleur vert foncé en parallèle d'un lot d'algue de couleur vert pâle. Ces deux lots se différencient par leur contenu interne en azote, les algues foncées présentant des contenus supérieurs au quota critique contrairement à l'algue vert pâle, comme cela avait été régulièrement montré sur ce site au début des années 2000.

A **Saint-Michel-en-Grève**, une limitation ponctuelle de la croissance par le phosphore a été observée début juin (Figure 8). Toutefois, les résultats des quotas en azote et en phosphore obtenus sur cette baie ont montré que la croissance des algues n'est généralement pas limitée que ce soit par l'azote ou le phosphore, expliquant les importantes surfaces algales mesurées sur ce site. Les quotas les plus bas de la période estivale ont été mesurés en fin juillet, mois pour lequel les surfaces d'algues les plus importantes ont été mesurées. Leur croissance estivale implique donc tout de même qu'elles puisent dans leurs contenus internes pour assurer leur besoin nutritionnel. La croissance aurait pu être de ce fait bridée ce qui expliquerait les surfaces en août en baisse sensible.

Dans **l'Anse de Locquirec**, le phosphore a été limitant en début de saison et dans une moindre mesure en juillet (Figure 9). L'azote a toujours été dans des gammes de valeurs très supérieures au quota critique, excepté à une reprise, début août, date à laquelle le quota azoté était inférieur au quota critique. Un développement d'ulves important ayant eu lieu au mois de juillet, il est probable que le soutien de cette croissance ait nécessité une consommation des réserves internes en azote.

Les ulves de **l'anse du Dossen** (Figure 10) ont habituellement une croissance sans limitation de nutriment du fait des importants apports terrigènes provenant de l'Horn et du Guillec. A noter tout de même que les quotas phosphorés ont été à la limite du quota critique à trois reprises au cours de l'été. A partir de la mi-août par contre les niveaux des quotas phosphorés sont très élevés. Les teneurs en azote sont restées toute la saison très nettement au-dessus des limitations (sauf pour une mesure, ces quotas sont toujours au-dessus de 3.75 %).

Comme en 2014 et 2015, les quotas en **baie de Guissény** ont été suivis par le prélèvement d'algues en deux points (appelés « centre baie » et « club nautique », ce dernier point étant celui suivi historiquement). Seuls les contenus internes en phosphore ont été limitants, quel que soit le point de prélèvement, exception faite de l'échantillon de fin juillet prélevé au « club nautique » qui a montré une limitation ponctuelle en azote (Figure 11). Ces quotas élevés en azote couplés à une prolifération très importante des algues vertes sur ce site tendent à indiquer que l'environnement nutritionnel était plus riche en 2016 par rapport aux années précédentes. 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, celles-ci n'ont donc jamais été limitées par cet élément.
- Les contenus en phosphore des algues du centre de la baie et des algues du centre nautique n'ont pas montré de différence significative (excepté fin juillet et début août). Cela tend à 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).

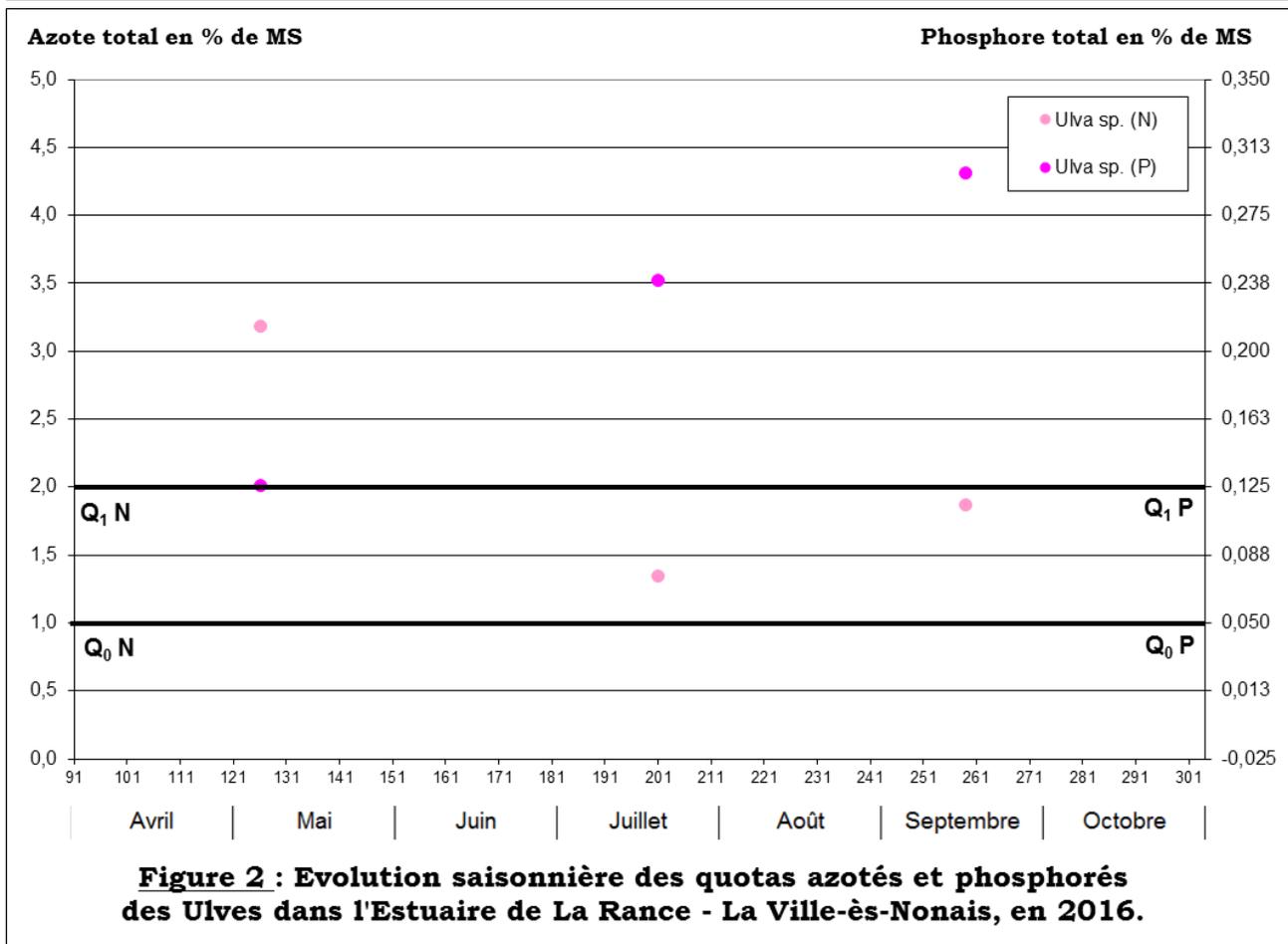
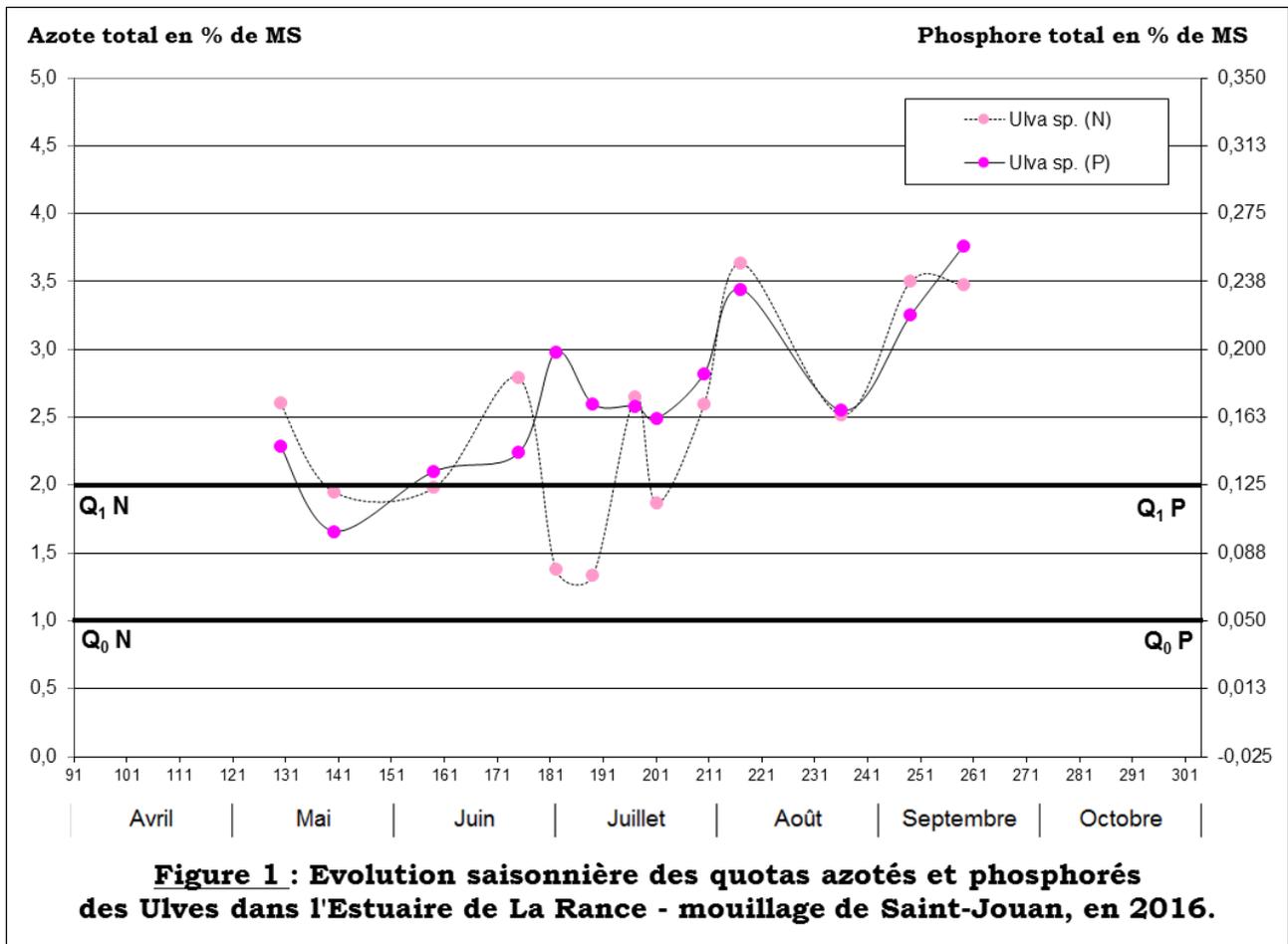
A **Douarnenez**, les algues prélevées sur la **plage de Sainte-Anne** ont montré des contenus internes en phosphore d'abord limitants en début de saison pour devenir très élevés en fin de saison (> 4.5 % de MS fin août) (Figure 12). Contrairement aux années précédentes, les teneurs en azote sont restées relativement faibles et régulièrement en dessous de la valeur du quota critique. A ce profil atypique s'est couplé l'apparition d'un nouveau type de prolifération algale en baie de Douarnenez (prolifération d'ectocarpales). Ces deux

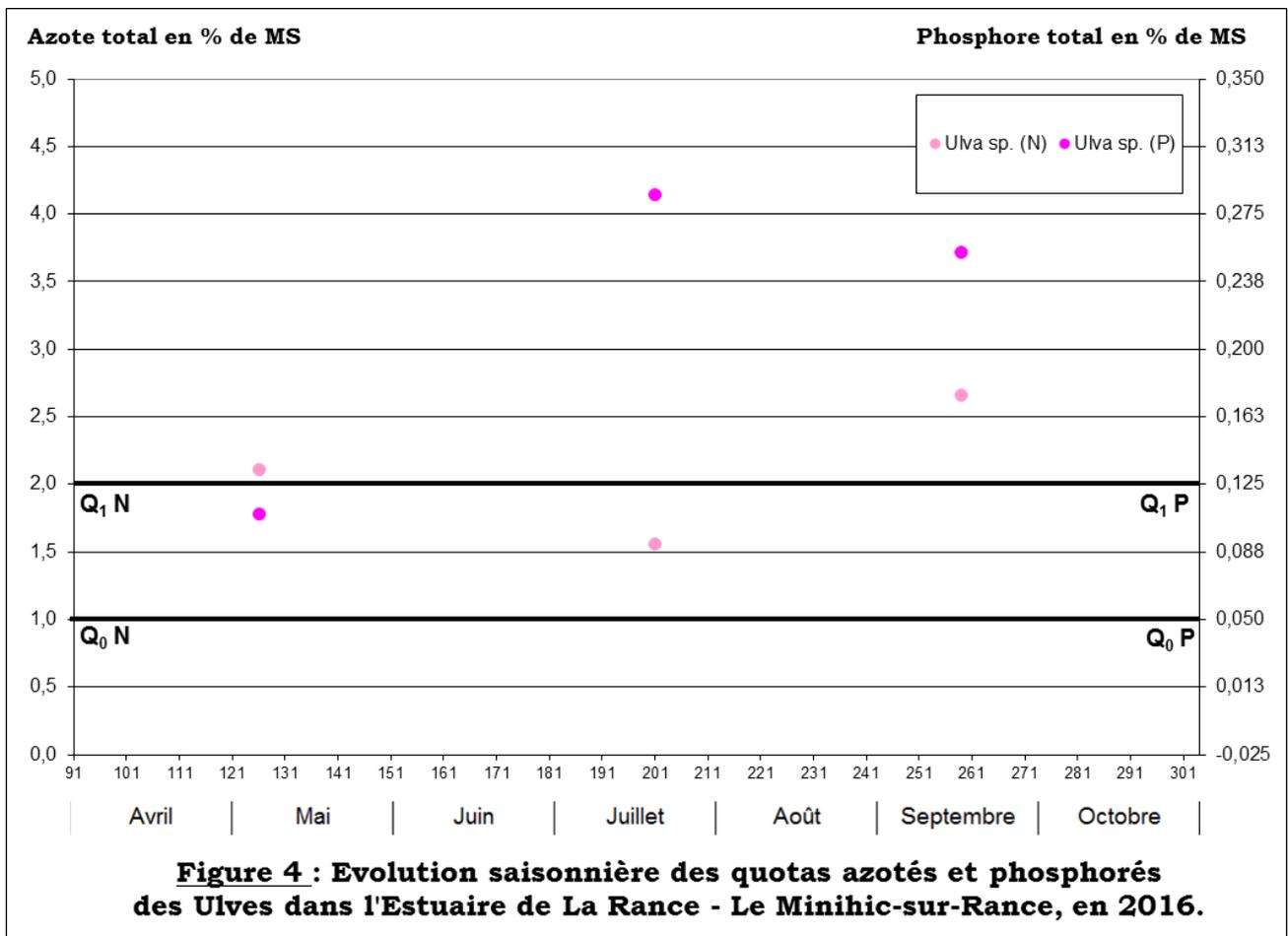
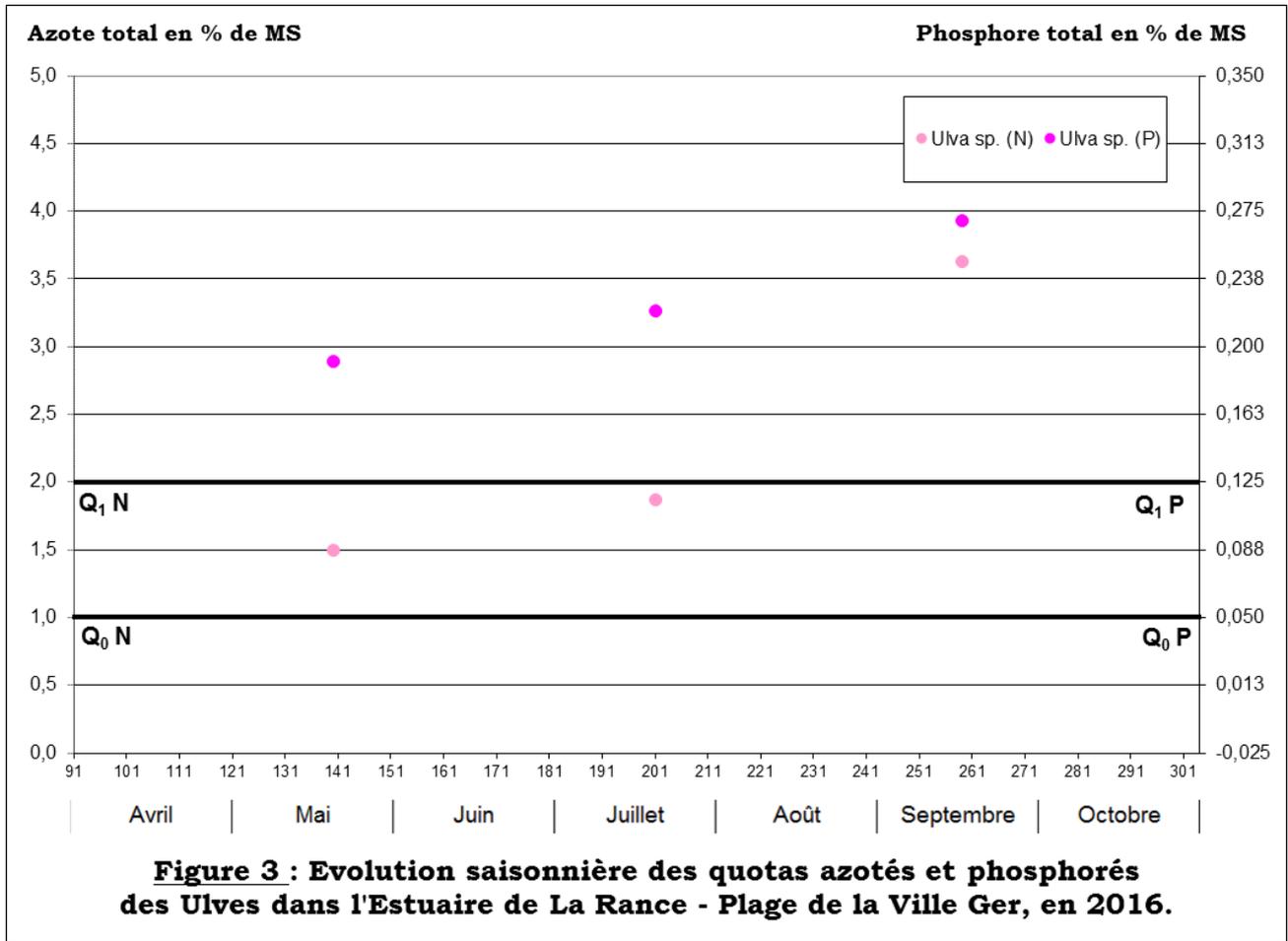
éléments tendent donc à indiquer un changement de l'environnement nutritionnel suffisant dans cette baie pour perturber le développement des algues vertes.

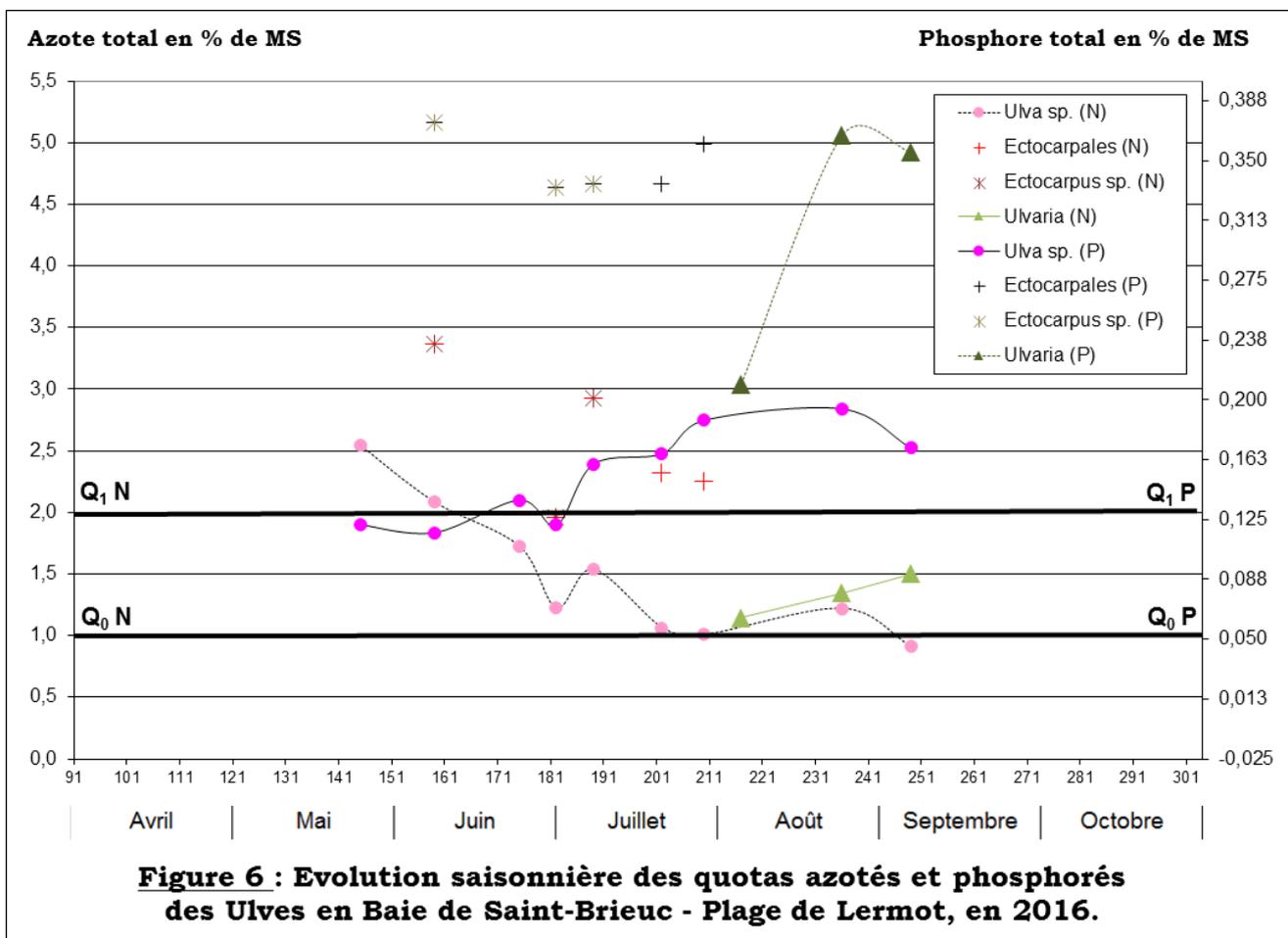
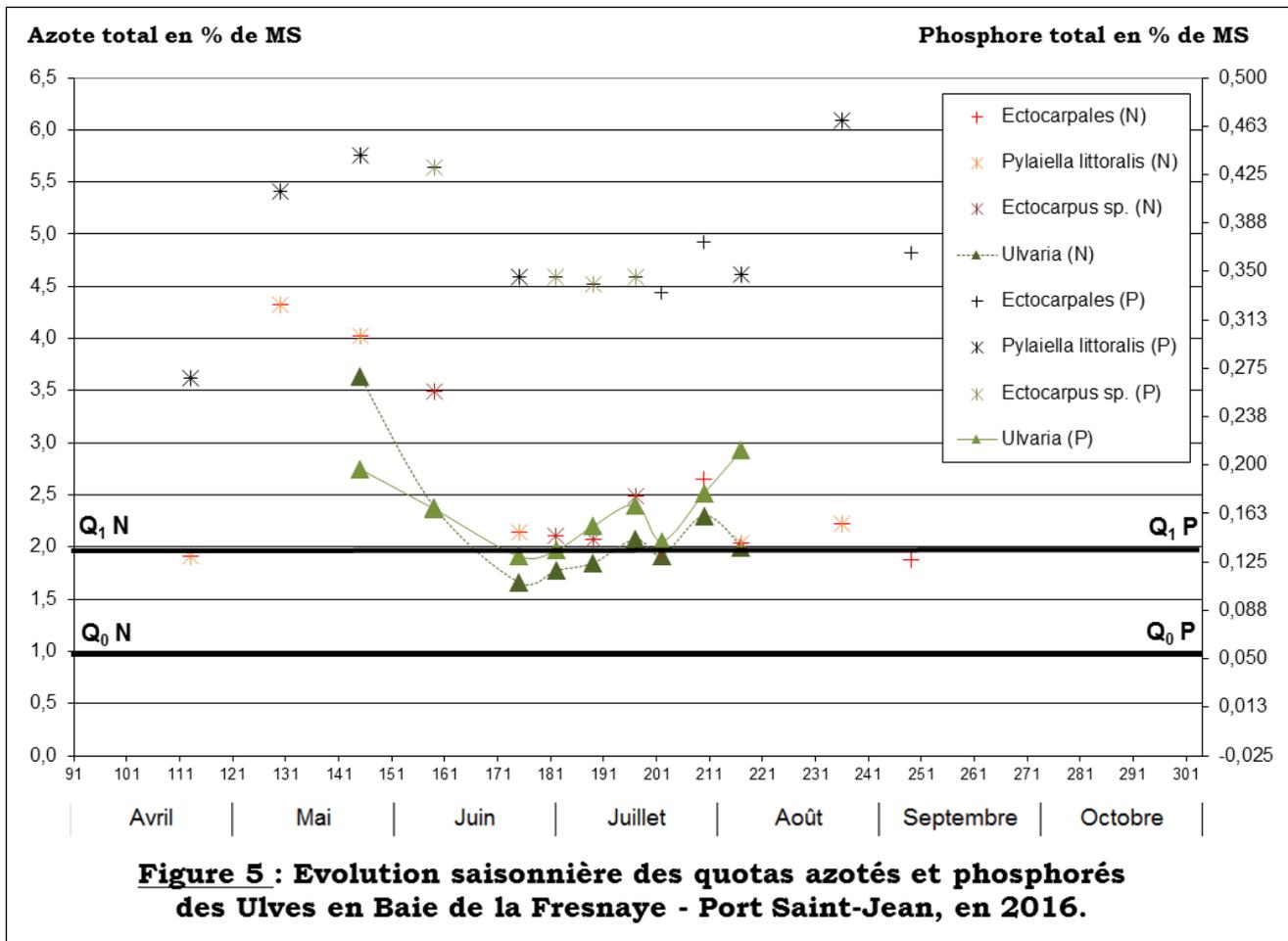
Concernant les algues prélevées dans l'**anse du Ry**, l'évolution des quotas a été plus fluctuante (Figure 13). La croissance a été alternativement limitée par le phosphore (début d'été) puis par l'azote (fin d'été) avec limitation simultanée par les deux éléments mi-juillet. Il en a résulté une faible prolifération algale avec l'apparition d'ectocarpales comme observé sur la plage de Sainte-Anne. Comme en 2015, la comparaison des deux sites vis-à-vis des contenus internes en azote mesurés dans les algues tend à montrer que ce nutriment est davantage présent dans l'anse du Ry (confinement probablement plus important des masses d'eau du sud de la baie et apports en étiages des cours d'eau débouchant au sud de la baie supérieurs).

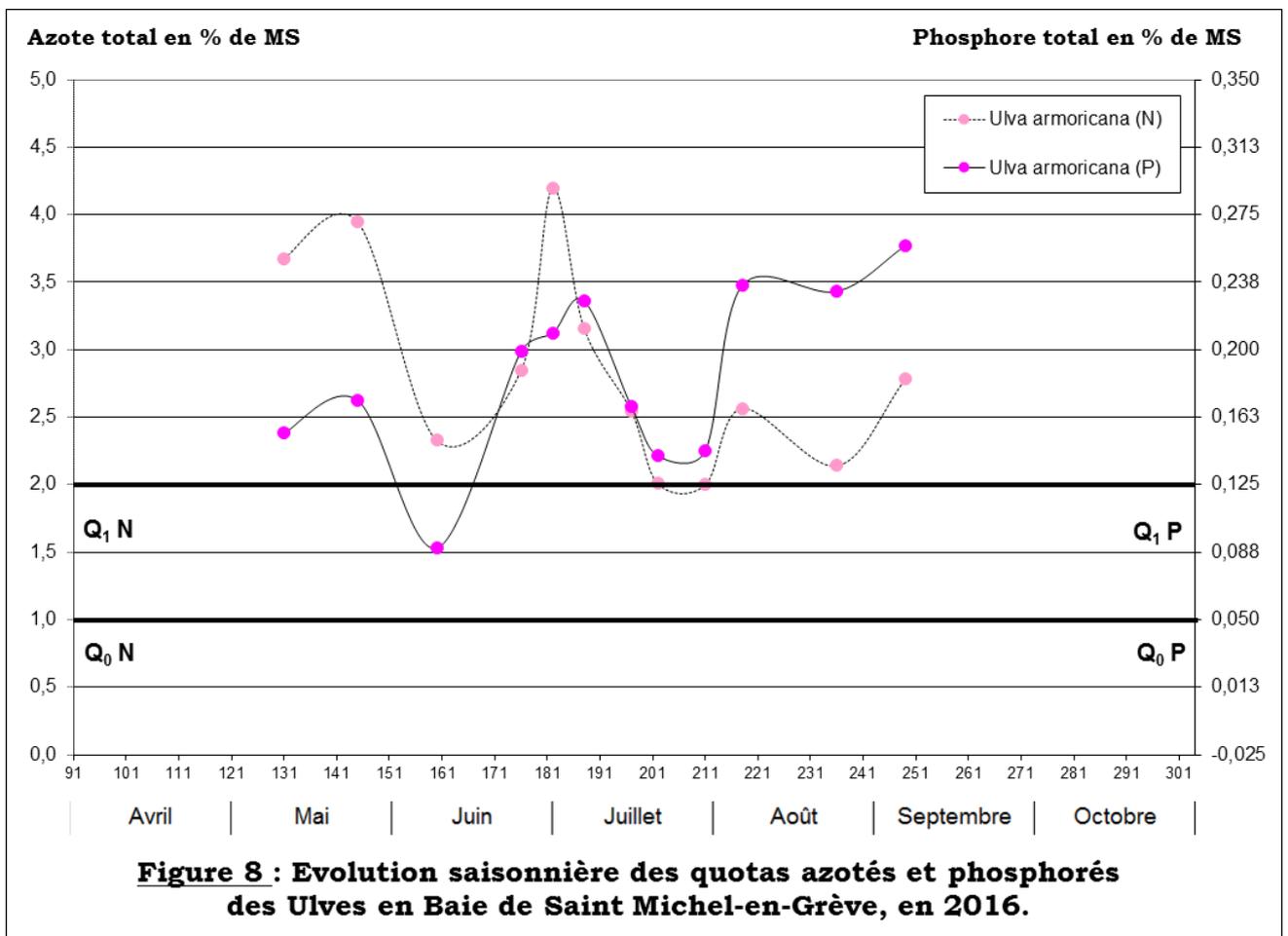
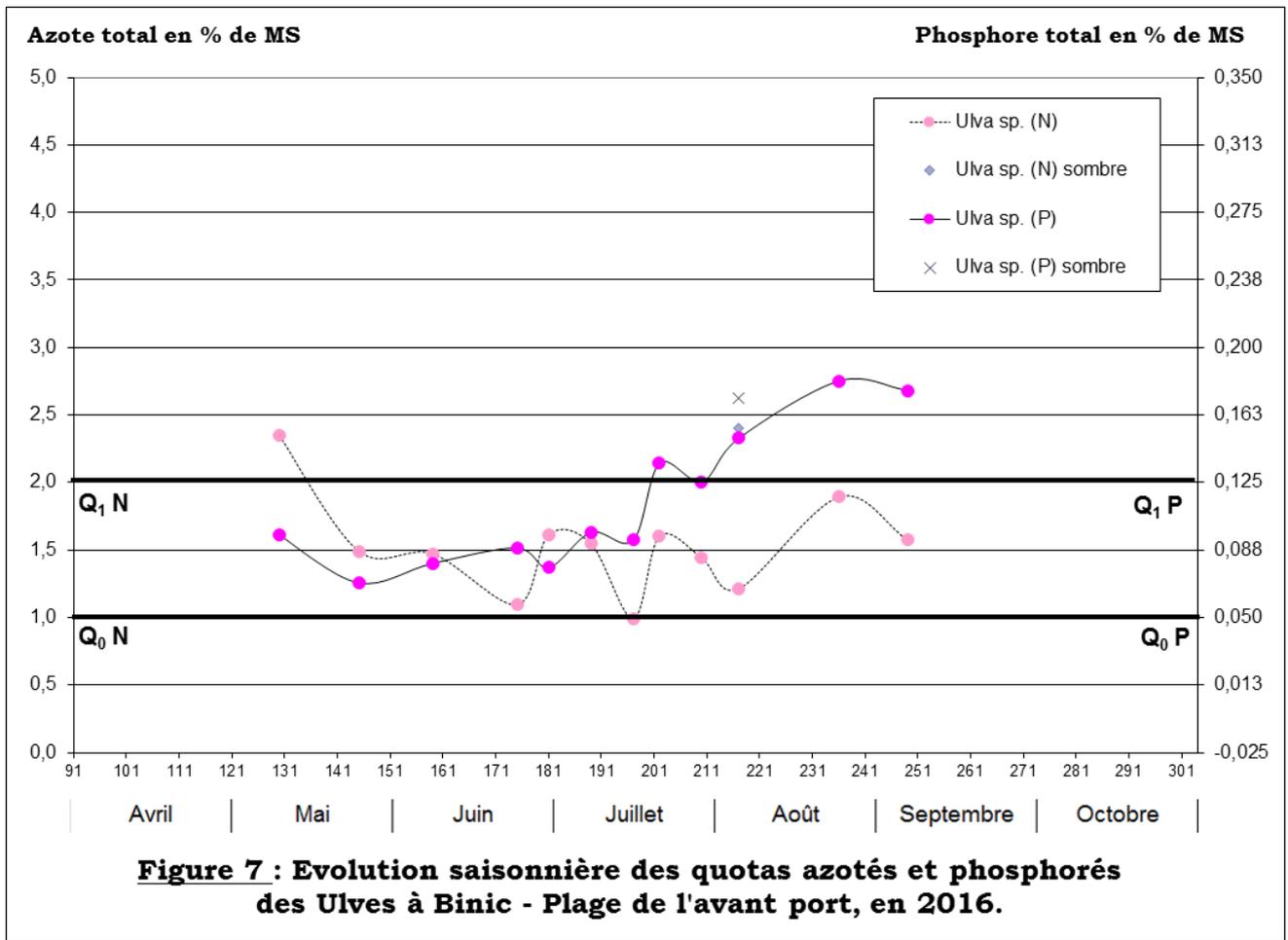
A **Concarneau**, la prolifération algale a été modérée en 2016. Les quotas phosphorés et azotés ont montré une limitation simultanée de la croissance des algues de juin à août par ces deux nutriments (Figure 14). La limitation par l'azote a été très forte entre mi-juillet et mi-août, les quotas mesurés étant bien en dessous du quota de subsistances. 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.

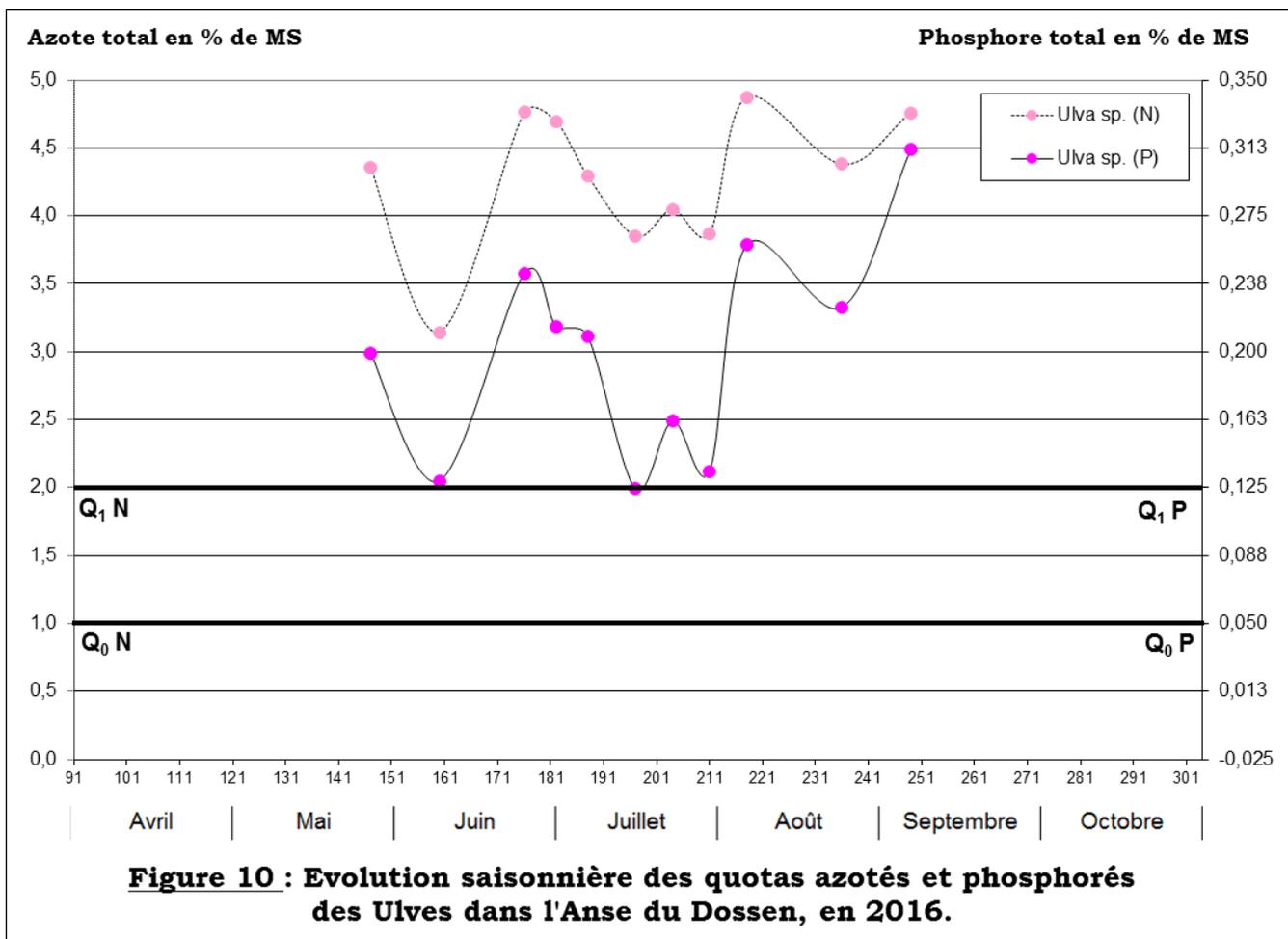
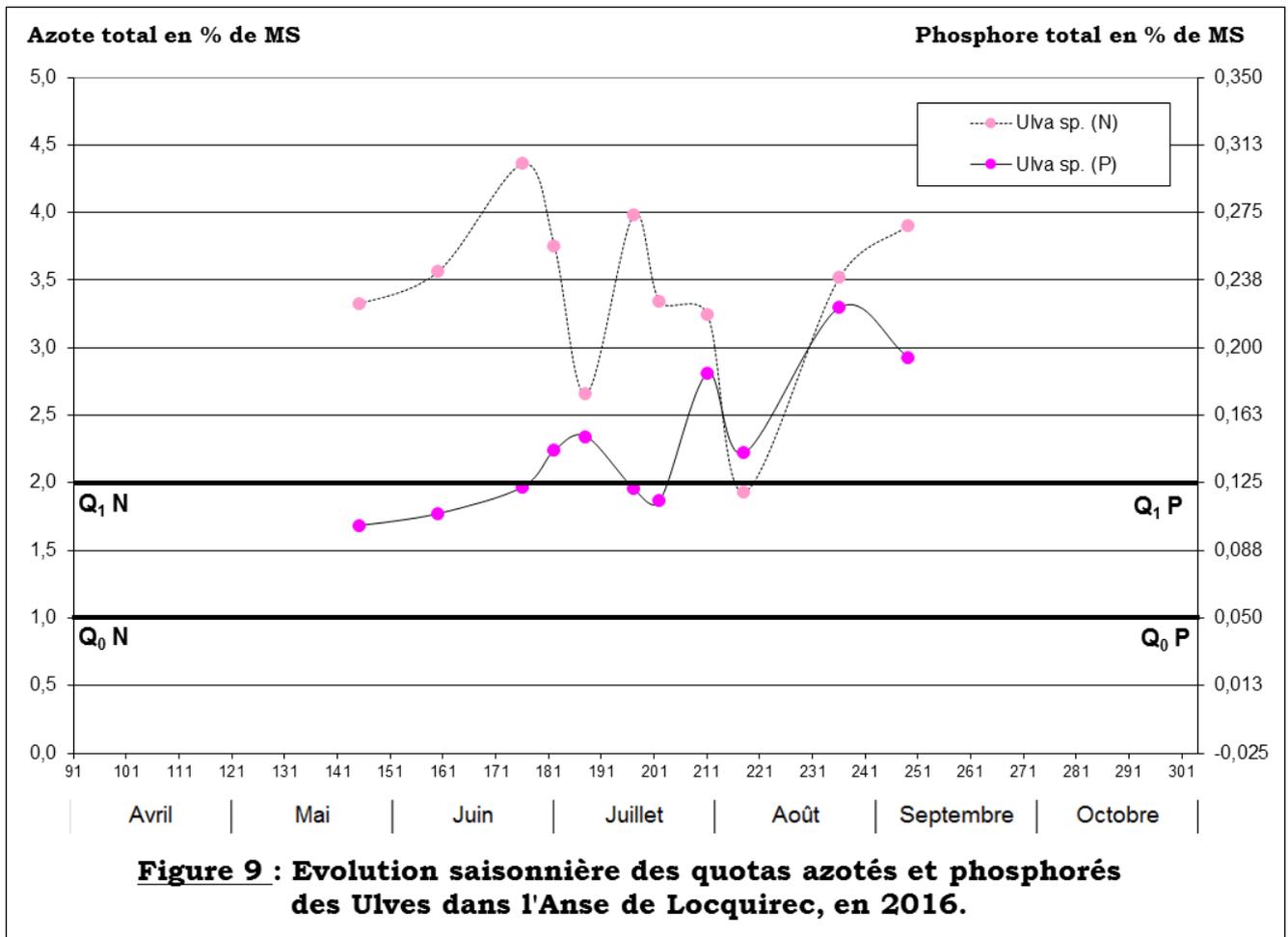
La présentation ci-dessus des facteurs limitant des proliférations des algues en 2016 doit être distinguée du statut de ces nutriments en termes de facteur de contrôle de l'eutrophisation. Les comportements différents de ces deux nutriments et notamment le stockage / relargage important du phosphore 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 <http://www.ceva.fr/fr/MAREES-VERTES/Connaissances-Scientifiques/Mecanismes-et-causes/Roles-respectifs-de-l-azote-et-du-phosphore>)

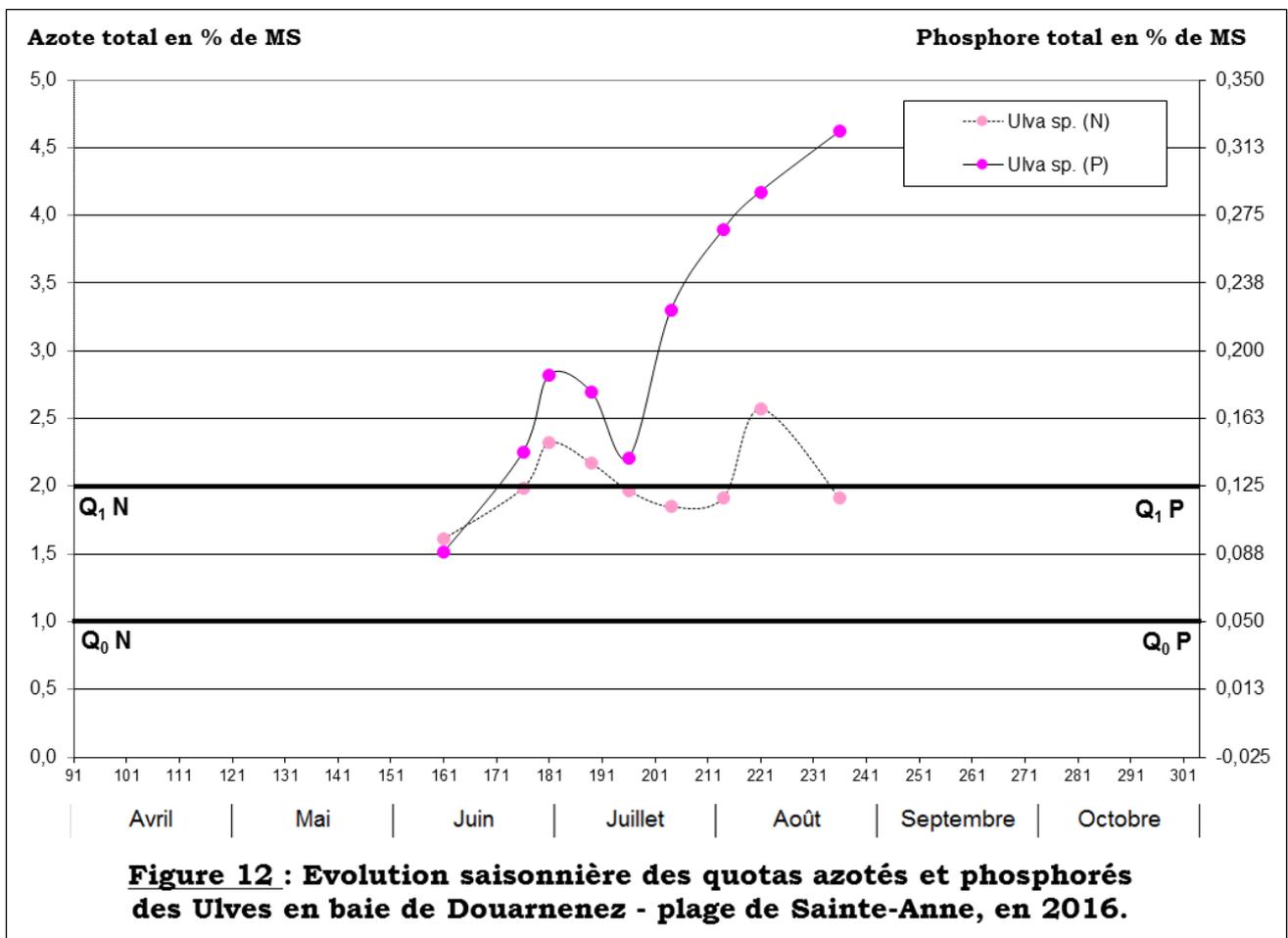
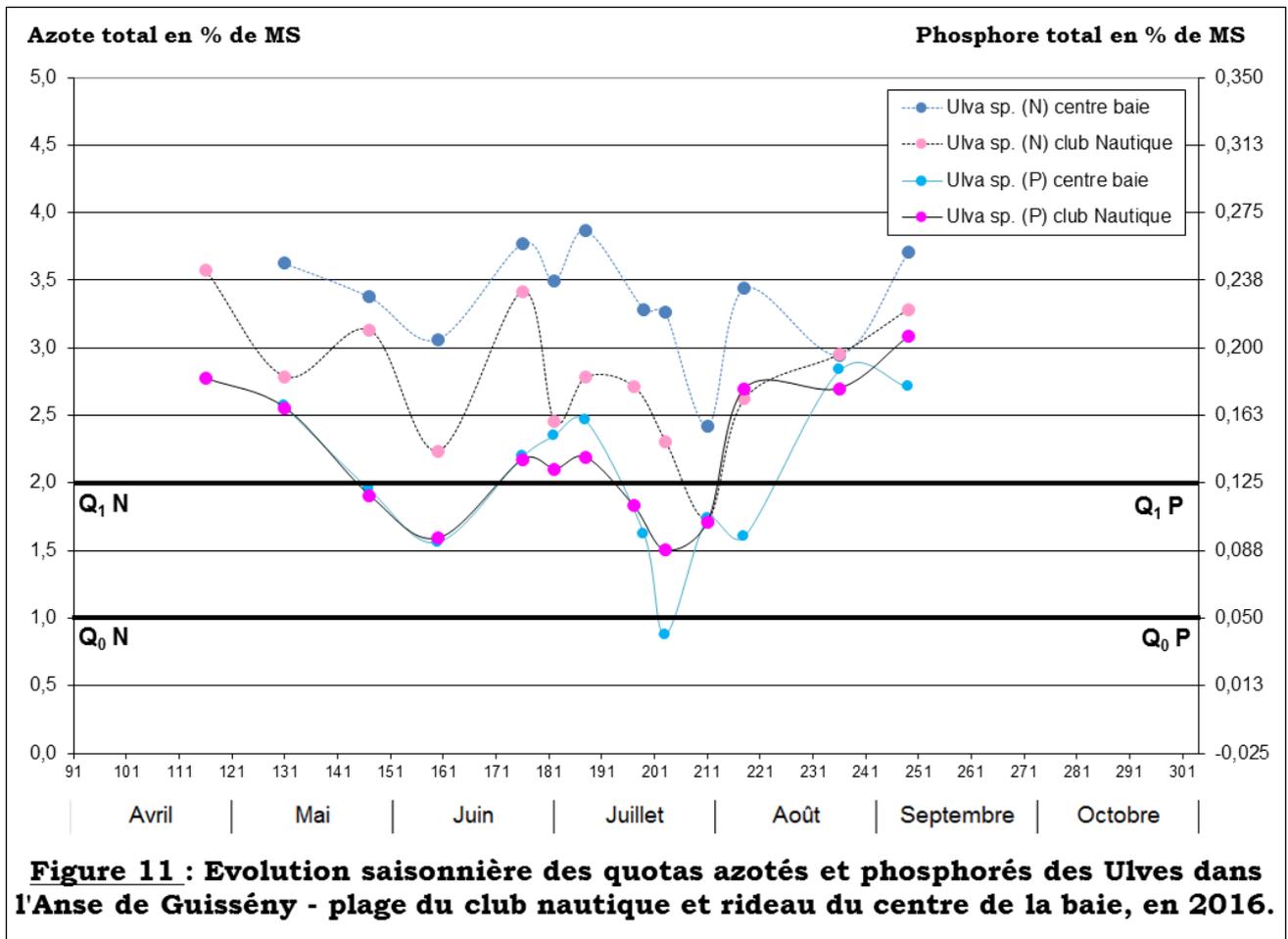


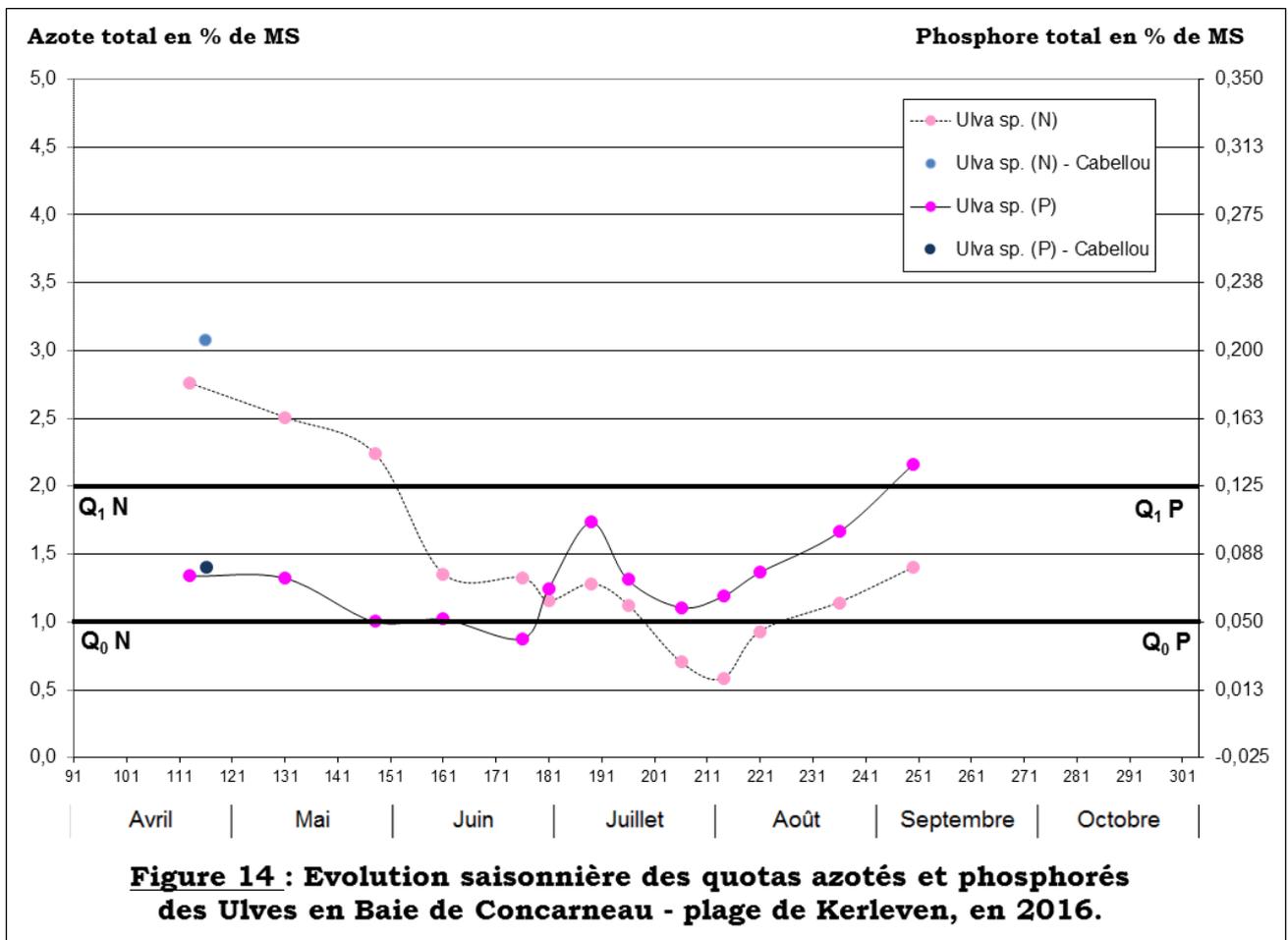
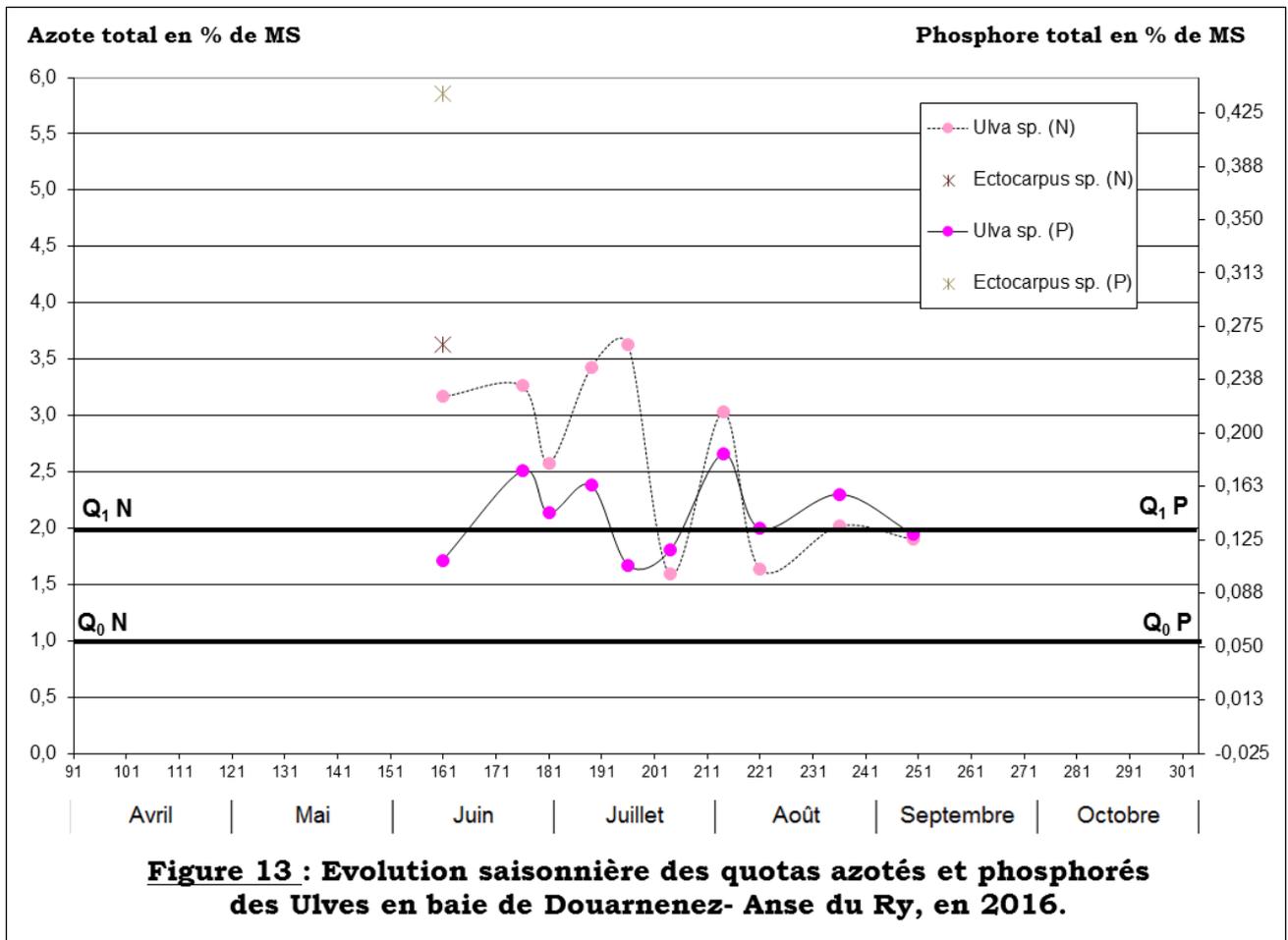


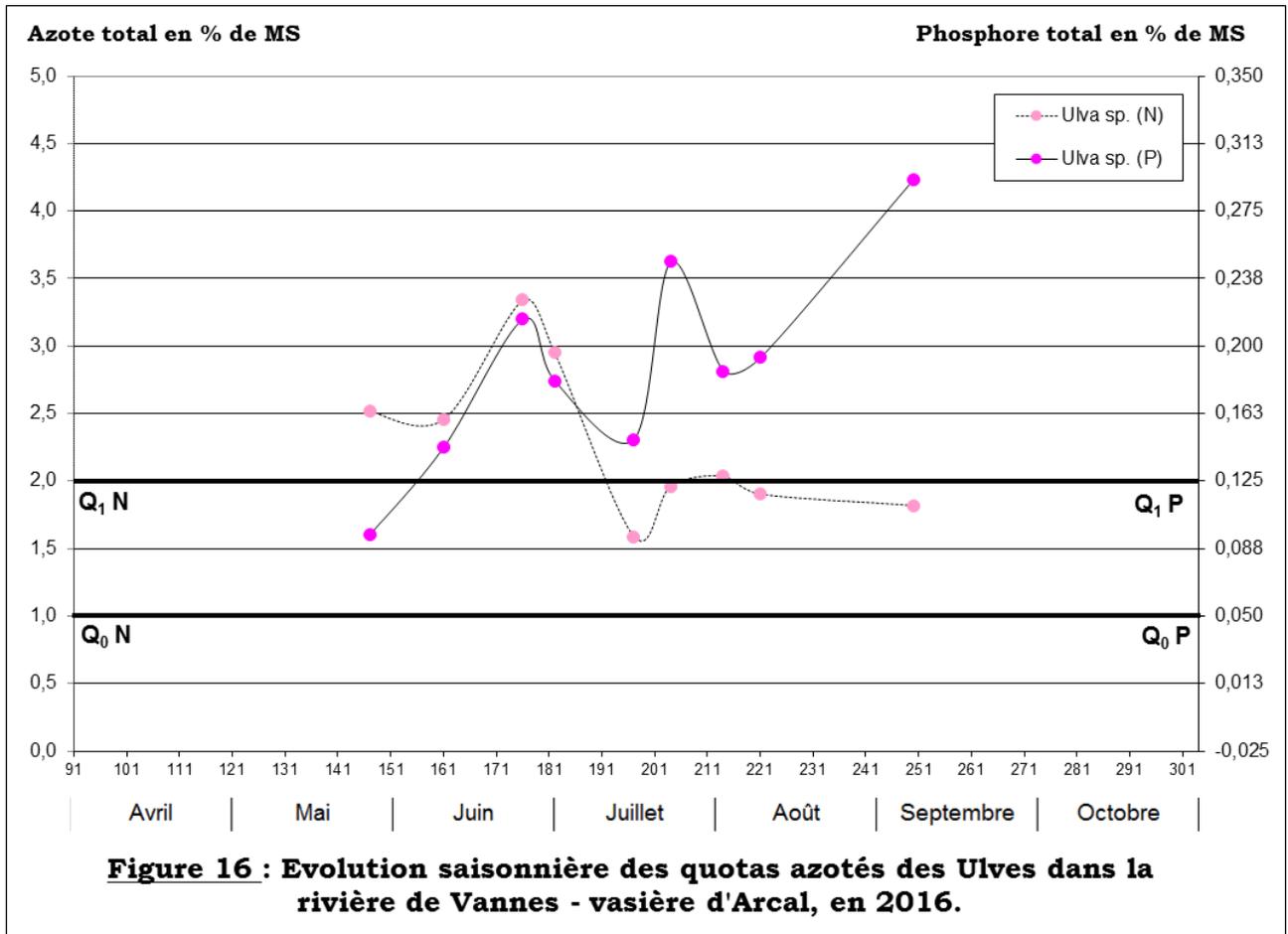
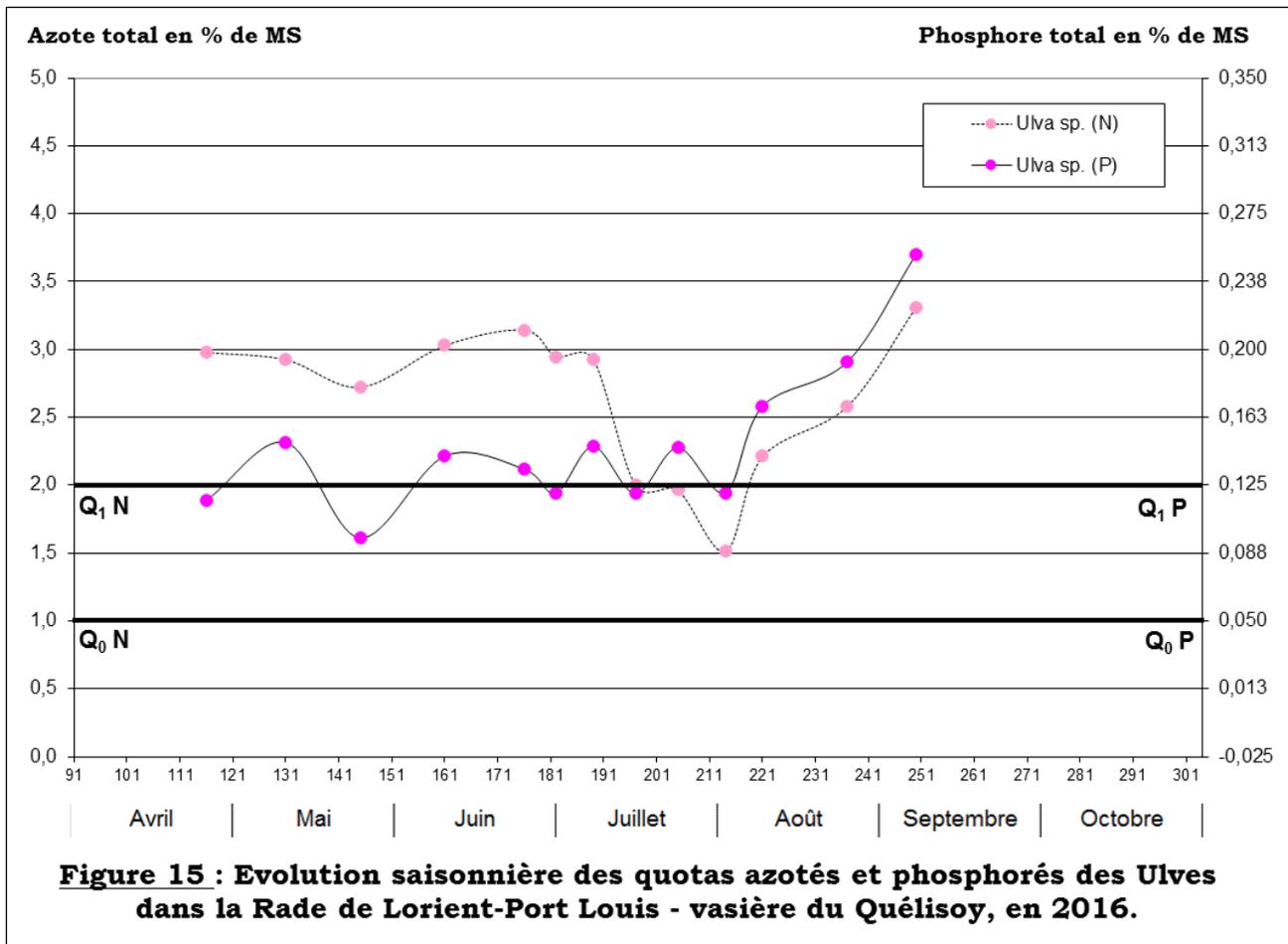


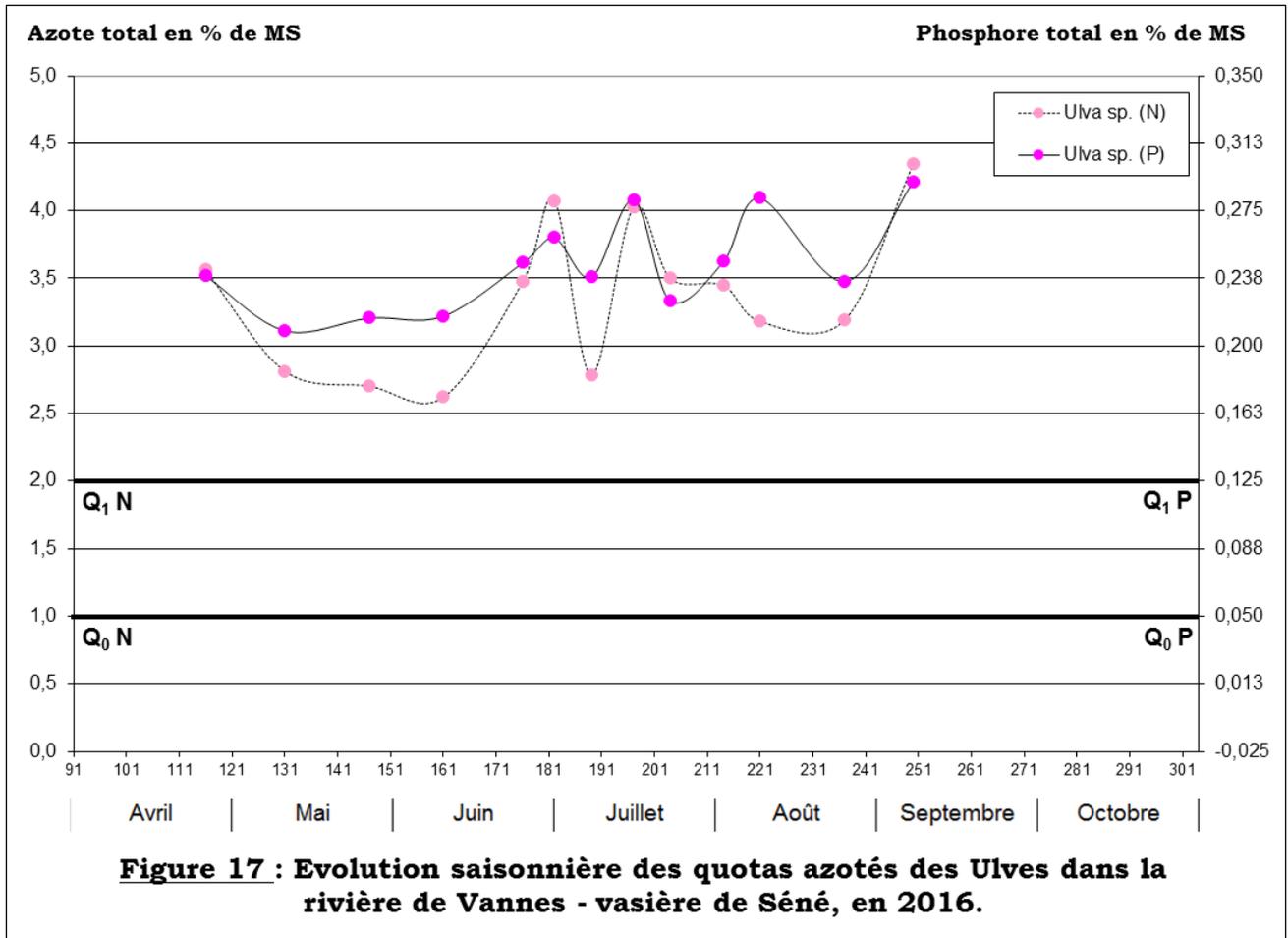












3.4 Evaluation des stocks totaux

Les dates de missions estivales/ hivernales sur les différents sites sont synthétisées dans la partie 2.5. - Missions réalisées.

➤ Biomasses minimales hivernales :

L'annexe 9 présente les éléments relatifs aux deux missions réalisées.

Tableau 6 : Estimation des stocks totaux hivernaux des différents secteurs (en Tonnes d'algues égouttées 1 minute) sur l'hiver 2015-2016

Secteurs côtiers concernés		Infralittoral	Estran	Rideau	Total
Site de type « plage »	Baie de Saint Michel en Grève	*	90 T	20 T	110 T
Sites de vasière	Rance	Pas de mesure	**	0 (pas de rideau sur les vasières)	**

* *prospection prévue uniquement sur plage sur ce secteur à une période où les stocks semblent largement échoués*

** *prospections sommaires le 26 février (Rance) suite au vol du 25 février dans le but de déterminer des lieux de présence + idée de biomasse ponctuelle mais pas d'évaluation à l'échelle du site.*

La réalisation des plongées est généralement délicate l'hiver (température de l'eau mais surtout conditions de plongée délicates : houle + turbidité forte de l'eau) et les algues, en général très fragmentées difficiles à prélever. Il a été proposé dans le cadre du programme 2016, comme les années précédentes depuis 2011, de réaliser une évaluation des seuls stocks échoués sur l'estran + rideau de la baie de « Saint Michel en Grève » en recherchant des conditions météorologiques favorables à ces échouages. On estime que dans de telles conditions favorables aux dépôts, la part infra littorale devrait être relativement faible. L'estimation sur ce site a vocation à indiquer la tendance « régionale » en termes de précocité annuelle sur ce site sur lequel les références historiques sont les plus longues.

✓ Baie de Saint Michel en Grève :

Les survols hivernaux sont généralement difficiles à mettre en œuvre du fait des conditions de survol (plafond nuageux, vent) et de dépôts des algues (dépôts lors d'épisode de temps calme ; peu de vent et houle le jour du vol et les jours précédents). Le 25 février, les conditions étaient favorables au survol et à la présence des algues dans les baies (vent faible à nul le jour du vol ; houle modérée et temps relativement calme les 4-5 jours précédents). Le survol a donc été réalisé le 25 février 2016 par coefficient de 90. Les relevés de terrain, sont délicats à réaliser en hiver (mesure de biomasse impossible à réaliser dans des conditions acceptables sur le terrain, les dépôts étant généralement constitués majoritairement de goémons avec de très petits fragments d'ulves en mélange « indémêlables »). On peut noter également que les biomasses « en rideau », du fait de la turbidité hivernale très importante pourraient être sous estimées (les algues ne sont pas toujours réellement en rideau, ne colonisant pas l'ensemble de la colonne d'eau et pouvant donc être invisibles sur photos aériennes, à quelques centimètres sous la surface). La combinaison des données de survol et de parcours de l'estran simultané permet d'appréhender la biomasse d'ulves présente, même s'il est difficile de garantir la précision de ces observations, les ulves en fragments minuscules étant « noyées » dans les échouages souvent plus importants de goémon. Un calcul des biomasses d'ulves pour chaque polygone tracé permet d'estimer que le stock en 2016 est faible, très probablement inférieur à 110 tonnes, pour ce qui est

des stocks dans la baie ou en proche rideau (accessible à l'observation). **L'annexe 9** reporte les résultats de ces observations. A noter que, les algues sont de très petite taille (moins d'un cm pour la plupart des fragments), en mélange avec du goémon et autres débris végétaux terrestres.

Les stocks apparents lors de ces observations de février 2016 sont, malgré des conditions de dépôt très favorables, à un niveau bas, sans toutefois être aussi bas que la situation très exceptionnelle de mars 2014 (pour laquelle on percevait moins de 1 Tonne, le 6 mars) ni que les années 2013 (moins de 10 T le 12 février 2013) et 2015 (moins de 37 T le 18 février 2015). L'année 2016 (cf. Figure 26) est à un niveau comparable à l'année 2012 (110 T le 7 février 2012) proche du niveau de 2011 (entre 50 et 100 T le 18 février). Mais la mesure de février 2016 est très inférieure à l'année 2009 (d'un facteur 10, avec 700 et 1250 T le 28 février 2009) et 2004 (environ 500 T le 3 mars en incluant la part infralittorale).

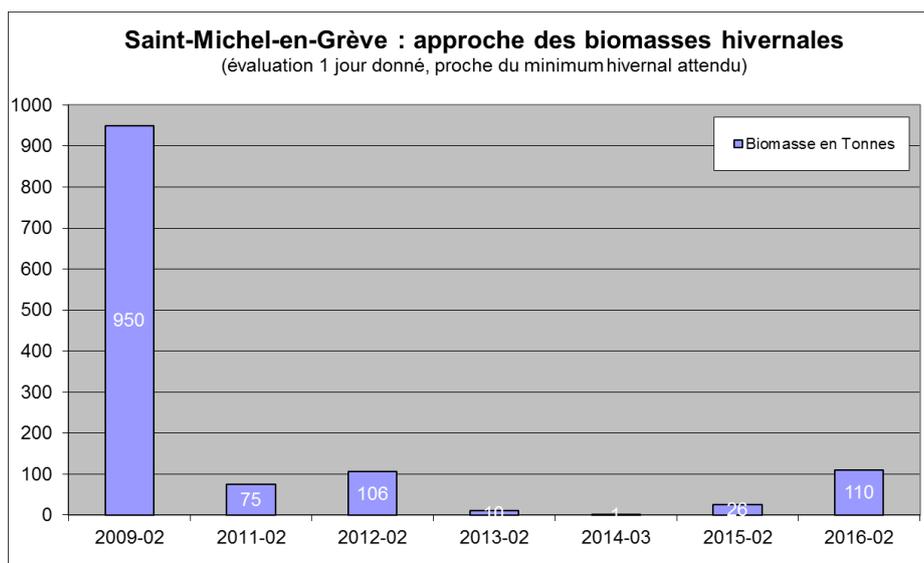


Figure 26 : évaluation des biomasses hivernales (mesures sommaires) sur la baie de Saint Michel en Grève et pour les dernières années de mesure 2009-2016. Les stockages éventuels infralittoraux ne sont pas intégrés ici, mais les mesures en sont réalisées que sur des jours potentiellement favorables aux échouages des quantités présentes proches de la baie.

L'indication fournie par la biomasse hivernale mesurée peut être délicate à interpréter. En effet, les conditions météorologiques du jour de mesure et des jours précédents peuvent faire varier de façon importante ce stock et son dépôt dans la baie. Le fait de ne procéder qu'à une seule mesure hivernale et à une date qui dépend des conditions de dépôt implique d'utiliser avec prudence cette évaluation de biomasse pour prévoir la précocité du démarrage de la saison suivante. La mesure de ce stock étant parfois réalisée en mi-février il est clair qu'en fonction des caractéristiques de la fin février puis du mois de mars plus ou moins dispersif, cette indication devra être fortement modulée.

Le niveau perçu en février 2016 peut être mis en relation avec le niveau des surfaces mesuré en octobre 2015 : celui-ci était bas au niveau régional (environ 20 % de moins que la moyenne pluriannuelle) mais élevé sur le site de la baie de Saint Michel en Grève (+ 60 % par rapport à la moyenne). Pour ce qui est du caractère dispersif de l'hiver 2015-2016, on note pour novembre à février un nombre de jours de houle de + de 3.5 m de 75 % supérieur à la moyenne (40 j contre 23 j en moyenne). On se retrouve donc en fin février, sur cette baie avec un stock 2015 qui était très important et un hiver dispersif. Les biomasses évaluées le 25 février laissent entrevoir un démarrage plus précoce que les 3 dernières années et « identique » à celui de 2012. Ce n'est pas le cas puisque la précocité de 2016 (avril+mai utilisé comme indicateur de cette précocité) est bien inférieure à 2015 et légèrement supérieure à 2013. Par contre 2016 est beaucoup plus précoce que 2012 (facteur 3 sur la mesure avril + mai). Cela est très certainement dû au caractère très dispersif du mois de mars 2016 (durant ce mois on enregistrait 3 jours de houle de + de 3 m alors que la moyenne est à 0.5 et 4 jours de plus de 3.5 m pour une moyenne de 3 et même 2.4 si on exclut 2008 très dispersif en mars).

L'indication de précocité fournie par ces stocks « minimums » hivernaux, si on l'accompagne de l'analyse des conditions de dispersion sur la fin de l'hiver est donc cohérente avec les observations données par les surfaces d'octobre et les conditions hivernales. Cette mesure hivernale est en quelque sorte un point intermédiaire qui permet de préciser l'indication fournie par les mesures surfaciques et les conditions hivernales. Ces mesures permettent aussi de bien montrer les mécanismes du report par la mesure des quantités effectivement encore présentes en hiver, si on les évalue dans des conditions propices.

Cependant, il convient de rappeler que la seule perception des stocks visibles en aérien (estran + rideau) ne peut garantir que l'on évalue réellement le stock minimum total ; la part infralittorale pouvant être importante en hiver. On peut néanmoins estimer que la mesure des stocks estran + rideau donne une idée de l'importance relative de ces stocks si les mesures sont bien engagées dans des périodes calmes, favorable au dépôt des algues.

✓ Vasières de la Rance :

Sur la Rance, les mesures de terrain ont pu être réalisées le 26 février, au lendemain du survol (indispensable de disposer des photos aériennes avant les contrôles de terrain sur un site aussi vaste, pour guider les prospections). Les relevés de terrain sont reportés en Annexe 9. L'objectif principal des prospections de terrain et de pouvoir qualifier les algues vertes présentes lors du vol. Il est en effet difficile, sur photo aérienne de définir d'après la morphologie des dépôts avec suffisamment de certitude si les algues vertes sont des algues vertes filamenteuses (« enteromorphes ») ou des « ulves en lame ». Et en cas de présence de tapis d'ulves en lames, libres les prospections permettent d'estimer une gamme de biomasse de ces dépôts ce qui pourrait conduire à une évaluation approximative des biomasses totales en place (non prévu au programme). Les observations de février 2016 confortent les précédentes (mars 2010 et février 2015). Sur la plupart des sites, les zones vertes sont composées d'algues vertes filamenteuses, le plus souvent fixées. Deux sites présentaient des tapis d'ulves libres :

- Saint Jouan des Guérets, sur le secteur « les Gastines » : tapis très localisés, en haut d'estran dans les schorres. Les densités mesurées sont de 3 à 4 kg mais la surface très limitée (quelques m² donc au total seulement quelques kg),
- La Ville-es-Nonais : en haut d'estran dans les schorres face au « camp viking » des tapis continus d'ulves, là aussi de faible extension ont pu être échantillonnés (4.5 kg/m²). Etant donné leur surface, la biomasse totale serait de seulement quelques kg. On note en outre, au sein du camp viking (comme déjà en 2015) la présence d'un tapis plus étendu et qui pourrait aussi, d'après sa morphologie être constitué d'ulves (cette zone difficile d'accès n'a pas été échantillonnée ce qui aurait demandé trop de temps dans la mission et une prise de risque pour l'opérateur). Les biomasses en place avaient été évaluées en 2015 environ 1 tonne et semble dans les mêmes gammes de valeur.

Le niveau perçu en février 2016 est assez proche de ce qui avait été vu en 2015 avec des densités légèrement plus élevés mais des tapis de très faible extension. **Ce niveau est très nettement inférieur à la perception hivernale qui avait été réalisée en mars 2010** (rapport Cimav 2009). Cette année-là, les tapis d'ulves les plus importants étaient repérés sur la Ville es Nonais avec des **biomasses de 5 kg/m²** (localement même plus de 20 kg/m²). Outre la densité localement perçue, l'étendue de ces dépôts était plus importante que ce qui a été mesuré en 2015 et 2016. Des tapis plus restreints étaient également localisés en 2010 sur Saint Jouan des Guérets (densité de 2.5 à 7 kg/m²). Les reports des proliférations pourraient donc, aussi sur les vasières, passer par des algues libres, en tapis avec un report qui, en fonction des paramètres de l'année précédente et de l'hiver serait plus ou moins important.

✓ **Éléments complémentaires sur la situation hivernale :**

En prolongation des évaluations présentées ci-dessus le CEVA a réalisé lors du vol du 25 février 2016 un survol des sites principaux : baies de la Forêt, Douarnenez, Moulin Blanc, Locquirec, Saint Michel en Grève, Lédano, Bréhec, Binic/Etables, Baie de Saint Brieuc, de la Fresnaye, de Lancieux puis Rance. Aucun des sites de type plage (mis à part la baie de Saint Michel en Grève analysée par ailleurs) ne présentait de véritables dépôts d'ulves. On notait sur les baies de Douarnenez et de la Forêt des rideaux, des figures en infralittoral et de faibles dépôts (sur la Forêt) mais sans nette nuance de vert donc probablement avec très peu d'ulves. L'anse du Moulin Blanc était quasiment sans algues visibles. Des dépôts plus importants étaient présents sur la baie de Saint Brieuc mais ils apparaissaient nettement bruns et de rapides contrôles de terrain montraient que la baie était surtout concernée par des ectocarpales avec de petits morceaux d'ulves en mélange (mais proportion faible de quelques % des algues totales, sur les zones qui ont pu être visitées). La baie de la Fresnaye présentait aussi des tapis d'ectocarpales assez étendus avec quelques rares ulves en mélange. La baie de Lancieux était aussi, le jour du survol occupée par des biomasses d'algues brunes, probablement de type ectocarpales, en rideau et dépôts de bas d'estran (pas de validation de terrain).

➤ **Biomasses estivales maximales :**

Cette action n'a pas été déployée en 2016, afin d'alléger le programme de suivi.

➤ **Conclusion :**

Les évaluations en biomasse en 2016 ont permis d'établir :

- Un niveau **de biomasse relativement faible** en fin février 2016 sur la baie de Saint Michel en Grève. Ce niveau estimé est cependant supérieur aux trois années antérieures ce qui, sans autre analyse, pourrait laisser prévoir un démarrage plus précoce de la saison 2016 que lors des trois précédentes. L'analyse complémentaire des conditions de mars 2016 (forte dispersion du fait de houle plus importantes qu'en situation normale) permet d'expliquer un report qui est finalement très faible et une prolifération 2016 tardive.
- **Des tapis d'ulves sur la Rance qui sont situés sur les mêmes banquettes** que lors des précédentes évaluations de 2010 et 2015. Les biomasses relevées en 2016 sont toutefois très limitées par rapport à ce qui avait pu être déterminé en 2010. La situation semble assez proche de ce qui a été mesuré en 2015 avec probablement des densités légèrement supérieures.
- **Une perception rapide sur les principaux sites** de type plage du littoral en février 2016, en marge des évaluations de biomasses, qui confirme la faible présence de stock de reproduction sur les différents sites. **Cet élément et les caractéristiques du mois de mars** (très dispersif) permettaient de **prévoir une prolifération 2016 tardive**, ce qui a pu être mesuré (présent rapport).

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 programme Cimav, permettent de caractériser la prolifération d'ulves de l'année 2016.

- L'indicateur dénombrement des sites touchés par des échouages d'ulves montre une hausse par rapport à 2015 et aux trois années antérieures : avec 100 sites touchés sur l'ensemble des 3 inventaires, l'année 2016 est parmi les années les plus élevées en nombre de sites et significativement au-dessus du niveau moyen (94.7 sites sur 2007-2015). Cet indicateur suggère une année précoce (76 sites en mai), mais les sites touchés par la présence d'ulves, en mai, s'ils sont nombreux, sont de faible extension et pour la plupart liés à des croissances d'algue sur platier. Cela pourrait être lié à des conditions favorables en fin d'hiver (lumière abondante et dispersion/arrachage)
- Les suivis surfaciques sur les sites sableux permettent d'affiner la perception de l'année et de caractériser la prolifération régionale 2016. La prolifération sur l'ensemble de la saison (7 inventaires) est supérieure aux 6 années antérieures (2010-2015) tout en restant sensiblement inférieure à la moyenne pluriannuelle 2002-2015 (- 10 %). Ce niveau important sur l'année est obtenu malgré un démarrage très tardif de la prolifération (faible reconduction liée à un niveau de stock en fin 2015 limité et un hiver très dispersif). L'augmentation des surfaces couvertes est très forte en juin puis juillet (conditions favorables de croissance notamment du fait des flux soutenus sur la baie de Saint Briec) et le niveau en fin 2016 (octobre) est particulièrement élevé. Ce niveau moyen régional ne rend pas compte de situation locales qui peuvent être très diverses comme en attestent la baie de Douarnenez sur laquelle les surfaces d'ulves ont été faibles (mais présence d'ectocarpales) et les baies du nord Finistère ou de Saint Briec qui, à l'opposé ont connues des proliférations soutenues.
- Les **quotas azotés et phosphorés des ulves permettent d'établir le statut nutritionnel des algues sur les principaux sites** dans le cadre de cette année de flux globalement bas et de prolifération plus ou moins intense selon les secteurs. Ces quotas permettent notamment de montrer sur certains sites comme la baie de Saint Briec ou la baie de Douarnenez que c'est bien le manque d'azote qui explique le déclin des surfaces couvertes sur la baie au cours de la saison (et l'apparition de l'algue brune filamenteuses ectocarpales sur la baie de Douarnenez), les teneurs internes en phosphore étant, à partir de juin largement excédentaires pour les besoins de croissances des ulves sur ces deux sites. Sur d'autres sites, par contre, l'azote, malgré des flux plus bas en 2016 qu'en moyenne pluriannuelle, n'a pas été en position de limiter la croissance des algues. 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 mesures **de biomasses hivernales entreprises en février 2016** ont permis d'estimer, sur la baie de Saint Michel en Grève, un niveau de **biomasse plus élevé que les 3 années précédentes** et proche du niveau de 2012. Analysée seule cette mesure pourrait laisser prévoir un redémarrage plus précoce que les années antérieures. Cependant, **l'analyse de la fin de l'hiver** (mars particulièrement dispersif) **permet de conclure à un démarrage de la prolifération 2016 attendu tardif. Sur la Rance**, les mesures réalisées permettent de **consolider la connaissance des lieux de présence d'ulves en hiver** et de noter le **niveau relativement faible des stocks en 2016** (comparé à 2010). Enfin, un survol partiel du littoral en février 2016 avait permis de noter que les autres sites sableux ne présentaient pas de présence significative d'ulves.
- Les apports de ces suivis complémentaires sont donc riches. Outre une meilleure perception permise par les vols complémentaires (4 dates) 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 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. Les mesures de biomasse apportent quant à elles des éléments de caractérisation plus fine du niveau d'eutrophisation d'un site pour les biomasses maximales (non mesurées en 2016 mais régulièrement mesurées les années précédentes) et de description de la composante pluriannuelle du phénomène pour ce qui est des biomasses hivernales. Ces suivis sont donc particulièrement importants à poursuivre dans le cadre des reculs des proliférations déjà opérés et qui devraient se prolonger dans les années à venir avec la baisse des flux azotés.

ANNEXES

ANNEXE 1

SITES TOUCHES PAR DES ECHOUAGES D'ULVES EN MAI, JUILLET, SEPTEMBRE
2016

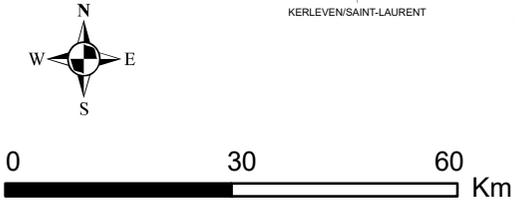
Sites touchés par des échouages d'ulves mai 2016



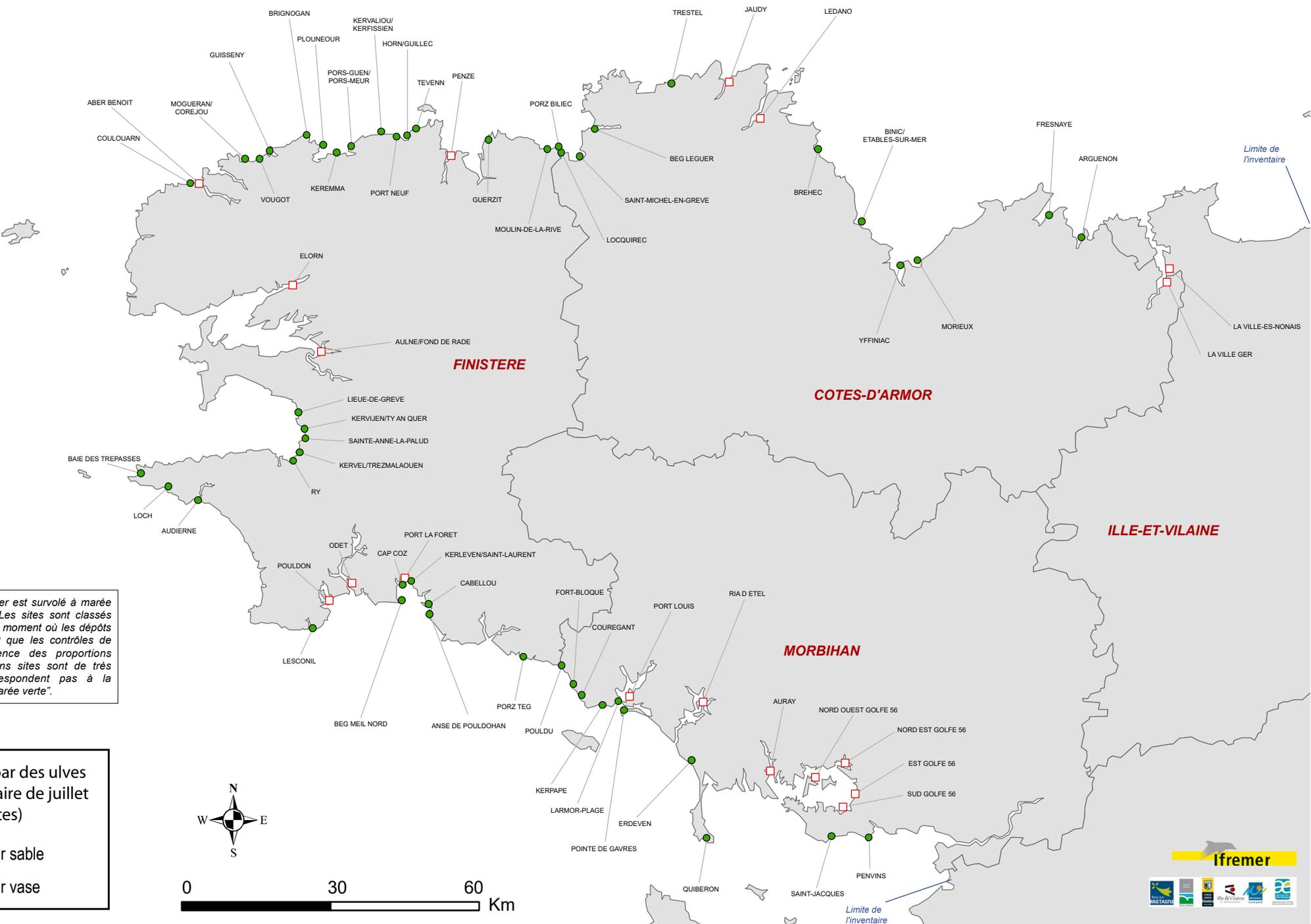
L'ensemble du linéaire côtier est survolé à marée basse de fort coefficient. Les sites sont classés comme touchés à partir du moment où les dépôts sont décelables d'avion et que les contrôles de terrain mettent en évidence des proportions anormales d'ulves. Certains sites sont de très petite taille et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

Sites touchés par des ulves lors de l'inventaire de mai (76 sites)

- site sur sable
- site sur vase



Sites touchés par des échouages d'ulves juillet 2016

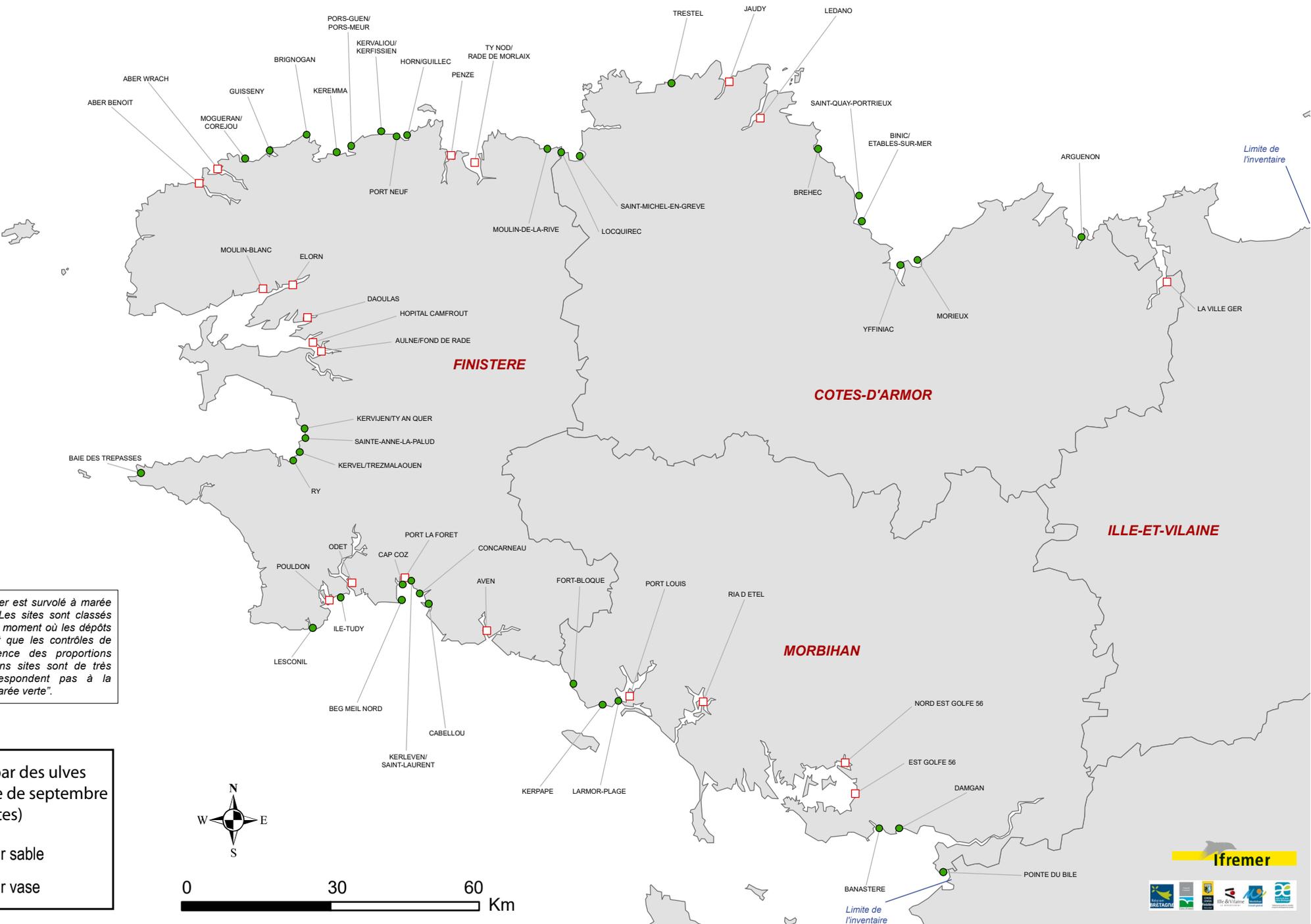


L'ensemble du linéaire côtier est survolé à marée basse de fort coefficient. Les sites sont classés comme touchés à partir du moment où les dépôts sont décelables d'avion et que les contrôles de terrain mettent en évidence des proportions anormales d'ulves. Certains sites sont de très petite taille et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

Sites touchés par des ulves lors de l'inventaire de juillet (68 sites)

- site sur sable
- site sur vase

Sites touchés par des échouages d'ulves septembre 2016



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

Sites touchés par des ulves lors de l'inventaire de septembre (56 sites)

- site sur sable
- site sur vase

ANNEXE 2

EXEMPLE DE FICHE DE CONTRÔLE TERRAIN POUR UN SITE

LANCIEUX
(22)



On observe 95% d'Ectocarpus sous forme de petits pompons et 5% de Polysiphonia arrachées.

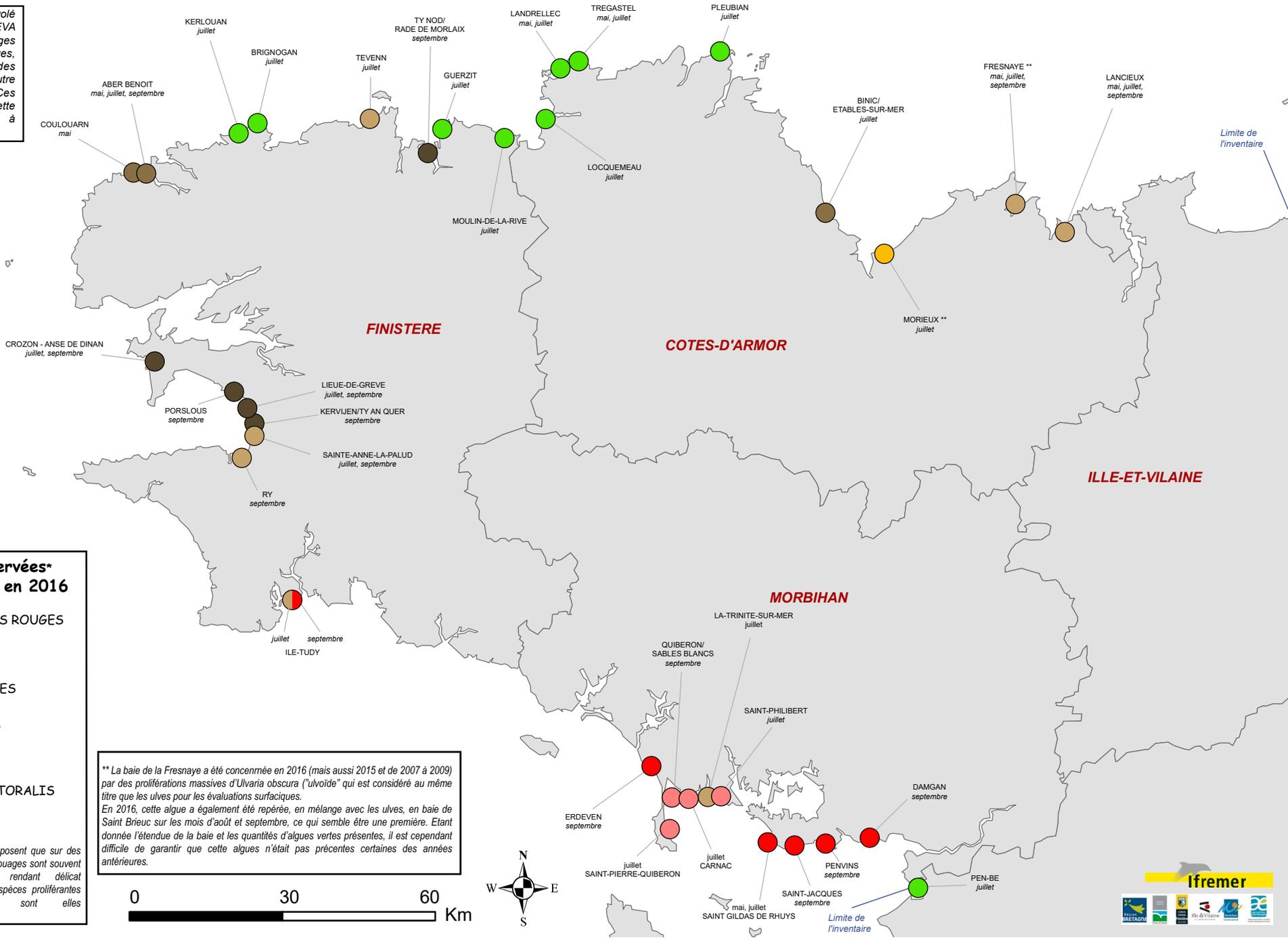
Zones /gradient	Type d'algues échouées				Types d'algues vertes échouées		Type d'ulves		Taux recouvrement dépôt ulves	Identifications
	% AB	% pyla	% AR	% AV	% ulves	% entéros	% libres	% arrachages		
1	-	95 (Ectocarpus)	5	-	-	-	-	-	-	Ectocarpus sp. Polysiphonia sp.

ANNEXE 3

SITES TOUCHES PAR DES PROLIFERATIONS D'AUTRES ALGUES EN 2016

Sites touchés par des proliférations d'algues en 2016 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 2016

- AUTRES ALGUES ROUGES
- SOLIERIA
- ENTEROMORPHES
- POLYSIPHONIA
- ECTOCARPALES
- PYLAIELLA LITTORALIS
- ECTOCARPUS

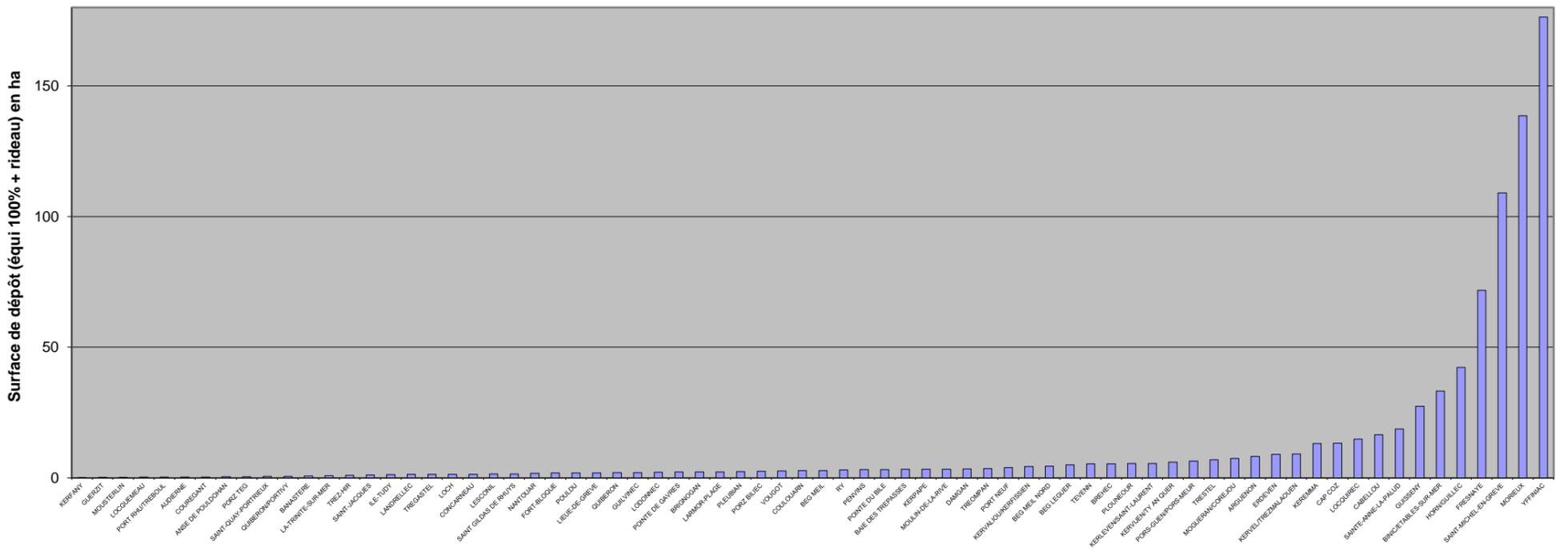
* Les déterminations proposées ici ne reposent que sur des critères morphologiques. De plus, les échouages sont souvent composés de plusieurs espèces rendant délicat l'échantillonnage de terrain. Aussi les espèces proliférantes reportées sur cette carte sont elles proposées à titre indicatif.

** La baie de la Fresnaye a été concernée en 2016 (mais aussi 2015 et de 2007 à 2009) par des proliférations massives d'*Ulvaria obscura* ("ulvoïde" qui est considéré au même titre que les ulves pour les évaluations surfaciques). En 2016, cette algue a également été repérée, en mélange avec les ulves, en baie de Saint Briec sur les mois d'août et septembre, ce qui semble être une première. Etant donnée l'étendue de la baie et les quantités d'algues vertes présentes, il est cependant difficile de garantir que cette algues n'était pas présentes certaines des années antérieures.

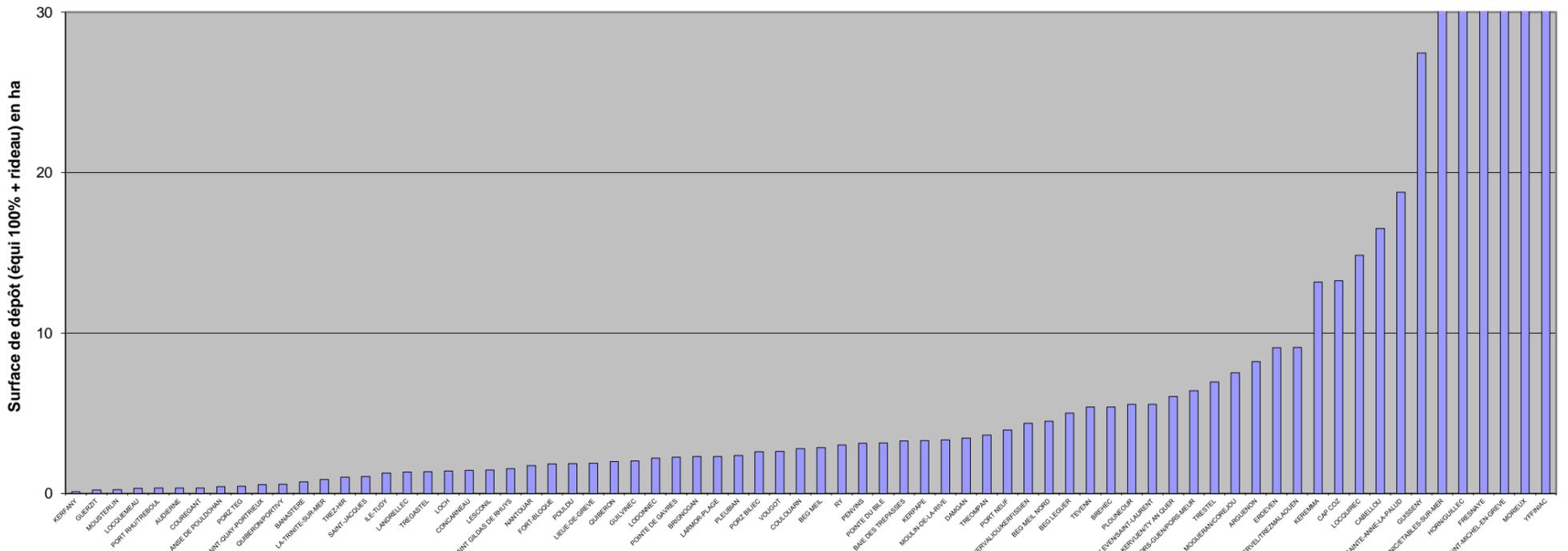
ANNEXE 4

TAILLE MAXIMUM DES SITES A ULVES SUR PLAGES EN 2016

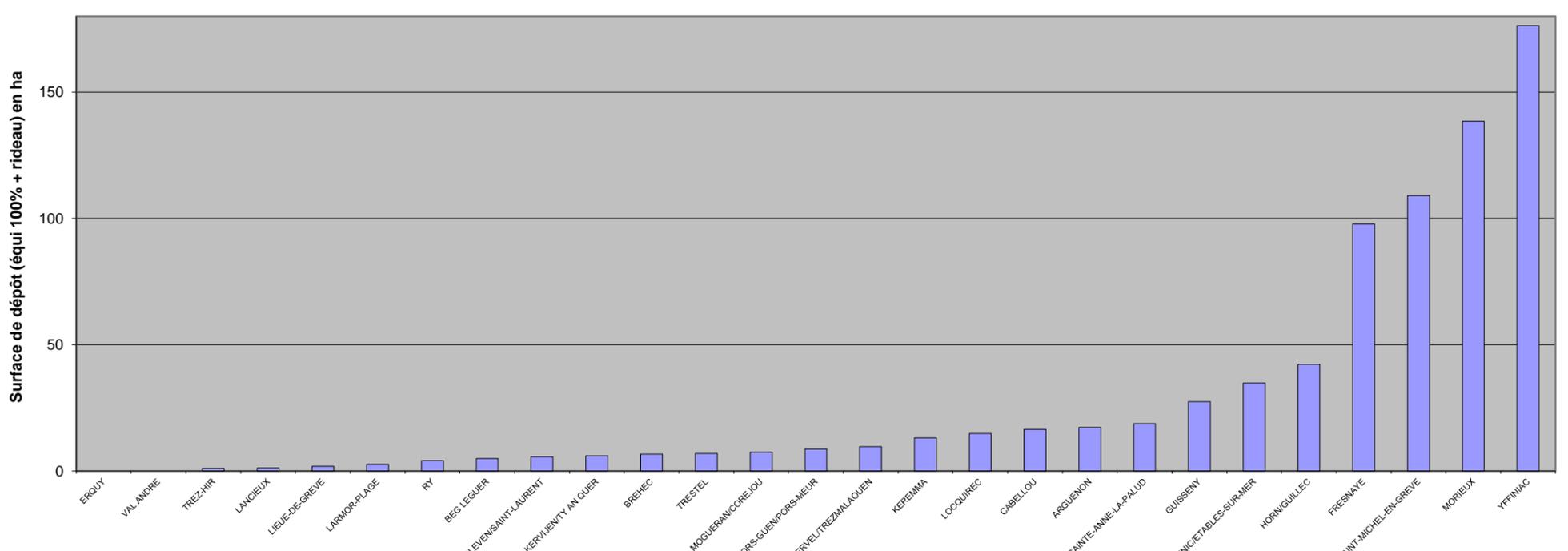
Surface maximale des dépôts d'ulves sur les sites sur sable en 2016 (3 inventaires)



Surface maximale des dépôts d'ulves sur les sites sur sable en 2016 (3 inventaires)



Surface maximale des dépôts d'ulves sur les sites sur sable en 2016 (7 inventaires)



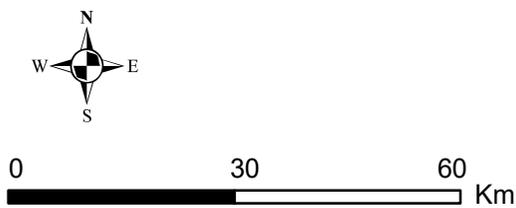
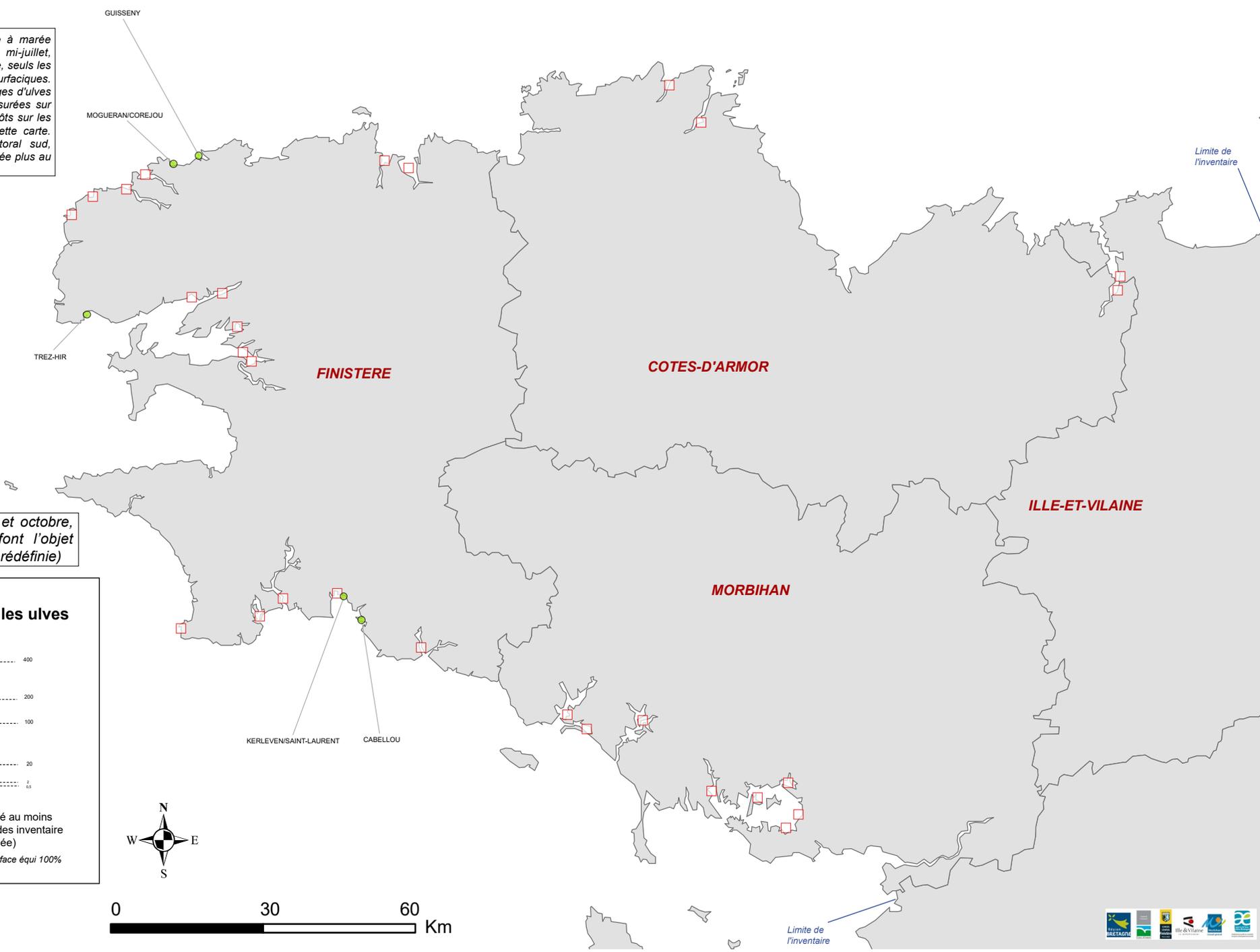
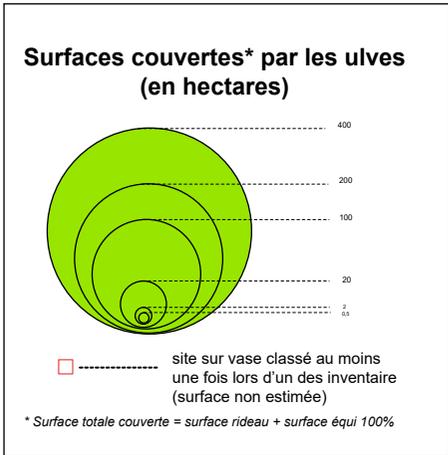
ANNEXE 5

- SURFACES COUVERTES PAR SITE POUR LES MISSIONS D'AVRIL A OCTOBRE 2016
- SURFACES COUVERTES PAR SITE POUR LES MISSIONS D'AVRIL A OCTOBRE DES ANNEES 2002 à 2016
- SURFACES COUVERTES PAR SITE D'AVRIL A OCTOBRE EN MOYENNE SUR 2002-2013

Surfaces couvertes par les ulves avril 2016

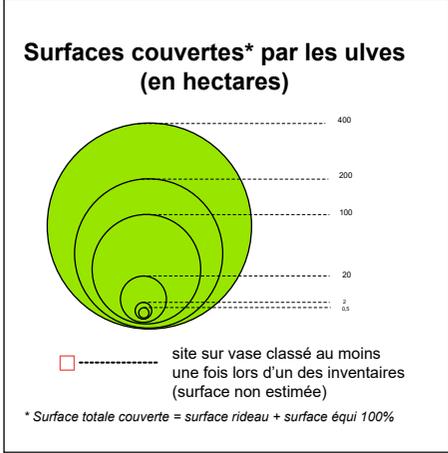
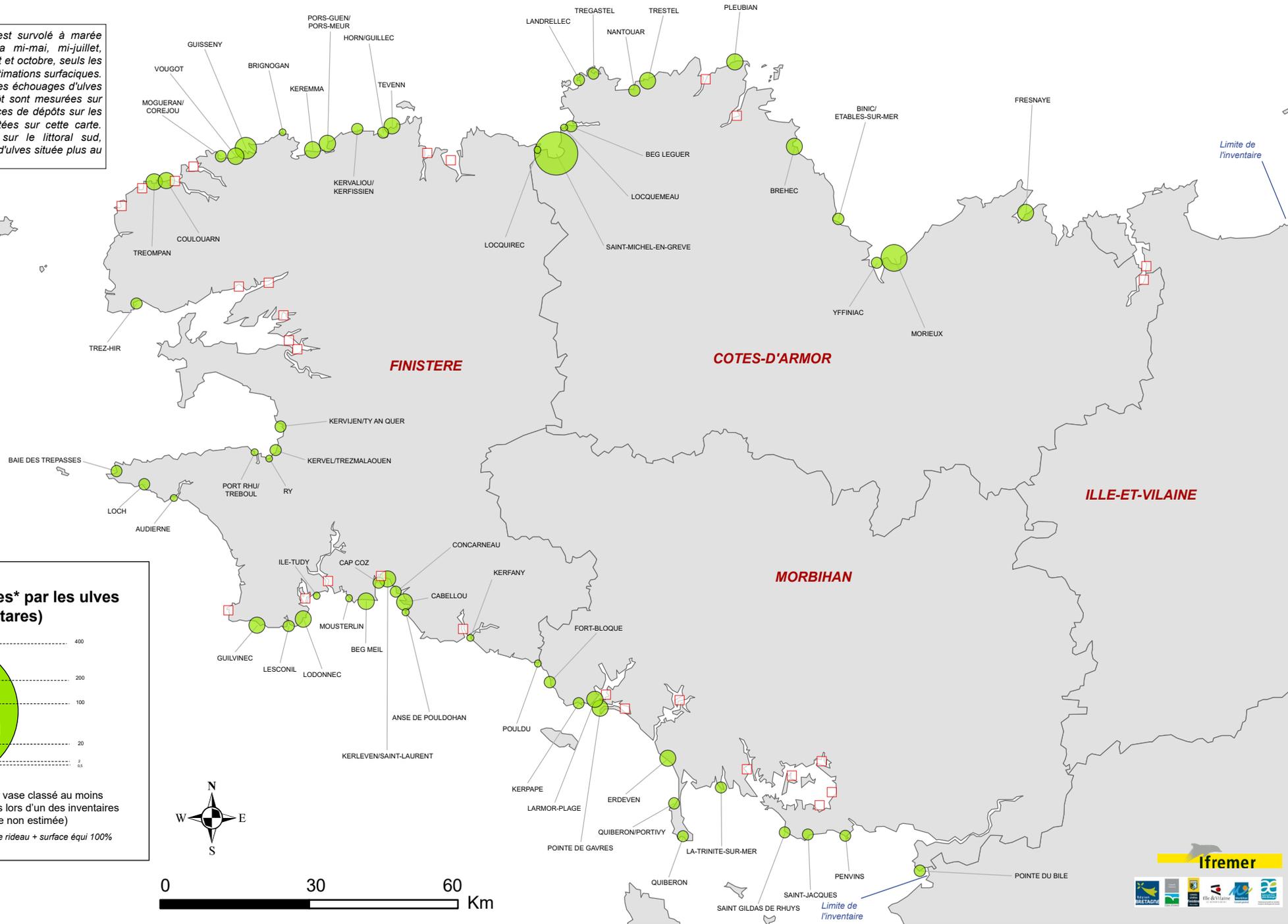
L'ensemble du linéaire côtier est survolé à marée basse de fort coefficient à la mi-mai, mi-juillet, mi-septembre. En avril, juin, août et octobre, seuls les sites principaux font l'objet d'estimations surfaciques. Pour tous les sites présentant des échouages d'ulves sur sable, les surfaces de dépôt 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 2016

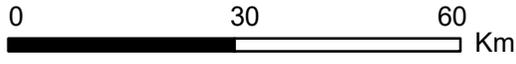
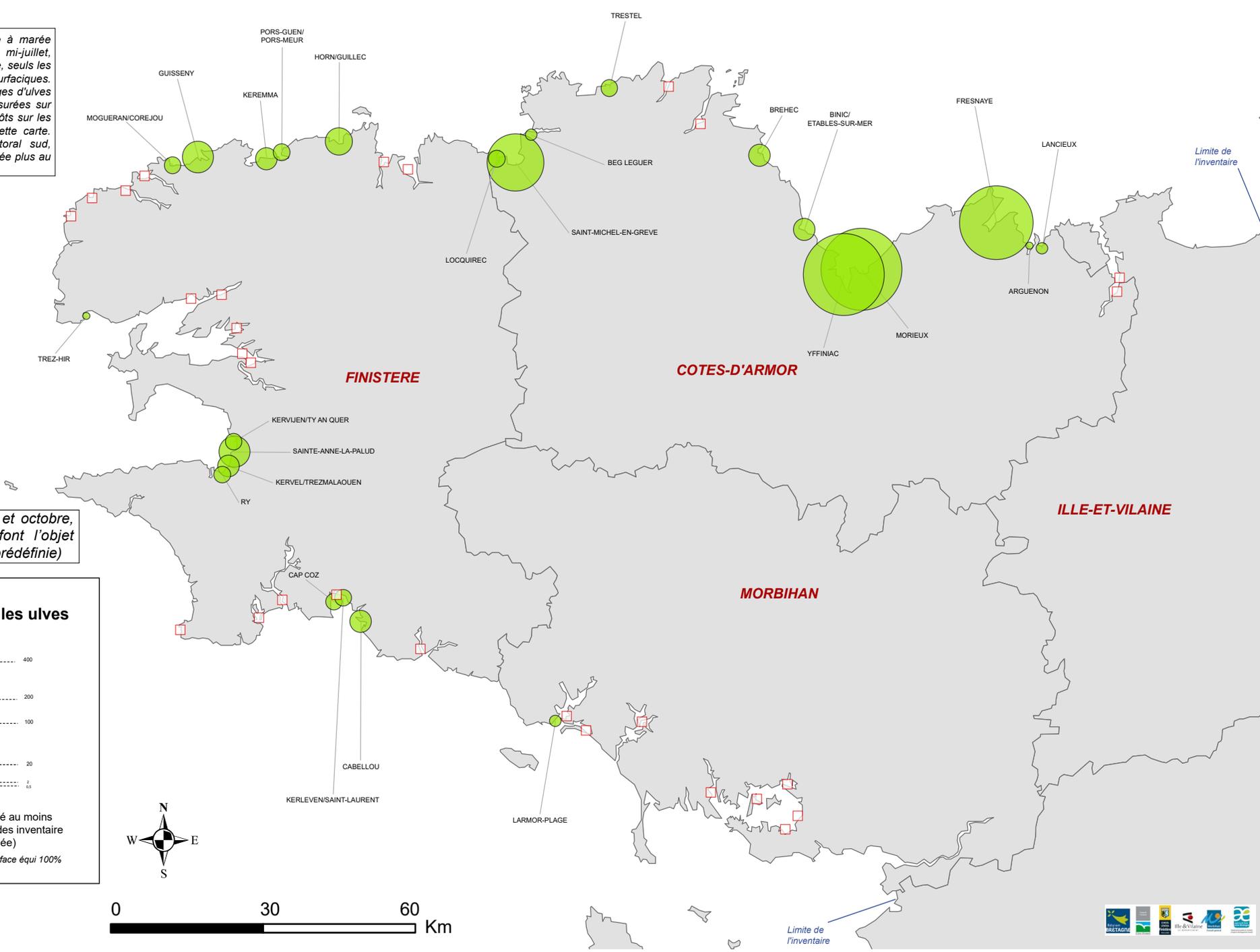
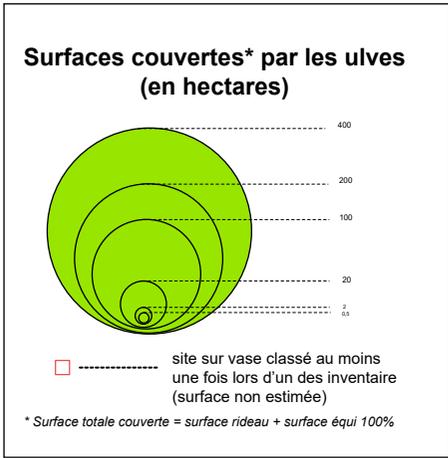
L'ensemble du linéaire côtier est survolé à marée basse de fort coefficient à la mi-mai, mi-juillet, mi-septembre. En avril, juin, août et octobre, seuls les sites principaux font l'objet d'estimations surfaciques. Pour tous les sites présentant des échouages d'ulves sur sable, les surfaces de dépôt 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 2016

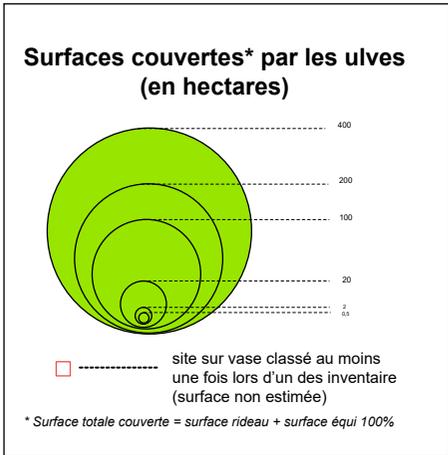
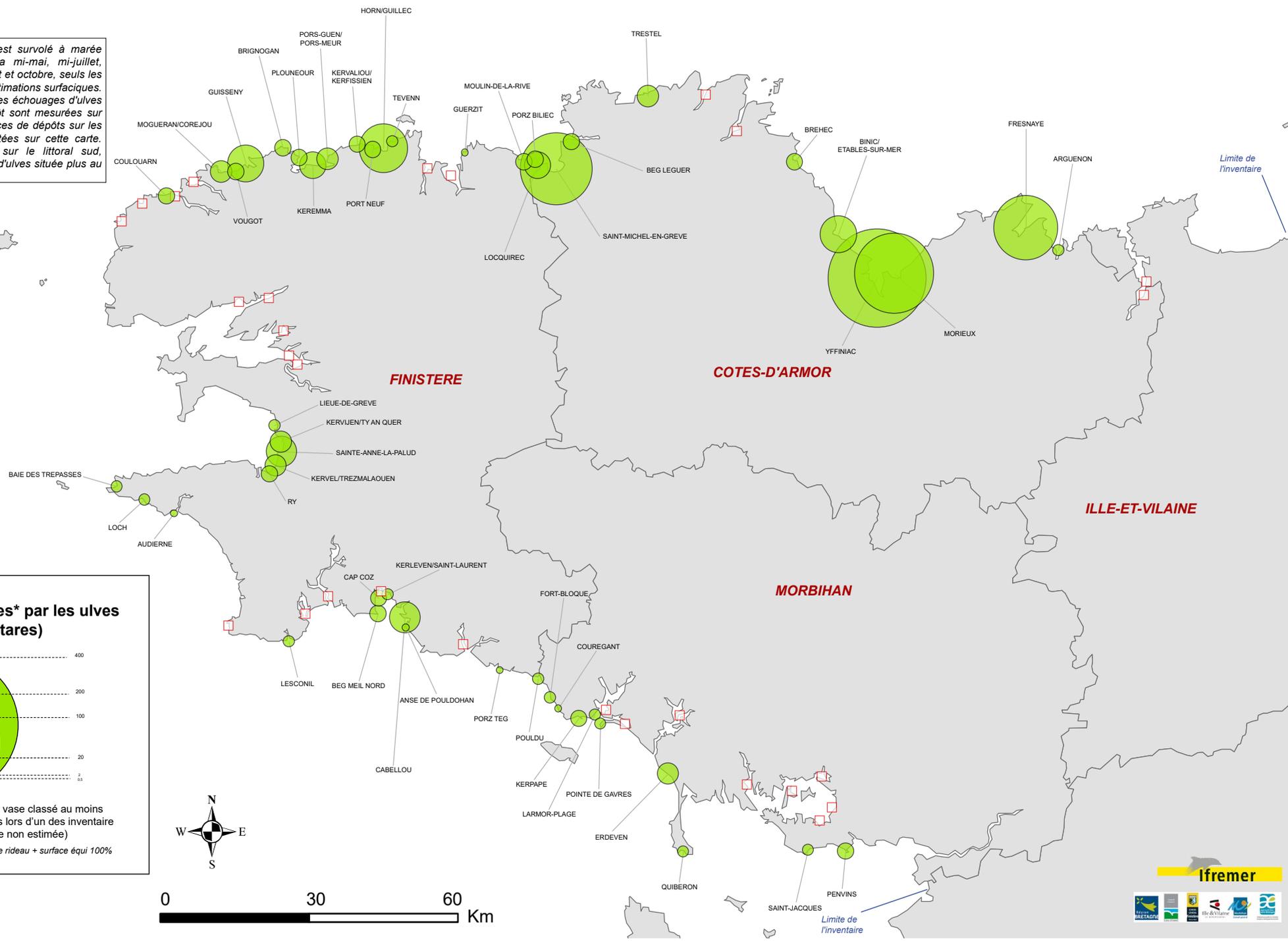
L'ensemble du linéaire côtier est survolé à marée basse de fort coefficient à la mi-mai, mi-juillet, mi-septembre. En avril, juin, août et octobre, seuls les sites principaux font l'objet d'estimations surfaciques. Pour tous les sites présentant des échouages d'ulves sur sable, les surfaces de dépôt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

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



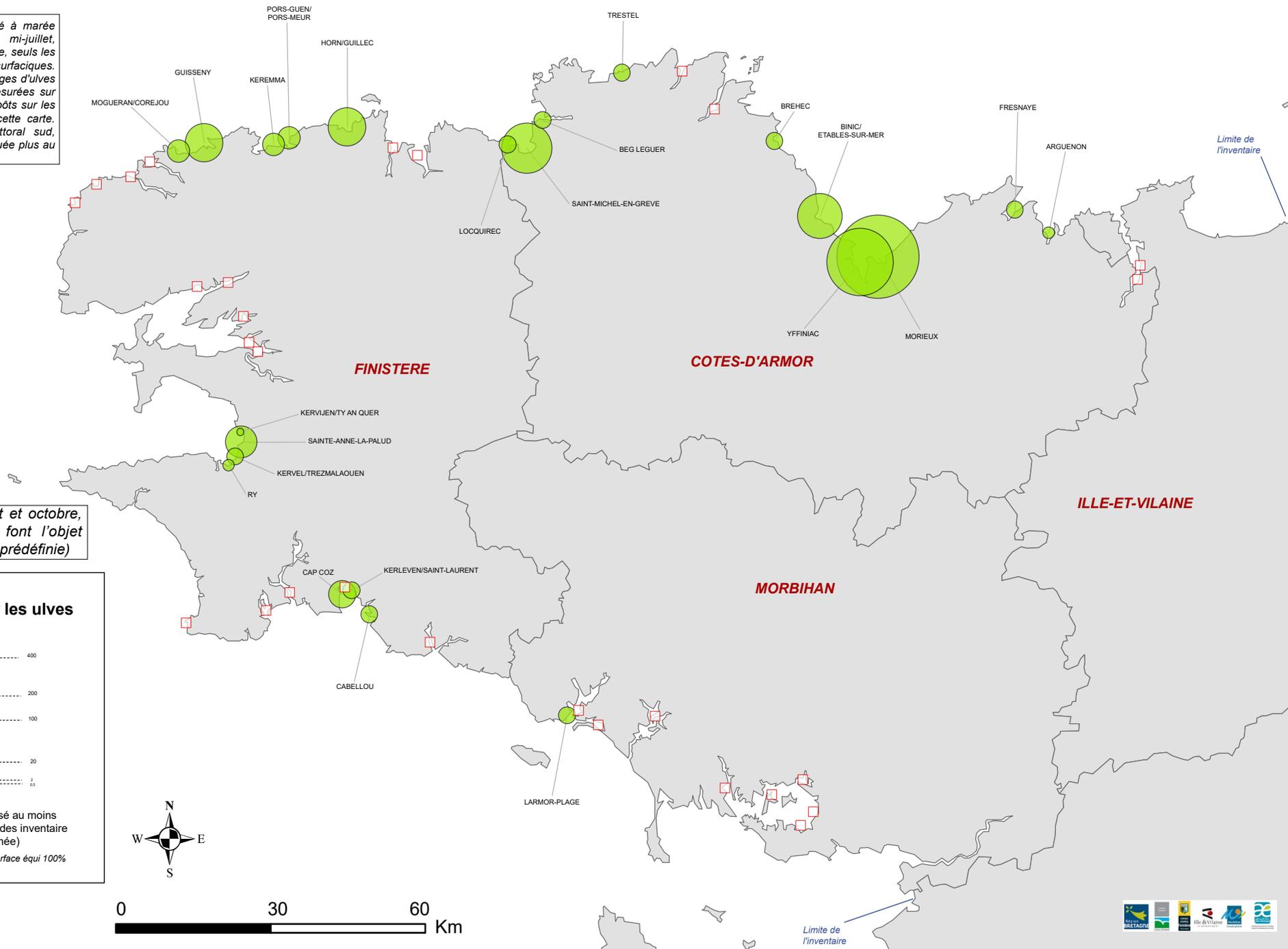
Surfaces couvertes par les ulves juillet 2016

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 2016

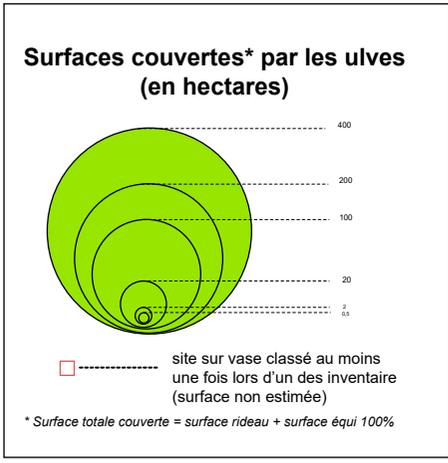
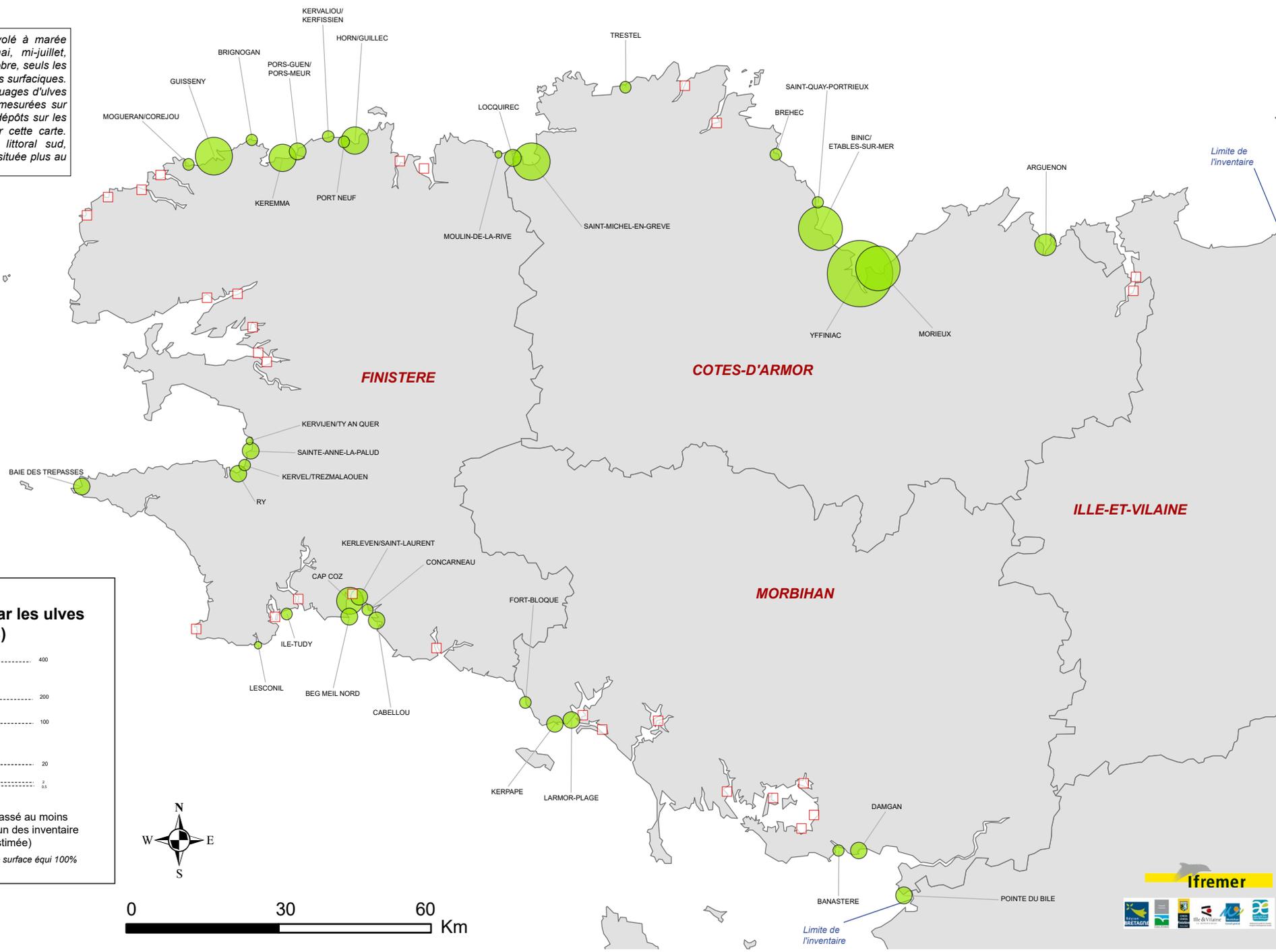
L'ensemble du linéaire côtier est survolé à marée basse de fort coefficient à la mi-mai, mi-juillet, mi-septembre. En avril, juin, août et octobre, seuls les sites principaux font l'objet d'estimations surfaciques. Pour tous les sites présentant des échouages d'ulves sur sable, les surfaces de dépôt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

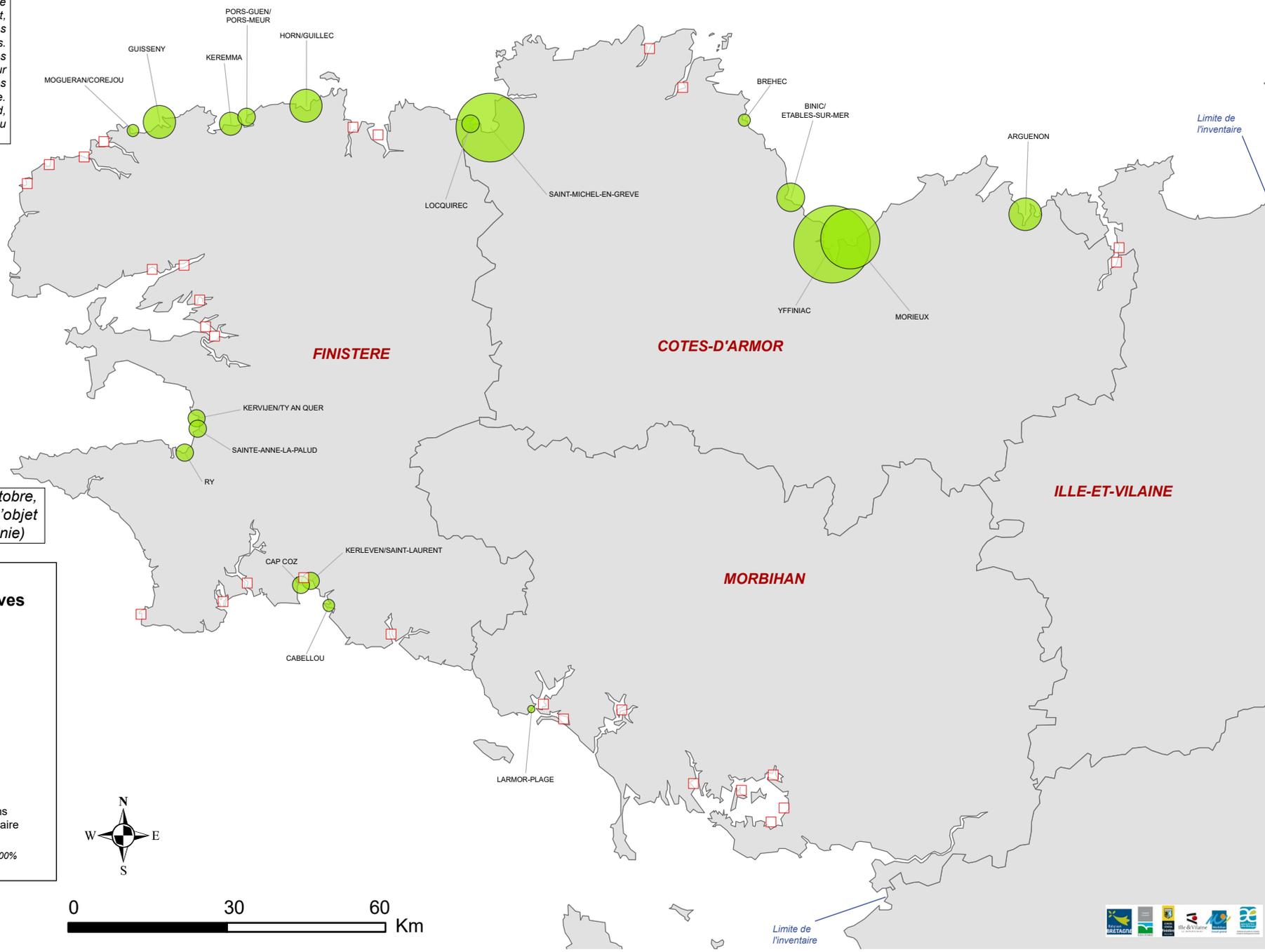
Surfaces couvertes par les ulves septembre 2016

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.



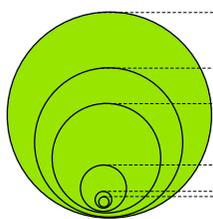
Surfaces couvertes par les ulves octobre 2016

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.



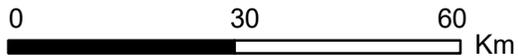
A noter : en avril, juin, août et octobre, seuls les sites principaux font l'objet d'évaluation surfacique (liste prédéfinie)

Surfaces couvertes* par les ulves (en hectares)



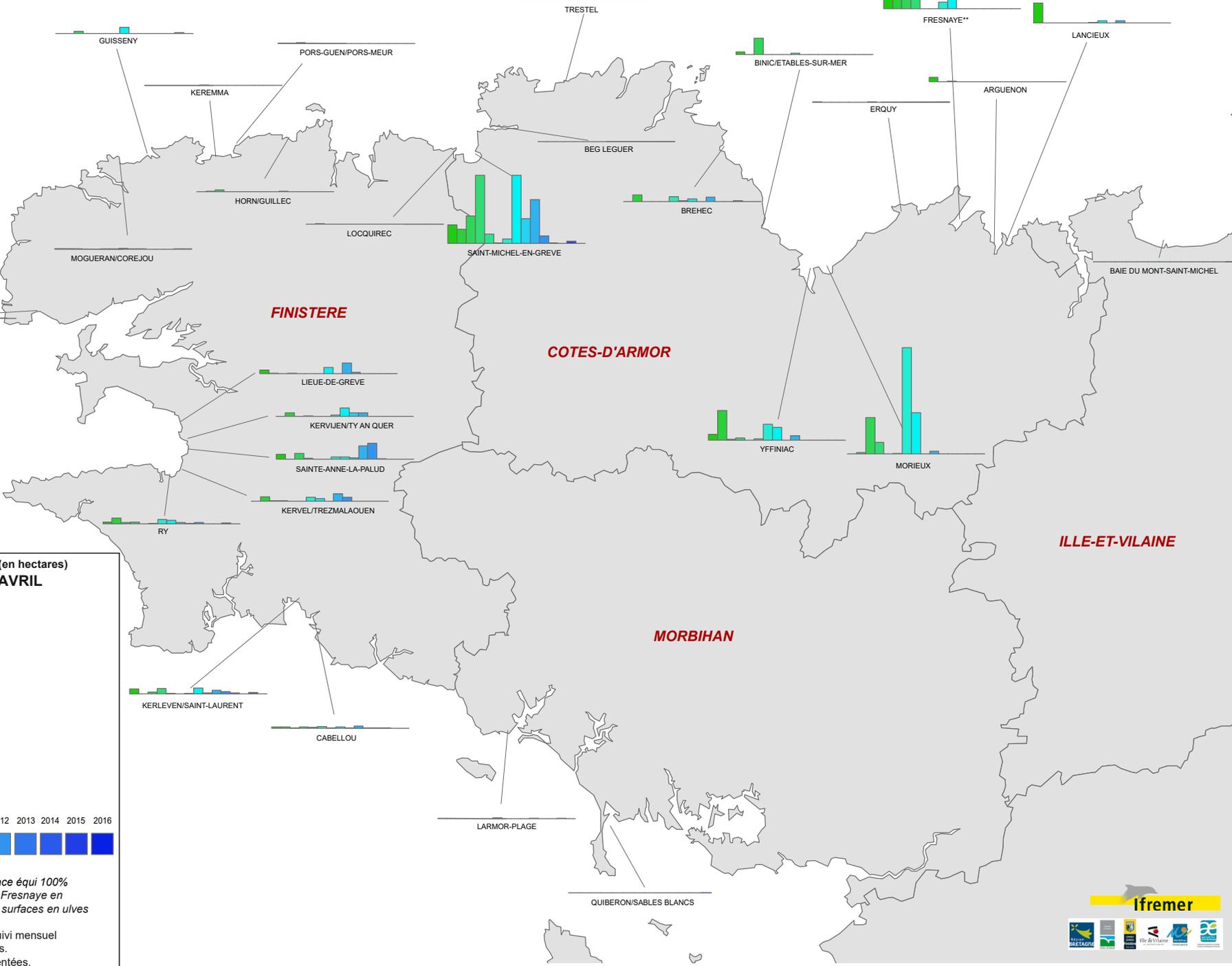
□ site sur vase classé au moins une fois lors d'un des inventaire (surface non estimée)

* Surface totale couverte = surface rideau + surface équie 100%

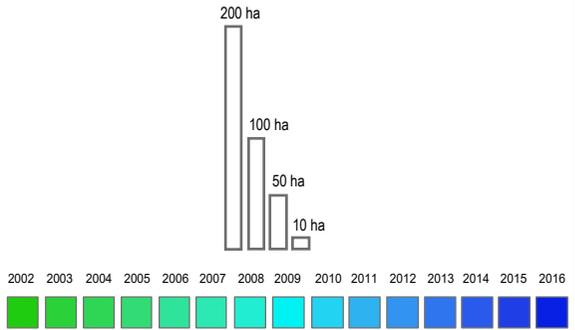


Variation des échouages d'ulves sur les principaux sites entre 2002 et 2016 (situation d'avril)

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 2016 :



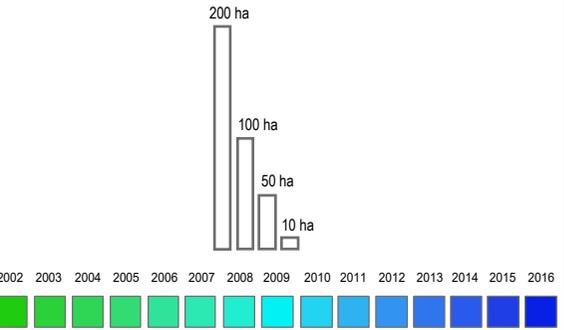
* surface totale couverte = surface rideau + surface équi 100%
 ** dépôts d'Ulvaria ("ulvoïde") sur la baie de la Fresnaye en 2007, 2008, 2009, 2015 et 2016 intégrés ici comme surfaces en ulves

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 2016 (situation de mai)

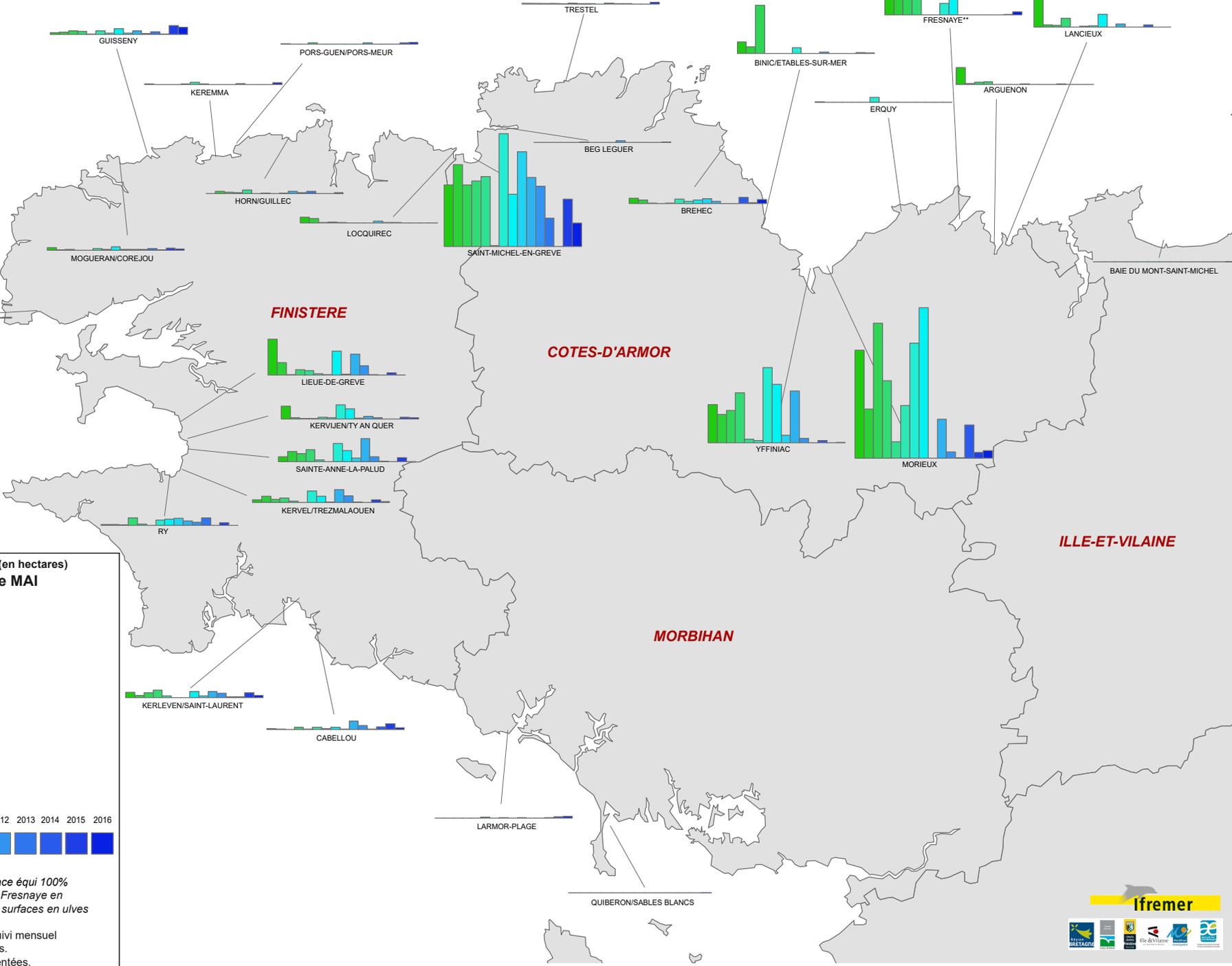
Les sites principaux sont survolés à marée basse de fort coefficient mensuellement d'avril à octobre. Pour tous les sites présentant des échouages d'ulves sur sable, les surfaces de dépôt sont mesurées sur les photos aériennes. Les surfaces de dépôts sur les vasières ne sont pas représentées ici. Certains 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 2016 :

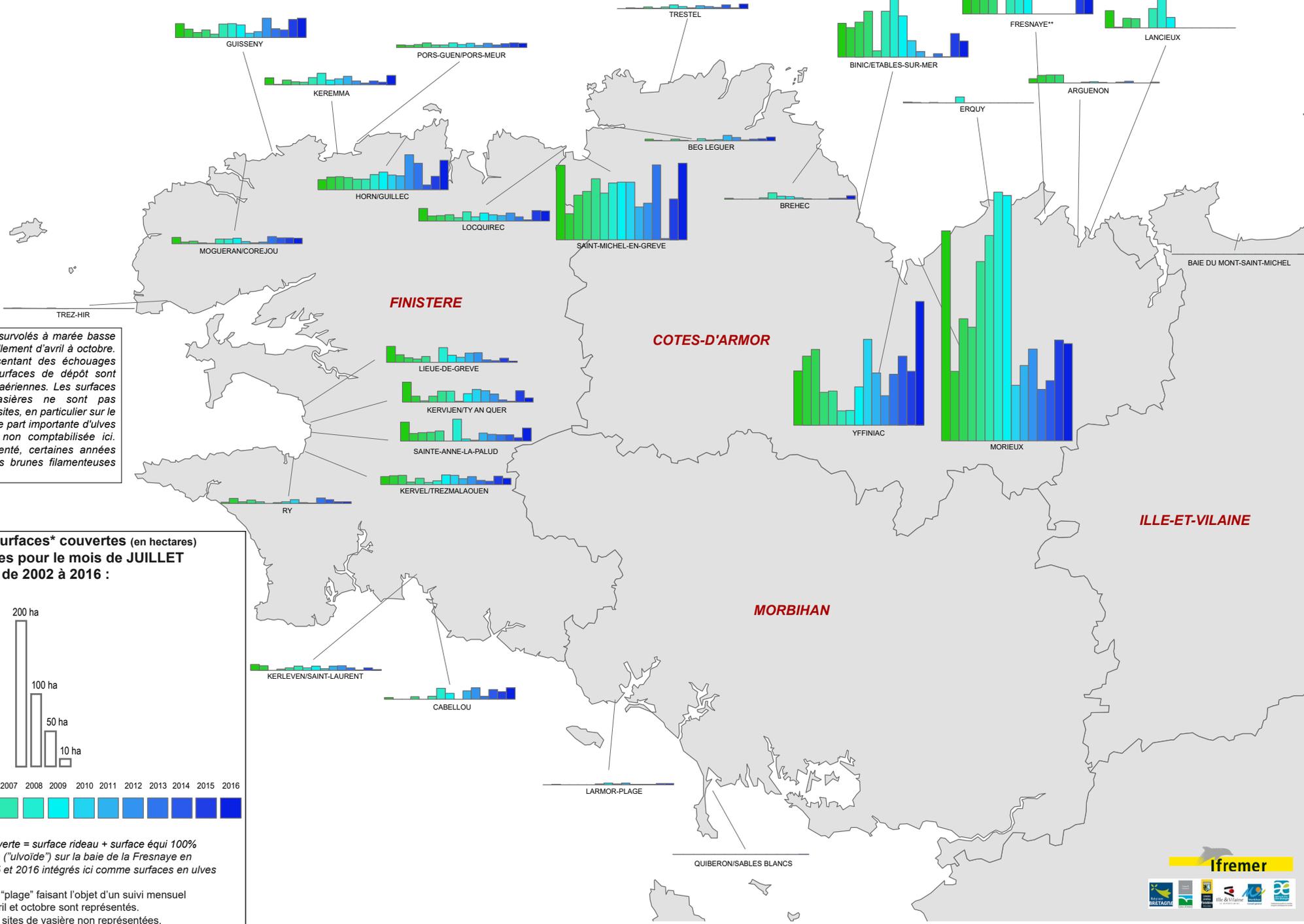


* surface totale couverte = surface riveau + surface équi 100%
 ** dépôts d'Ulvaria ("ulvoïde") sur la baie de la Fresnaye en 2007, 2008, 2009, 2015 et 2016 intégrés ici comme surfaces en ulves

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.

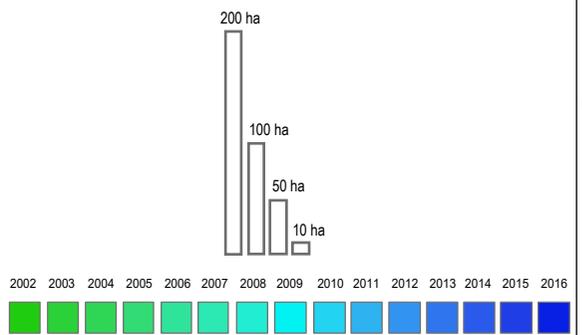


Variation des échouages d'ulves sur les principaux sites entre 2002 et 2016 (situation de juillet)



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.

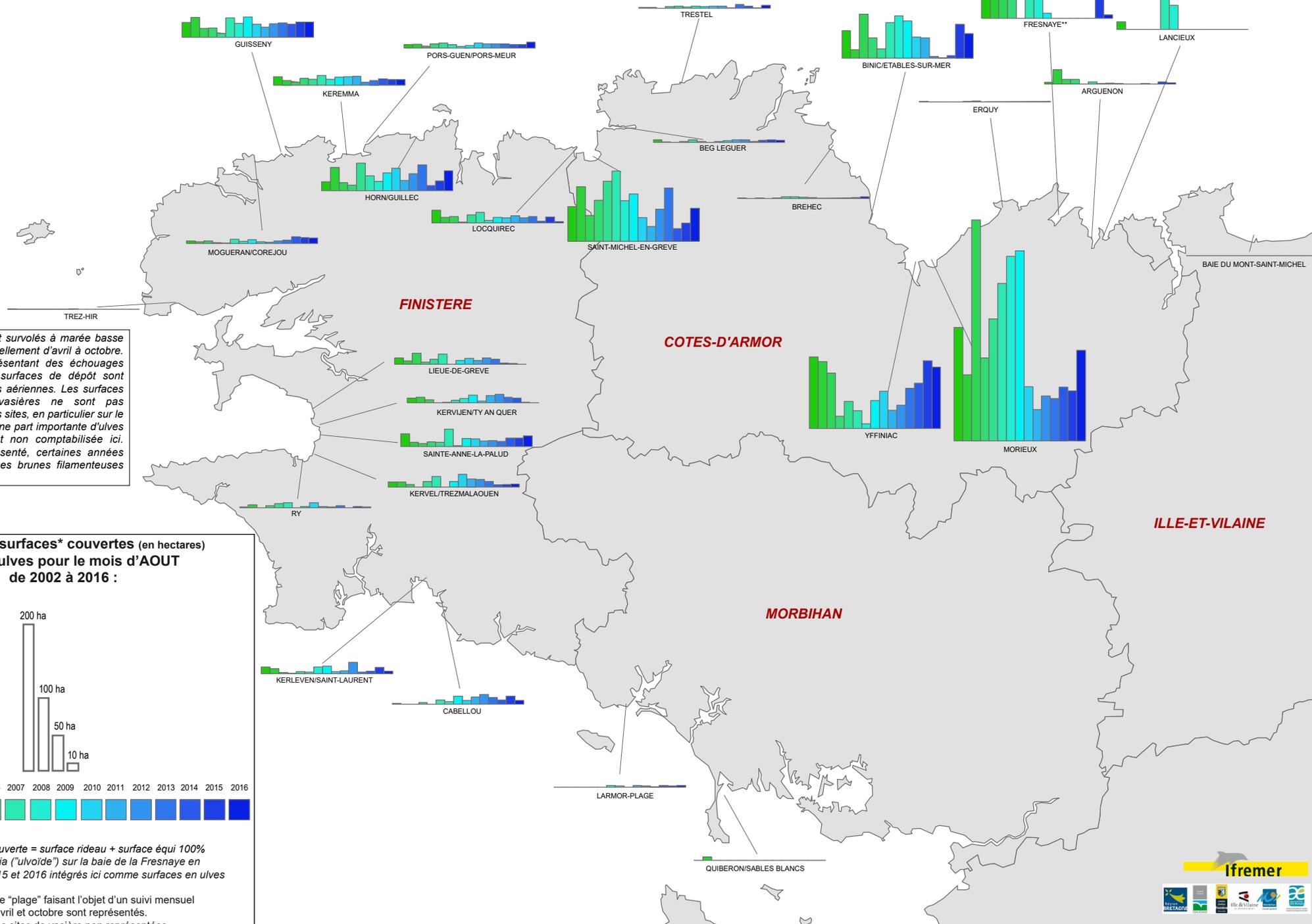
Somme des surfaces* couvertes (en hectares) par les ulves pour le mois de JUILLET de 2002 à 2016 :



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

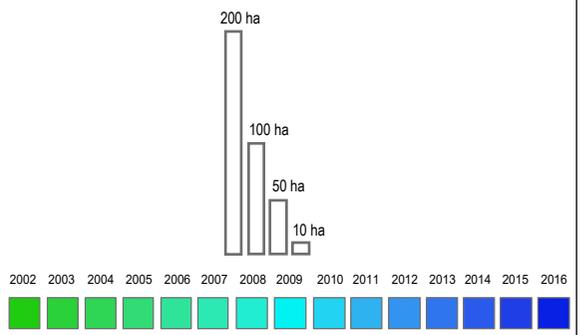
Seuls les sites de "plage" faisant l'objet d'un suivi mensuel entre avril et octobre sont représentés. Surfaces des sites de vaseière non représentées.

Variation des échouages d'ulves sur les principaux sites entre 2002 et 2016 (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 2016 :



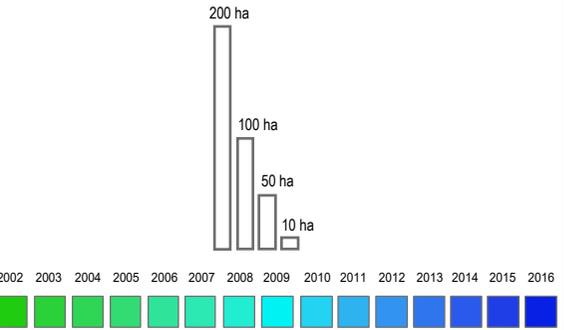
* surface totale couverte = surface rideau + surface équi 100%
 ** dépôts d'Ulvaria ("ulvoïde") sur la baie de la Fresnaye en 2007, 2008, 2009, 2015 et 2016 intégrés ici comme surfaces en ulves

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 2016 (situation de septembre)

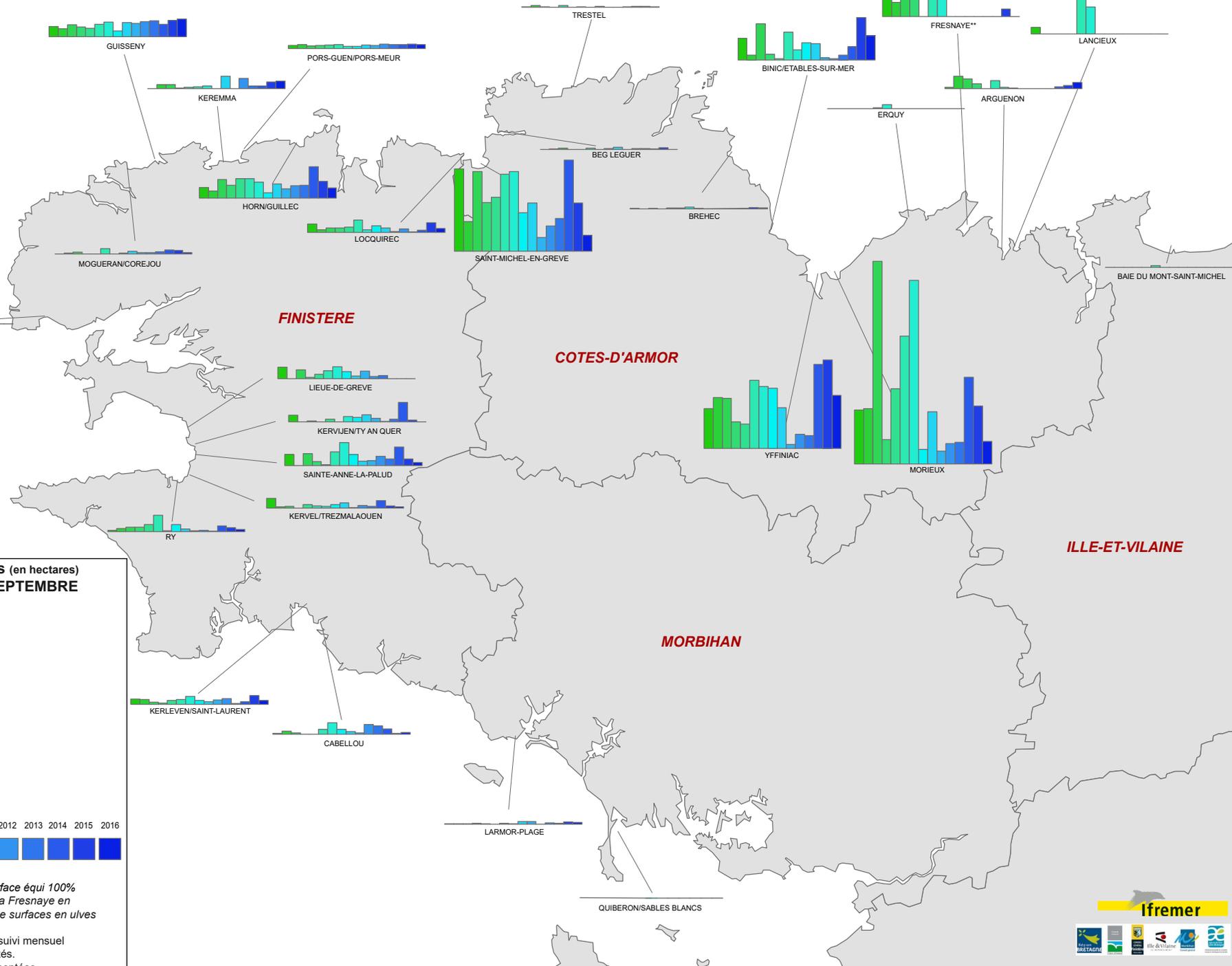
Les sites principaux sont survolés à marée basse de fort coefficient mensuellement d'avril à octobre. Pour tous les sites présentant des échouages d'ulves sur sable, les surfaces de dépôt sont mesurées sur les photos aériennes. Les surfaces de dépôts sur les vasières ne sont pas représentées ici. Certains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

Somme des surfaces* couvertes (en hectares) par les ulves pour le mois de SEPTEMBRE de 2002 à 2016 :



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



ILLE-ET-VILAINE

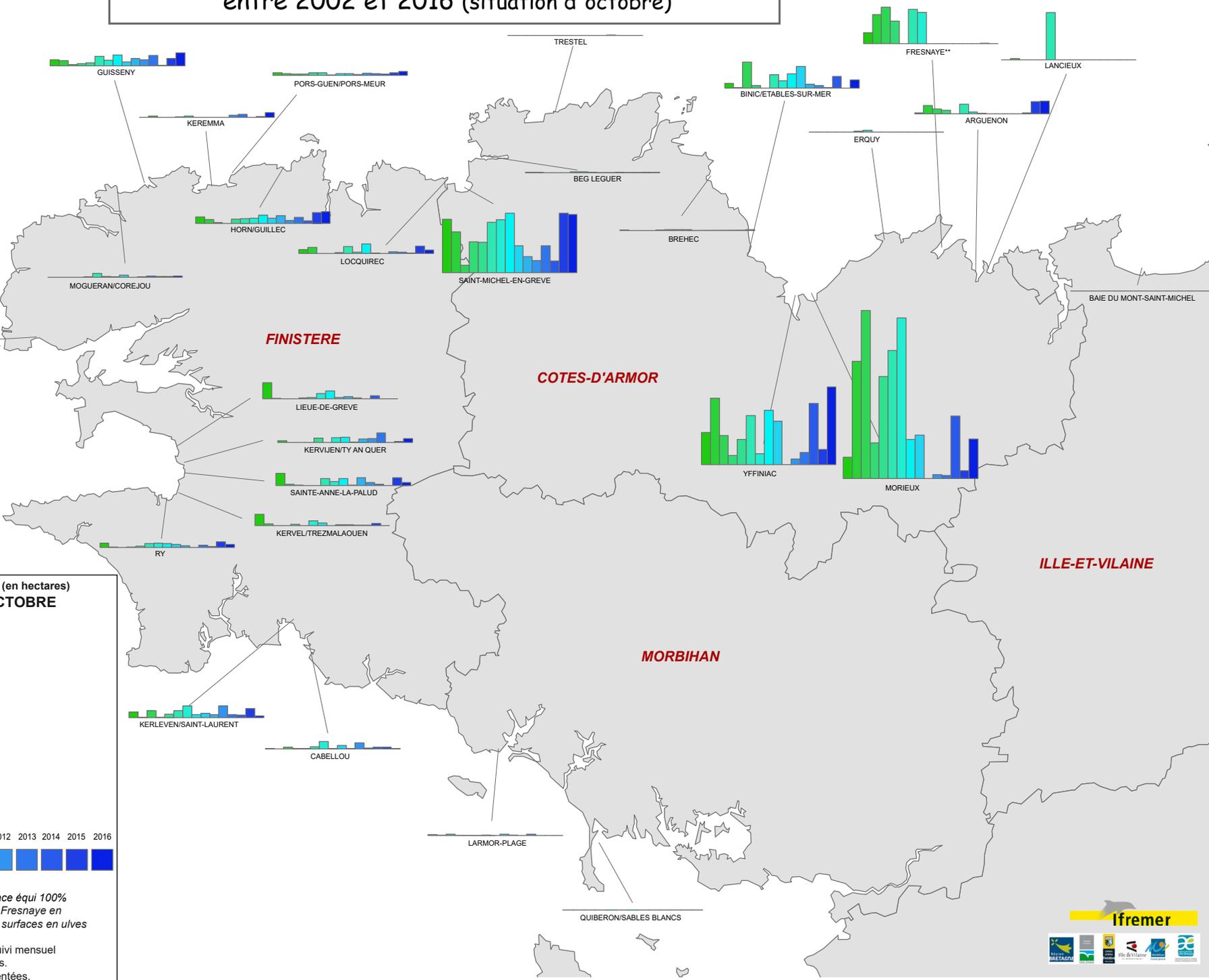
MORBIHAN

COTES-D'ARMOR

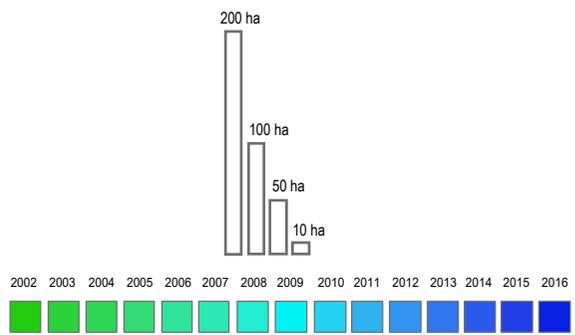
FINISTERE

Variation des échouages d'ulves sur les principaux sites entre 2002 et 2016 (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.



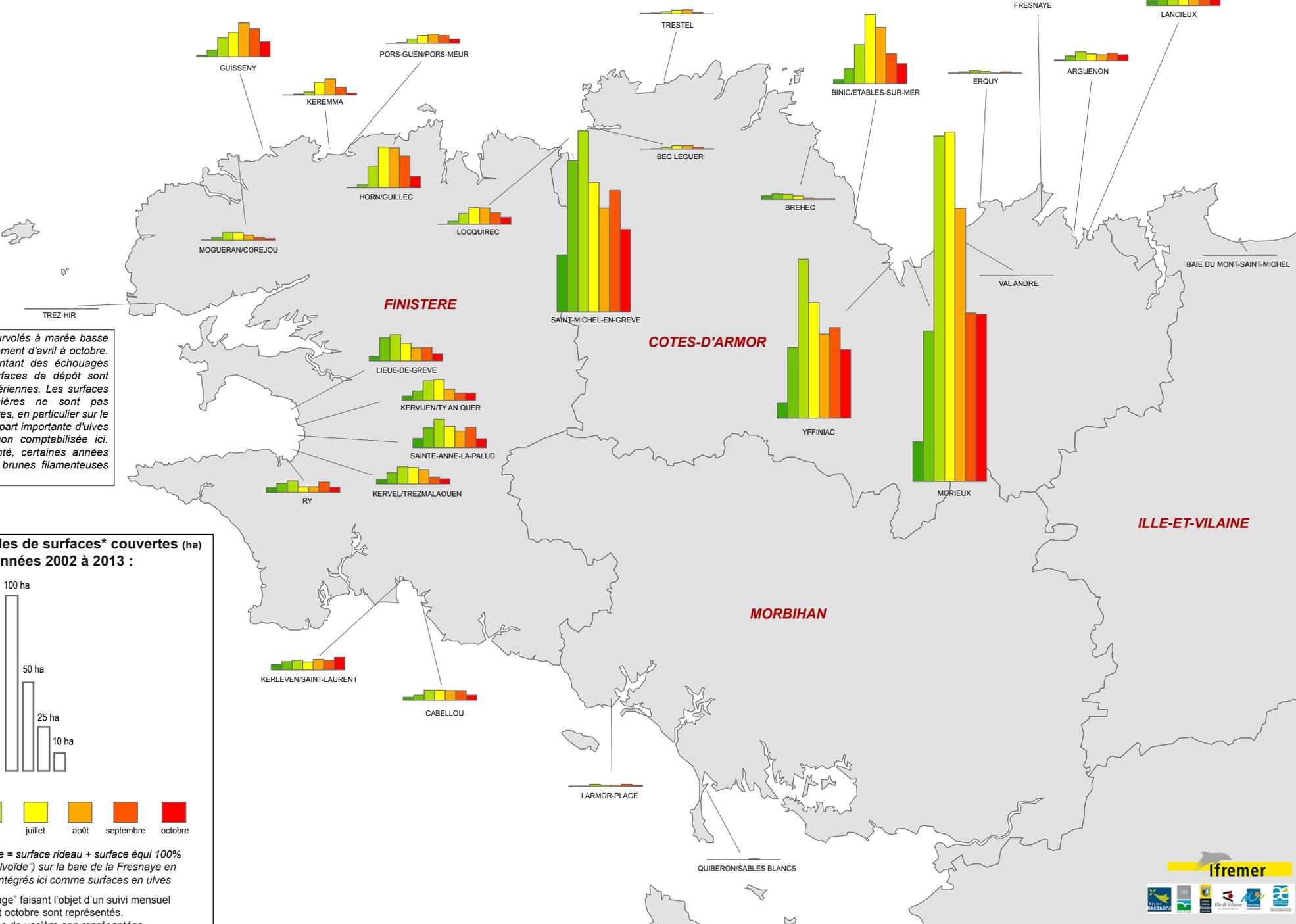
Somme des surfaces* couvertes (en hectares) par les ulves pour le mois d'OCTOBRE de 2002 à 2016 :



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

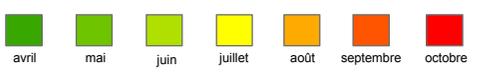
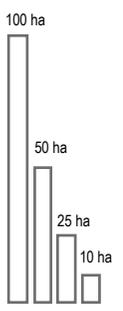
Seuls les sites de "plage" faisant l'objet d'un suivi mensuel entre avril et octobre sont représentés. Surfaces des sites de vase non représentées.

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



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

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



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

ILLE-ET-VILAINE

MORBIHAN

COTES-D'ARMOR

FINISTERE

ANNEXE 6

FICHES DE SYNTHÈSE POUR LES PRINCIPAUX SITES POUR 2016

Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2016 sur le site BAIE DU MONT SAINT MICHEL

20/04/2016



23/05/2016



24/06/2016



19/07/2016



22/08/2016



16/09/2016 : *Algues rouges diverses*



14/10/2016



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2016 sur le site TROCTIN

20/04/2016



23/05/2016



24/06/2016



19/07/2016



22/08/2016



16/09/2016



14/10/2016



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2016 sur le site SAINT JOUAN DES GUERETS

20/04/2016



23/05/2016



24/06/2016



19/07/2016



22/08/2016



16/09/2016



14/10/2016



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2016 sur le site LANCIEUX

20/04/2016 : 99% *pylaiella*



23/05/2016 : 50% de *Pylaiella*, 15% d'*ulves*



24/06/2016 : 60% de *Pylaiella*, présence de *cladophora*



19/07/2016 : *Ectocarpus*



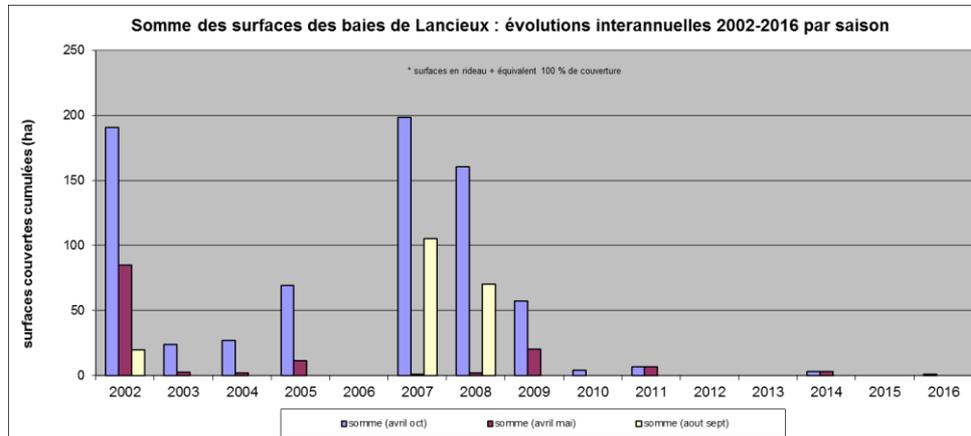
22/08/2016



16/09/2016 : *Ectocarpus*



14/10/2016 : *Ectocarpales*



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2016 sur le site ARGUENON

20/04/2016



23/05/2016



24/06/2016



19/07/2016



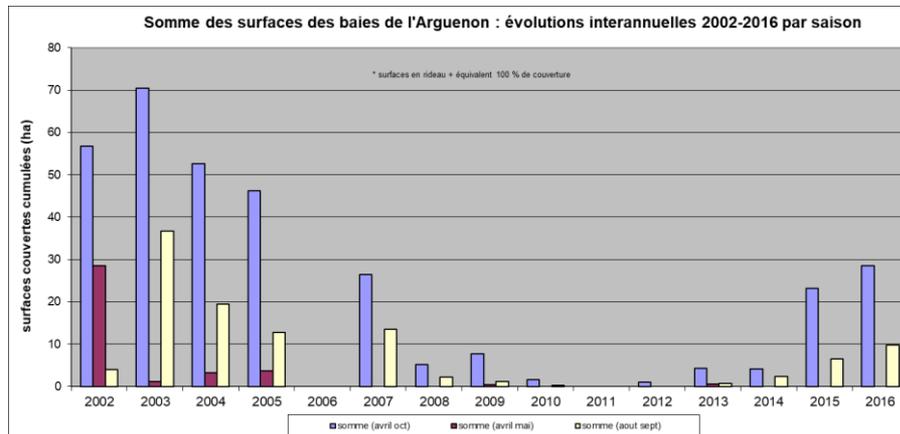
22/08/2016 : Majorité d'entéromorphes



16/09/2016



14/10/2016



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2016 sur le site **FRESNAYE**

20/04/2016 : 90% *Pylaiella* et 5% *Ulvaria*



23/05/2016 : Majorité d'*Ulvaria*



24/06/2016 : Majorité d'*Ulvaria*



19/07/2016 : Majorité d'*Ulvaria*, 30% *Pylaiella*



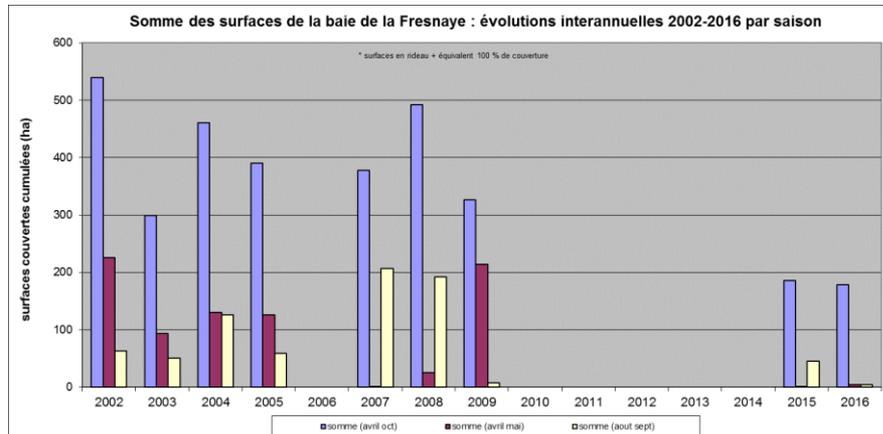
22/08/2016 : Majorité de *Pylaiella*



16/09/2016 : *Ectocarpales*



14/10/2016 : *Ectocarpales* et un peu de *polysiphonia*



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2016 sur le site ERQUY

20/04/2016



23/05/2016



24/06/2016



19/07/2016



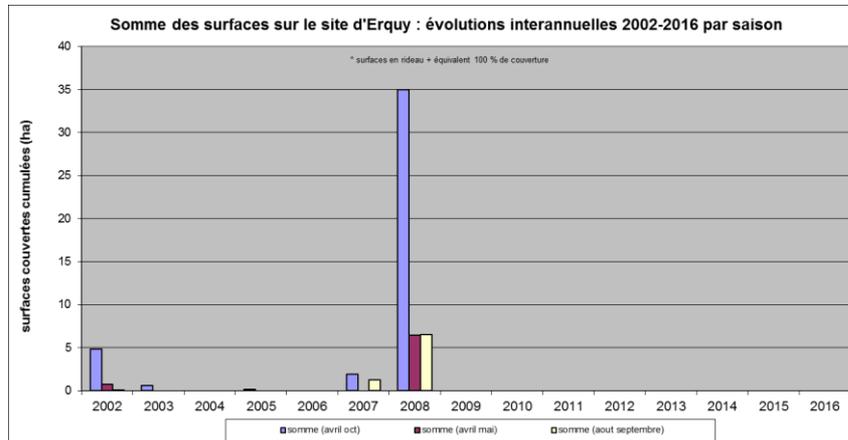
22/08/2016



16/09/2016



14/10/2016



20/04/2016



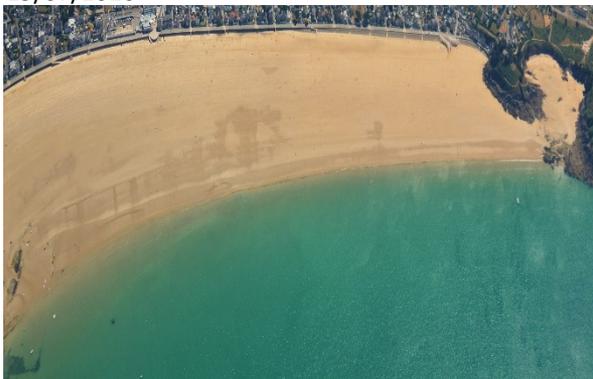
23/05/2016



24/06/2016



19/07/2016



22/08/2016



16/09/2016



14/10/2016



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2016 sur le site MORIEUX

20/04/2016



23/05/2016



24/06/2016



19/07/2016



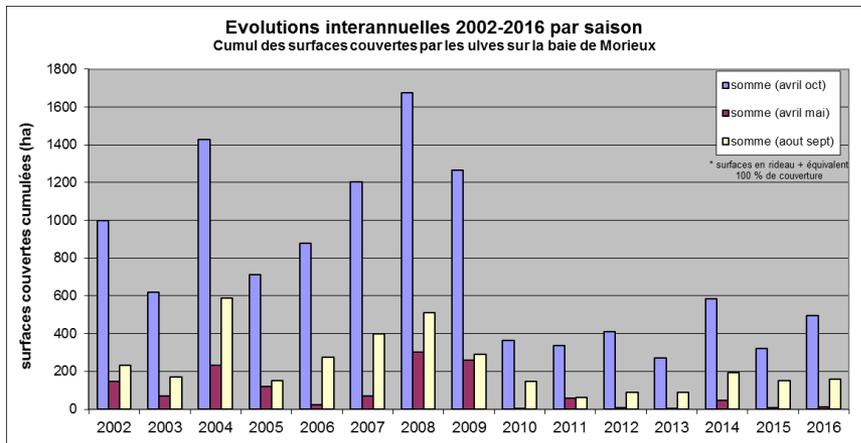
22/08/2016 : Présence de *Polysiphonia*



16/09/2016



14/10/2016



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2016 sur le site YFFINIAC

20/04/2016



23/05/2016



24/06/2016



19/07/2016



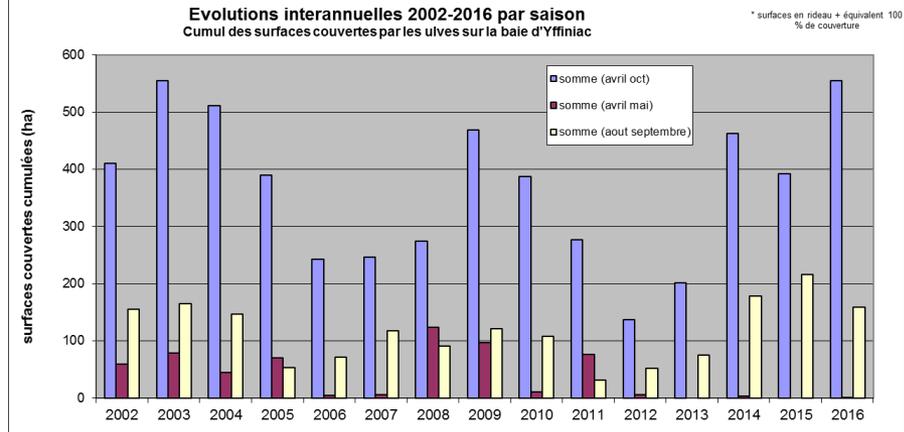
22/08/2016



16/09/2016 : Présence de Polysiphonia



14/10/2016



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2016 sur le site BINIC

20/04/2016 : 75% d'algues rouges, 15% d'ulves



23/05/2016 : 75% d'algues rouges, 25% d'ulves



24/06/2016 : 15% Pylaiella, majorité Cladophora



19/07/2016 : Ulves et Pylaiella



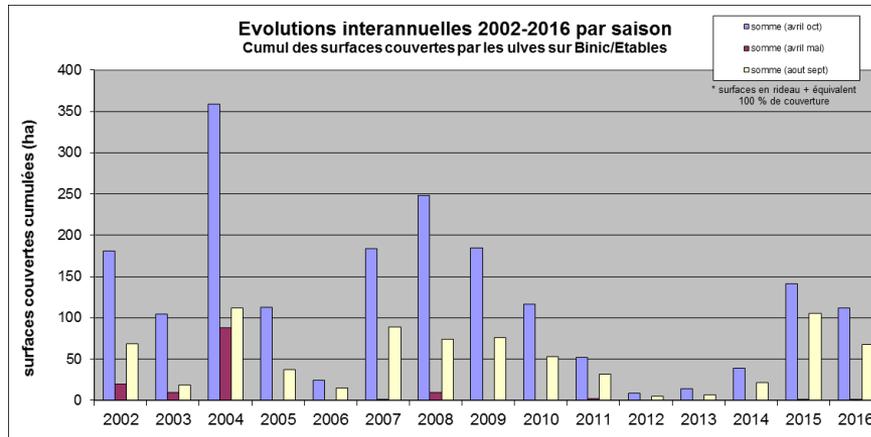
22/08/2016



16/09/2016



14/10/2016



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2016 sur le site BREHEC

20/04/2016



23/05/2016



24/06/2016



19/07/2016



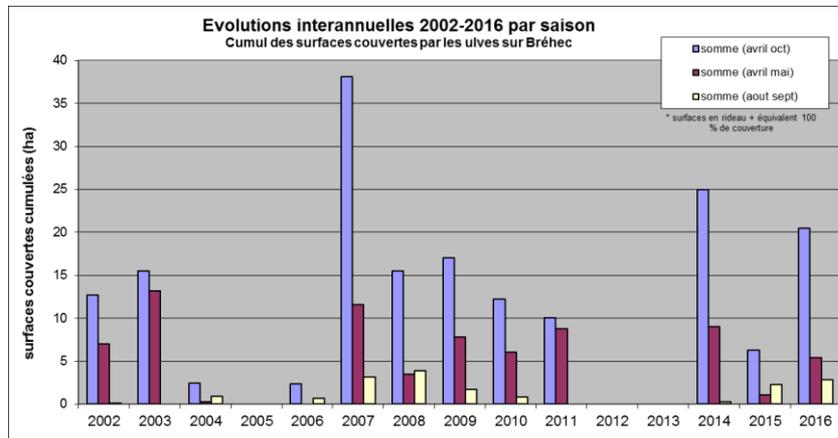
22/08/2016



16/09/2016



14/10/2016



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2016 sur le site LEDANO

20/04/2016



23/05/2016



24/06/2016



19/07/2016



22/08/2016



16/09/2016



14/10/2016



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2016 sur le site TRESTEL

20/04/2016



23/05/2016



24/06/2016



19/07/2016



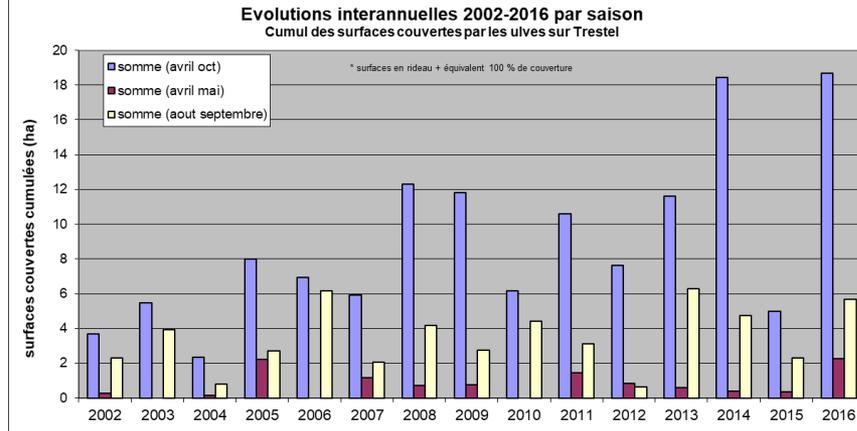
22/08/2016



16/09/2016



14/10/2016



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2016 sur le site **BEG LEGUER**

20/04/2016



23/05/2016



24/06/2016



19/07/2016



22/08/2016



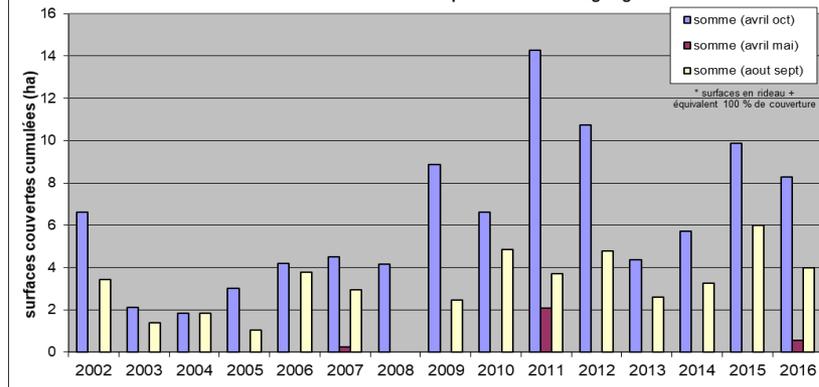
16/09/2016



14/10/2016



Evolutions interannuelles 2002-2016 par saison
Cumul des surfaces couvertes par les ulves sur Beg Léguer



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2016 sur le site SAINT MICHEL EN GREVE

20/04/2016



23/05/2016



24/06/2016



19/07/2016



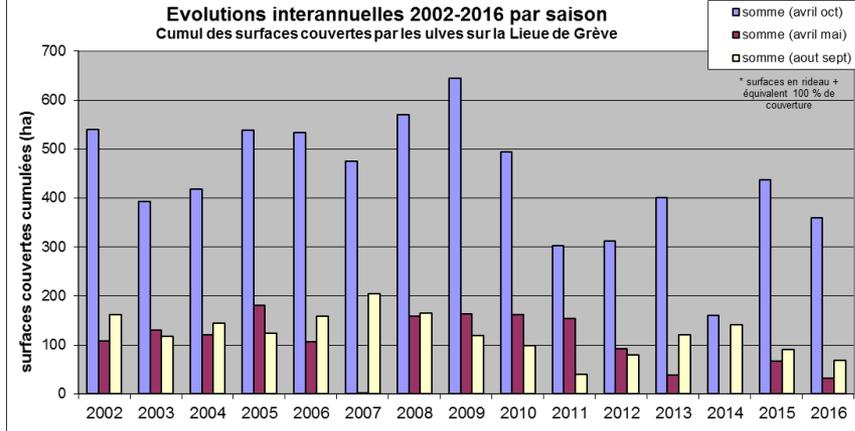
22/08/2016



16/09/2016



14/10/2016



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2016 sur le site **LOCQUIREC**

20/04/2016



23/05/2016



24/06/2016



19/07/2016



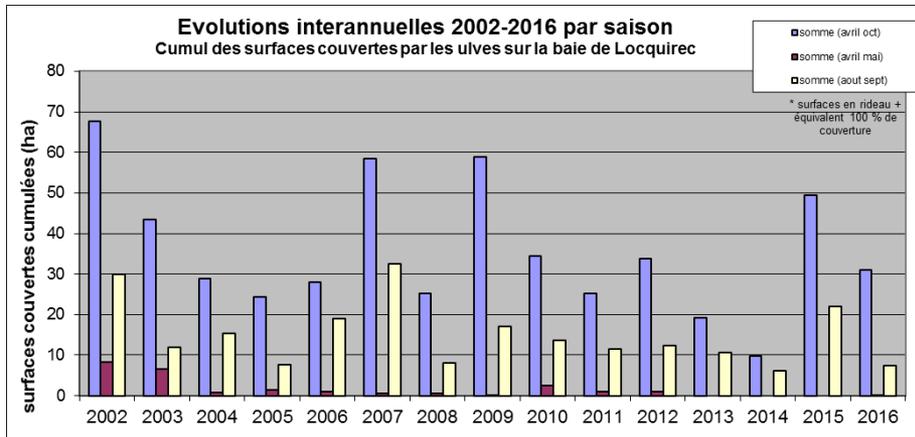
22/08/2016



16/09/2016



14/10/2016



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2016 sur le site HORN GUILLEC

20/04/2016



23/05/2016



24/06/2016



19/07/2016



22/08/2016



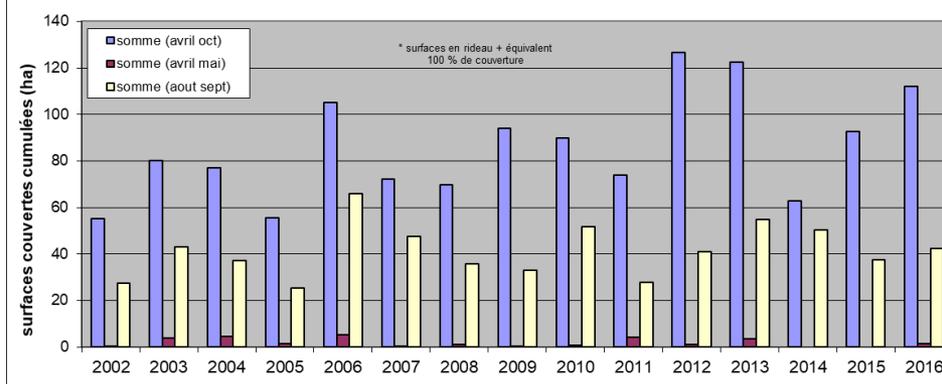
16/09/2016



14/10/2016



Evolution interannuelle 2002-2016 par saison
Cumul des surfaces couvertes par les ulves sur l'anse du Dossen ("Horn/Guillec")



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2016 sur le site PORS GUEN

20/04/2016



23/05/2016



24/06/2016



19/07/2016



22/08/2016



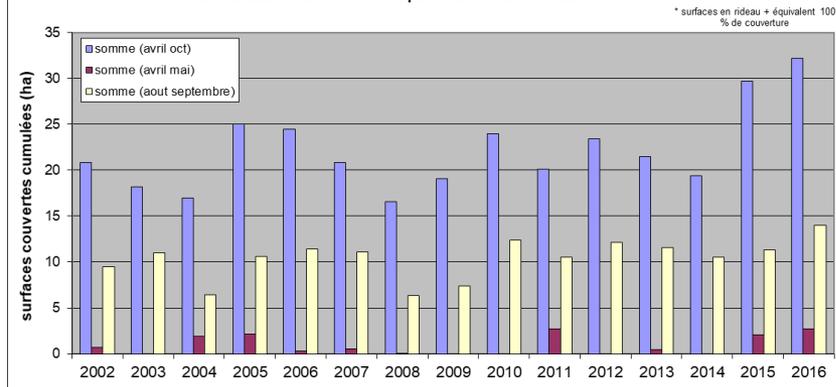
16/09/2016



14/10/2016



Evolutions interannuelles 2002-2016 par saison
Cumul des surfaces couvertes par les ulves sur Pors Guen



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2016 sur le site KEREMMA

20/04/2016



23/05/2016 : 40% d'ulves



24/06/2016



19/07/2016



22/08/2016



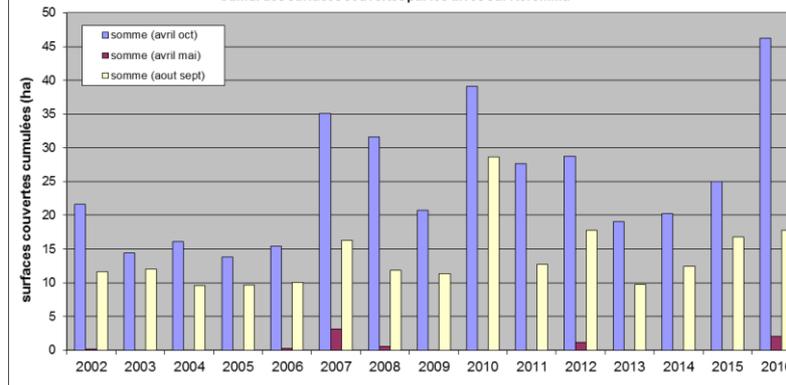
16/09/2016



14/10/2016



Evolution interannuelles 2002-2016 par saison
Cumul des surfaces couvertes par les ulves sur Keremma



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2016 sur le site **GUISSENY**

20/04/2016



23/05/2016



24/06/2016



19/07/2016



22/08/2016



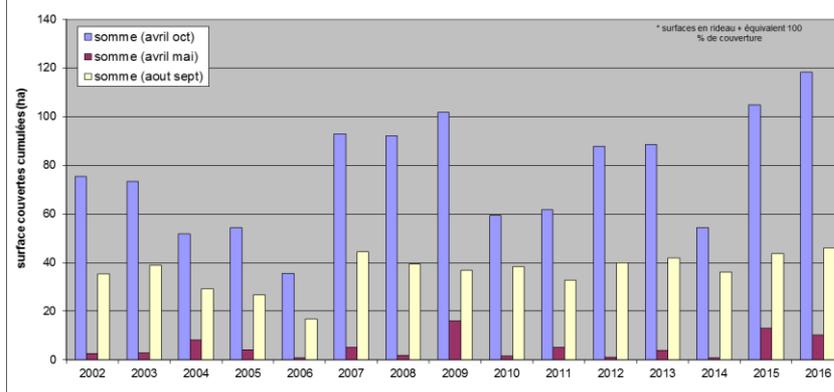
16/09/2016



14/10/2016



Analyse interannuelle 2002-2016 par saison
Cumul des surfaces couvertes par les ulves sur la baie de Guissey *



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2016 sur le site **MOGUERAN COREJOU**

20/04/2016



23/05/2016



24/06/2016



19/07/2016



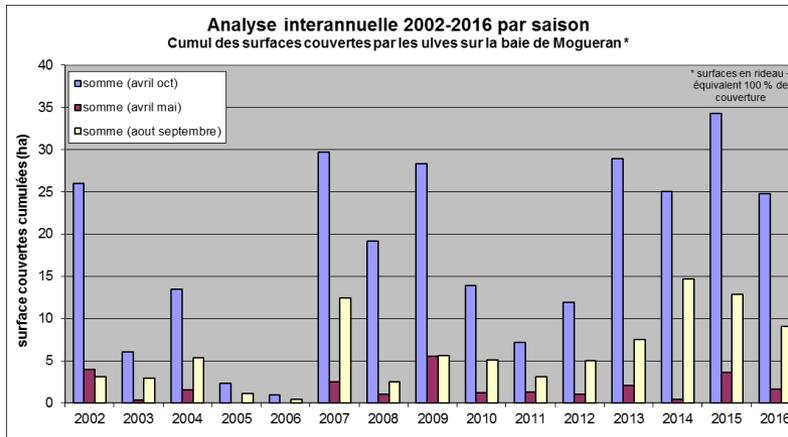
22/08/2016



16/09/2016



14/10/2016



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2016 sur le site PORTSALL

20/04/2016



23/05/2016



24/06/2016



19/07/2016



22/08/2016



16/09/2016



14/10/2016



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2016 sur le site TREZ HIR

20/04/2016 : 50-90% d'Ulves



23/05/2016 : 60% d'ulves



24/06/2016



19/07/2016 : Entéromorphes



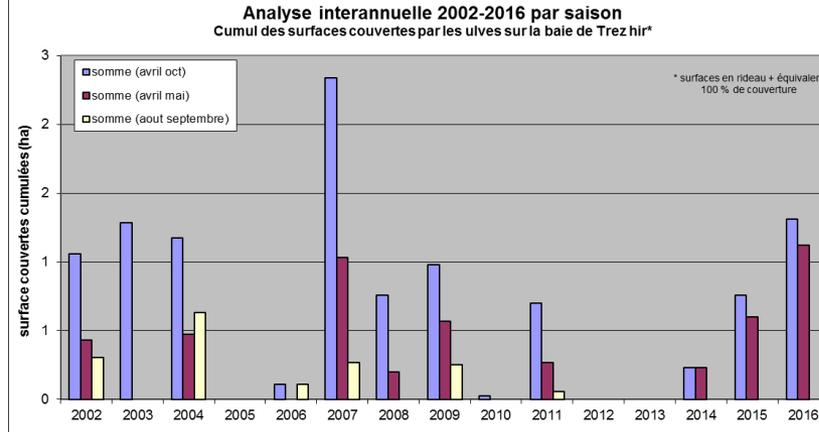
22/08/2016



16/09/2016



14/10/2016



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2016 sur le site MOULIN BLANC

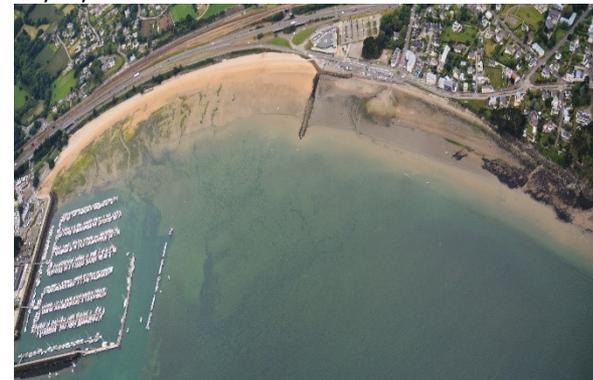
20/04/2016



23/05/2016



24/06/2016



19/07/2016 : Majorité d'entéromorphes



22/08/2016



16/09/2016



14/10/2016



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2016 sur le site LIEUE DE GREVE

20/04/2016



22/05/2016



24/06/2016 : Ectocarpales



21/07/2016 : Ectocarpales



22/08/2016 : Algues rouges et Ectocarpales



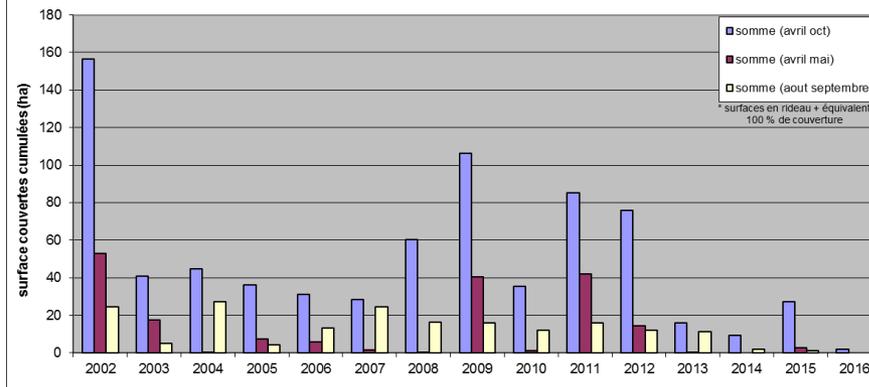
20/09/2016 : Ectocarpus



14/10/2016



Analyse interannuelle 2002-2016 par saison
Cumul des surfaces couvertes par les ulves sur La Lieue de Grève (baie de Douarnenez)*



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2016 sur le site KERVIJEN/TY AN QUER

20/04/2016



22/05/2016



24/06/2016



21/07/2016



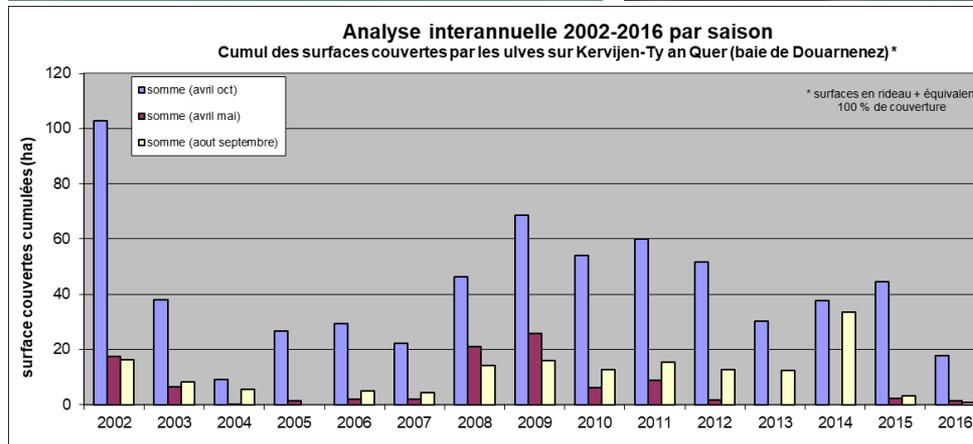
22/08/2016 : 70% d'Ectocarpales, 20% d'ulves



20/09/2016 : 60% d'ulves, 40% d'ectocarpus



14/10/2016



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2016 sur le site **SAINTE ANNE LA PALUD**

20/04/2016



22/05/2016



24/06/2016



21/07/2016



22/08/2016 : *Ectocarpales* en rideau



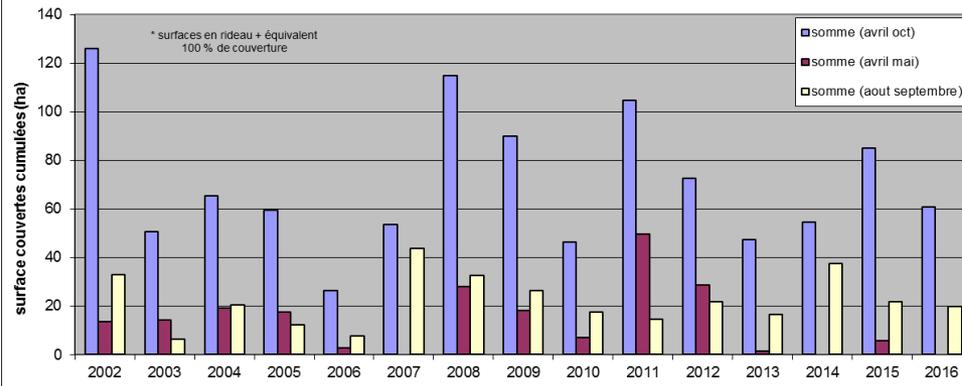
20/09/2016 : *Ectocarpales*



14/10/2016



Analyse interannuelle 2002-2016 par saison
Cumul des surfaces couvertes par les ulves sur Sainte Anne la Palud (baie de Douarnenez)*



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2016 sur le site **KERVEL-TREZMALAOUEN**

20/04/2016



22/05/2016



24/06/2016



21/07/2016



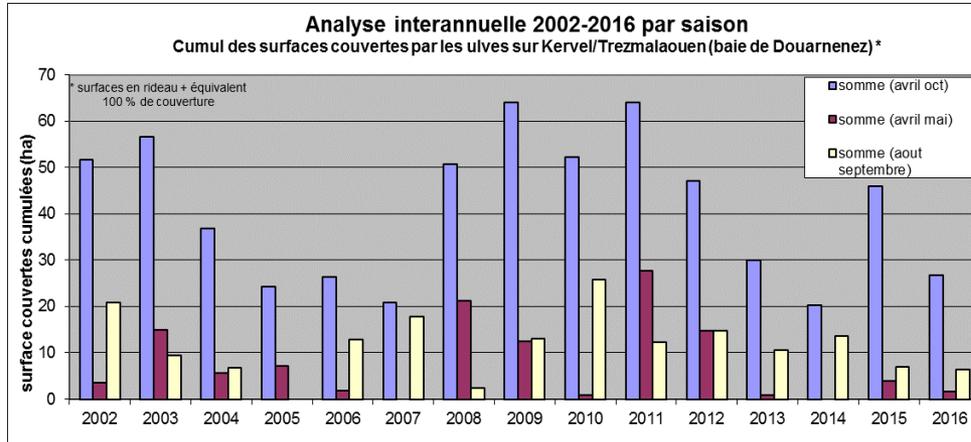
22/08/2016



20/09/2016



14/10/2016



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2016 sur le site RY

20/04/2016



22/05/2016



24/06/2016 : 25% d'ulves, 25% d'entéromorphes



21/07/2016



22/08/2016



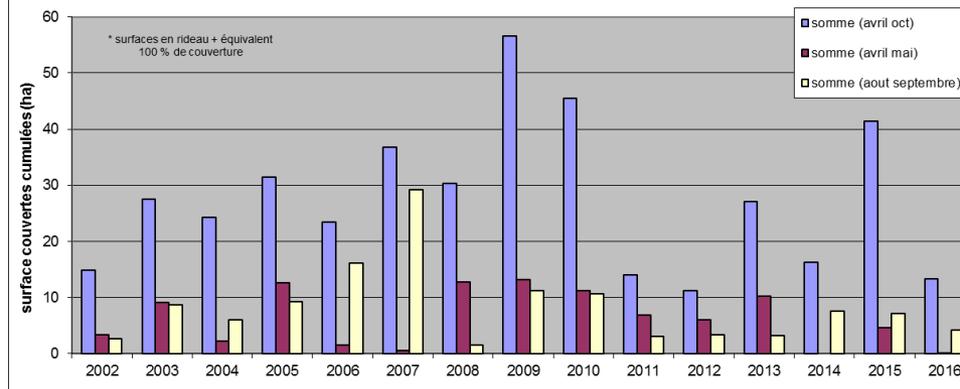
20/09/2016



14/10/2016



Analyse interannuelle 2002-2016 par saison
Cumul des surfaces couvertes par les ulves sur le Ry (baie de Douarnenez)*



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2016 sur le site CAP COZ

20/04/2016



22/05/2016 : 50% *Ulves*



24/06/2016 : 30% d'*ulves*, 20% d'entéromorphes, 30% *Ectocarpus* sp.



21/07/2016 : 80% d'AV dont 35% d'*ulves* et 65% d'entéromorphes

22/08/2016 : 85% d'*ulves*

20/09/2016 : >80% d'*ulves*

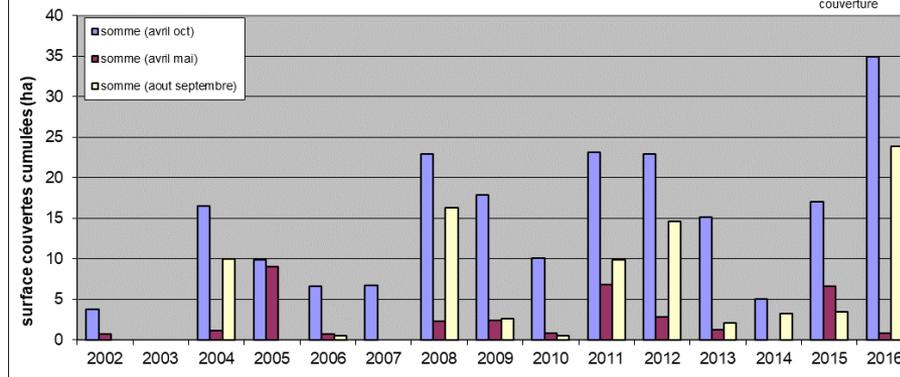


14/10/2016 : 85% d'*ulves*



Analyse interannuelle 2002-2016 par saison
Cumul des surfaces couvertes par les ulves sur Cap Coz*

* surfaces en rideau + équivalent 100 % de couverture



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2016 sur le site KERLEVEN SAINT LAURENT

20/04/2016 : 85% d'ulves



20/04/2016 :
80-90% d'algues rouges,
5-15% d'Ulves



22/05/2016



24/06/2016



21/07/2016



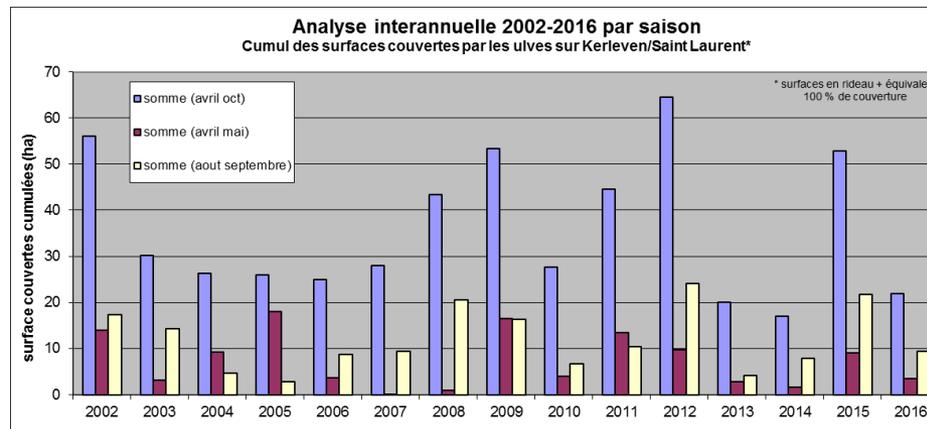
22/08/2016



20/09/2016



14/10/2016 : 60% de *Solieria chordalis*



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2016 sur le site CABELLOU

20/04/2016 : 70% d'Ulves



22/05/2016 : 80% d'ulves



24/06/2016



21/07/2016



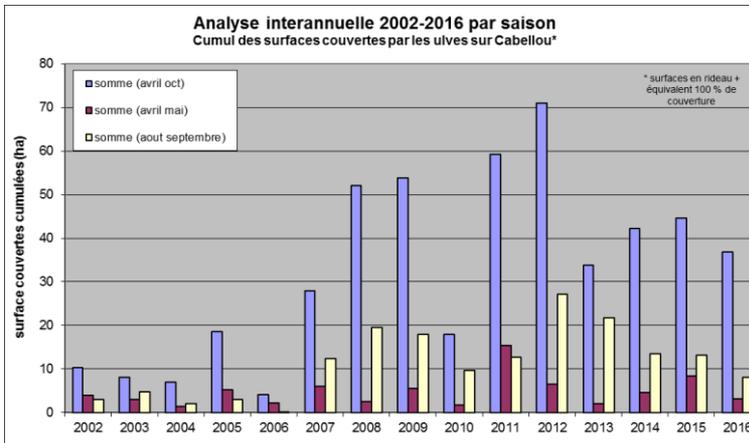
22/08/2016



20/09/2016



14/10/2016



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2016 sur le site LARMOR PLAGE

20/04/2016



22/05/2016



24/06/2016



21/07/2016



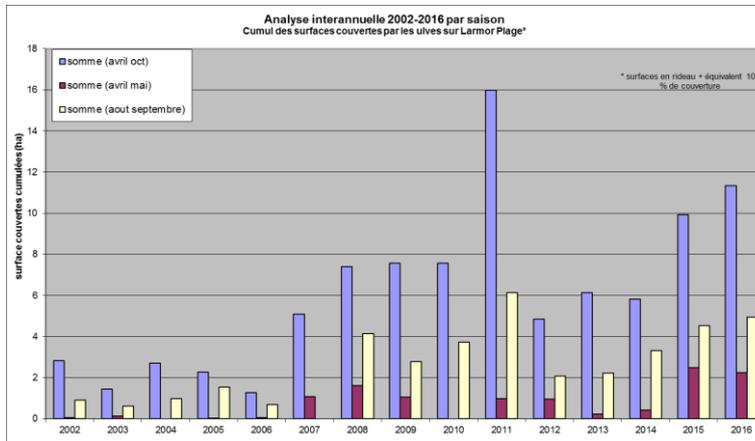
22/08/2016



20/09/2016



14/10/2016 : Présence de *solieria chordalis*



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2016 sur le site PORT LOUIS

20/04/2016



22/05/2016



24/06/2016



21/07/2016



22/08/2016



20/09/2016



14/10/2016



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2016 sur le site RIA D ETEL

20/04/2016 : *Ulvaria*



22/05/2016



24/06/2016



21/07/2016



22/08/2016



20/09/2016



14/10/2016



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2016 sur le site **QUIBERON SABLES BLANCS**

20/04/2016



22/05/2016



24/06/2016 : Présence notable de *Cladophora*



21/07/2016 : Entéromorphes



22/08/2016 : *Ectocarpales*



20/09/2016



14/10/2016



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2016 sur le site AURAY

20/04/2016



22/05/2016



24/06/2016



21/07/2016



22/08/2016



20/09/2016



14/10/2016



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2016 sur le site **ARCAL**

20/04/2016



22/05/2016



24/06/2016



21/07/2016



22/08/2016



20/09/2016



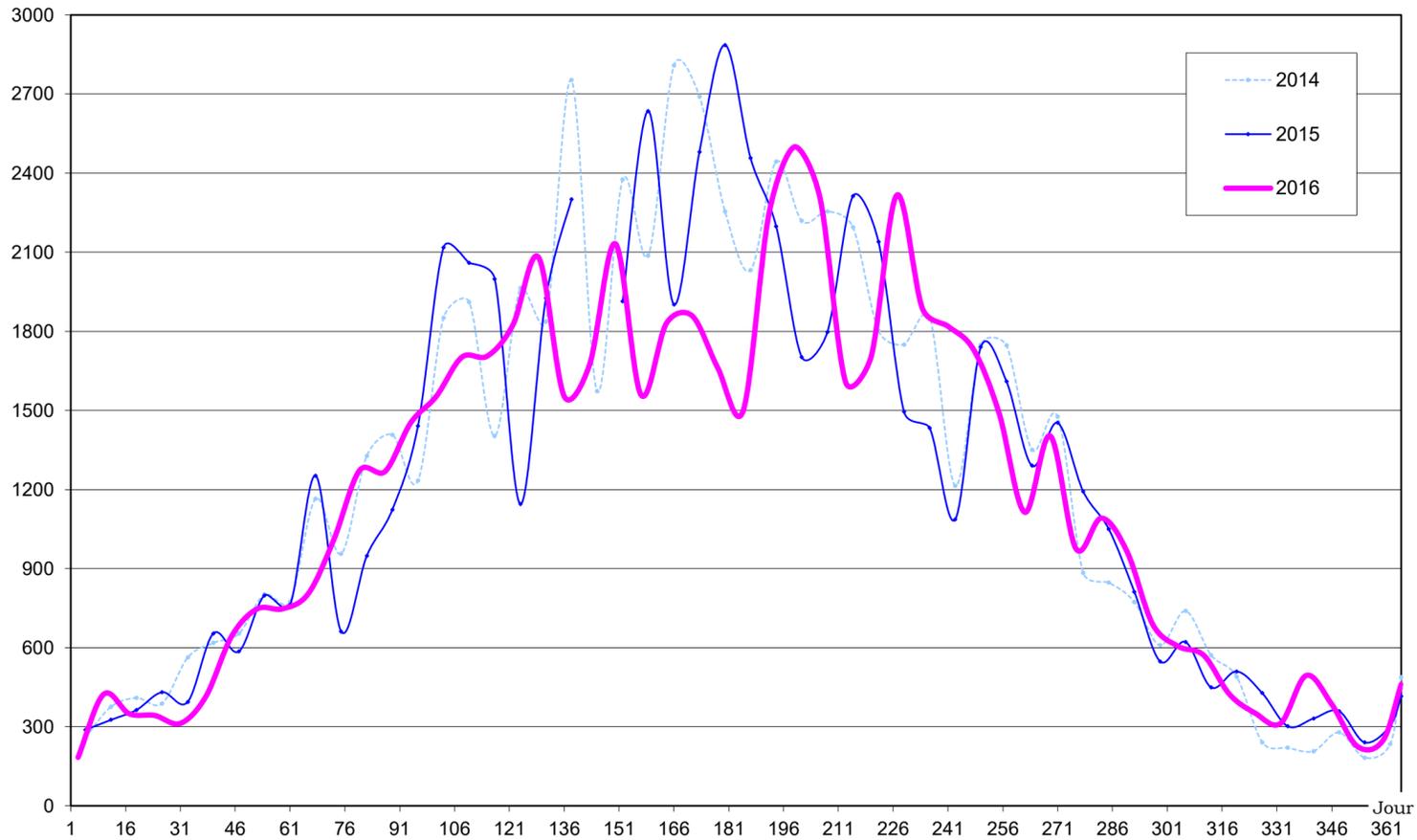
14/10/2016



ANNEXE 7

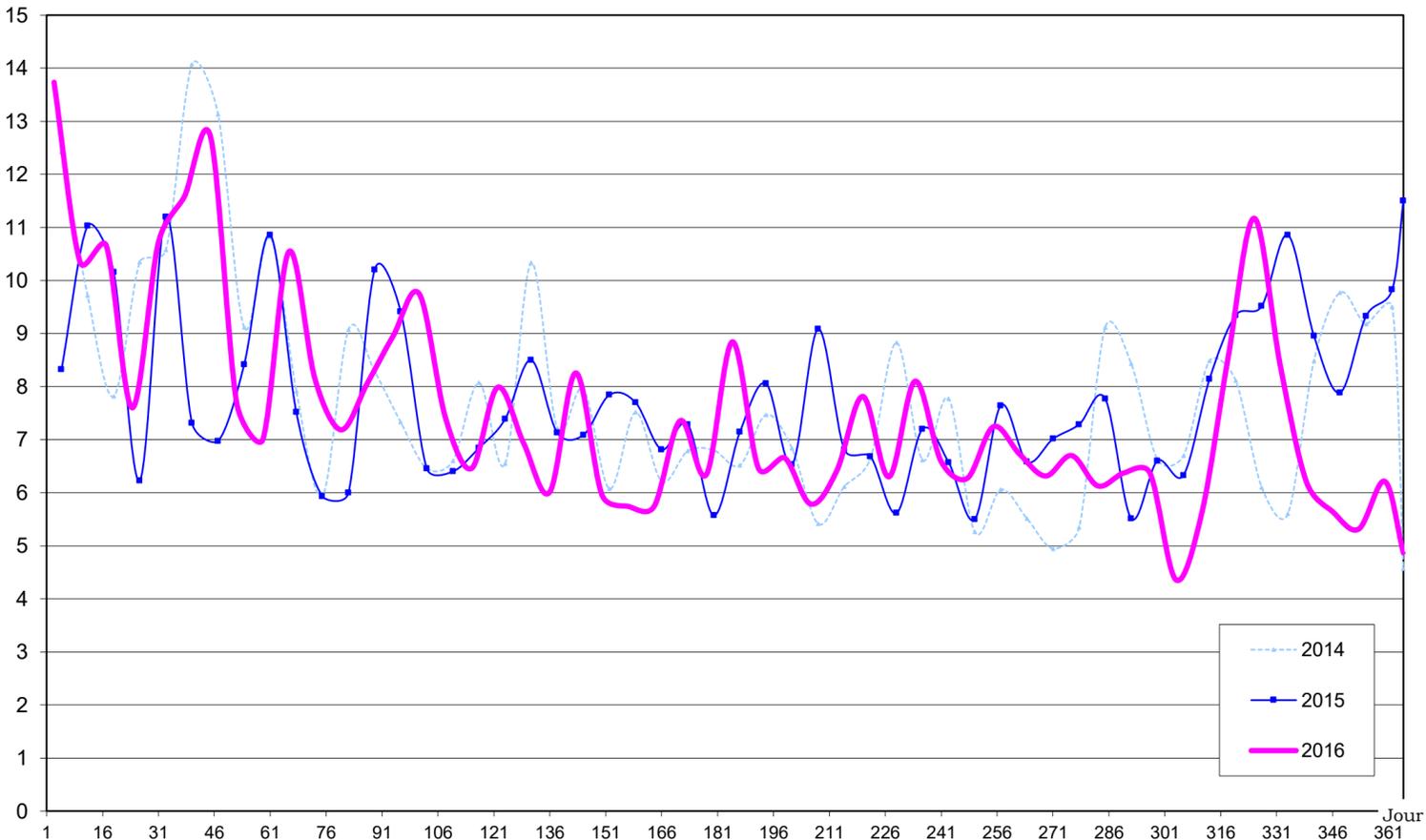
DONNEES METEO

Rayonnement global (J/cm²/jour)

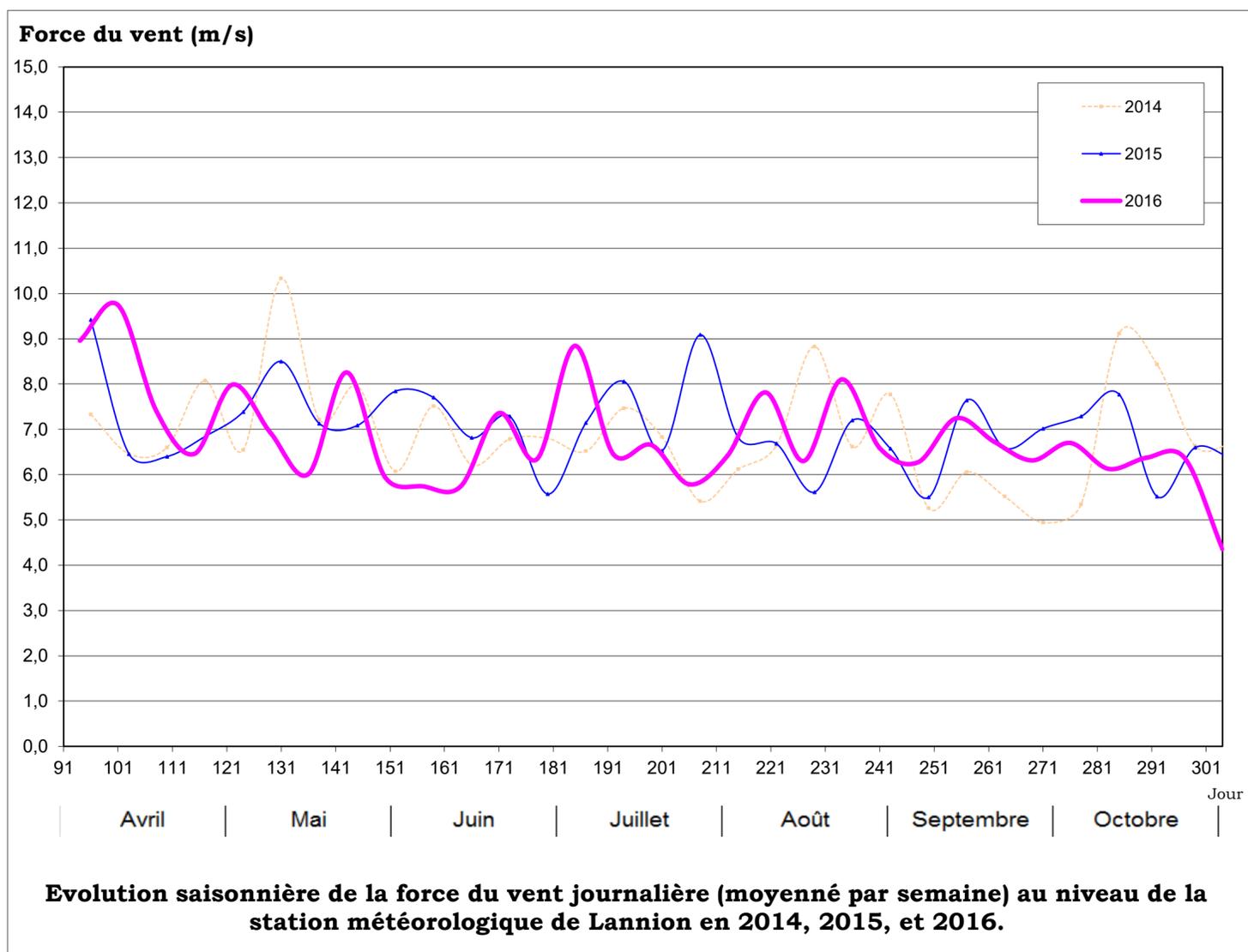
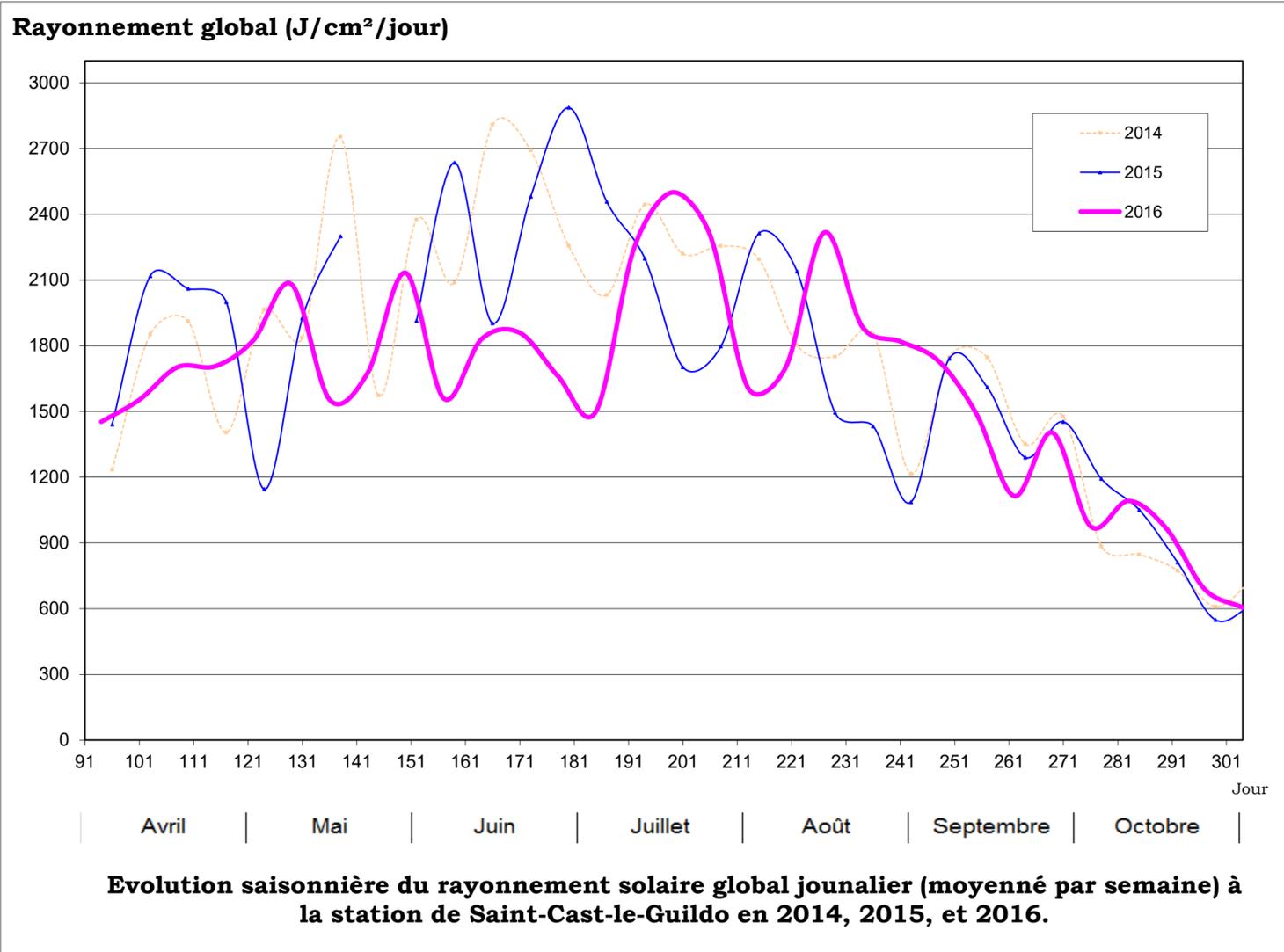


Evolution annuelle du rayonnement solaire global journalier (moyenné par semaine) à la station de Saint-Cast-le-Guido pour les années 2014, 2015, et 2016.

Force du vent (m/s)



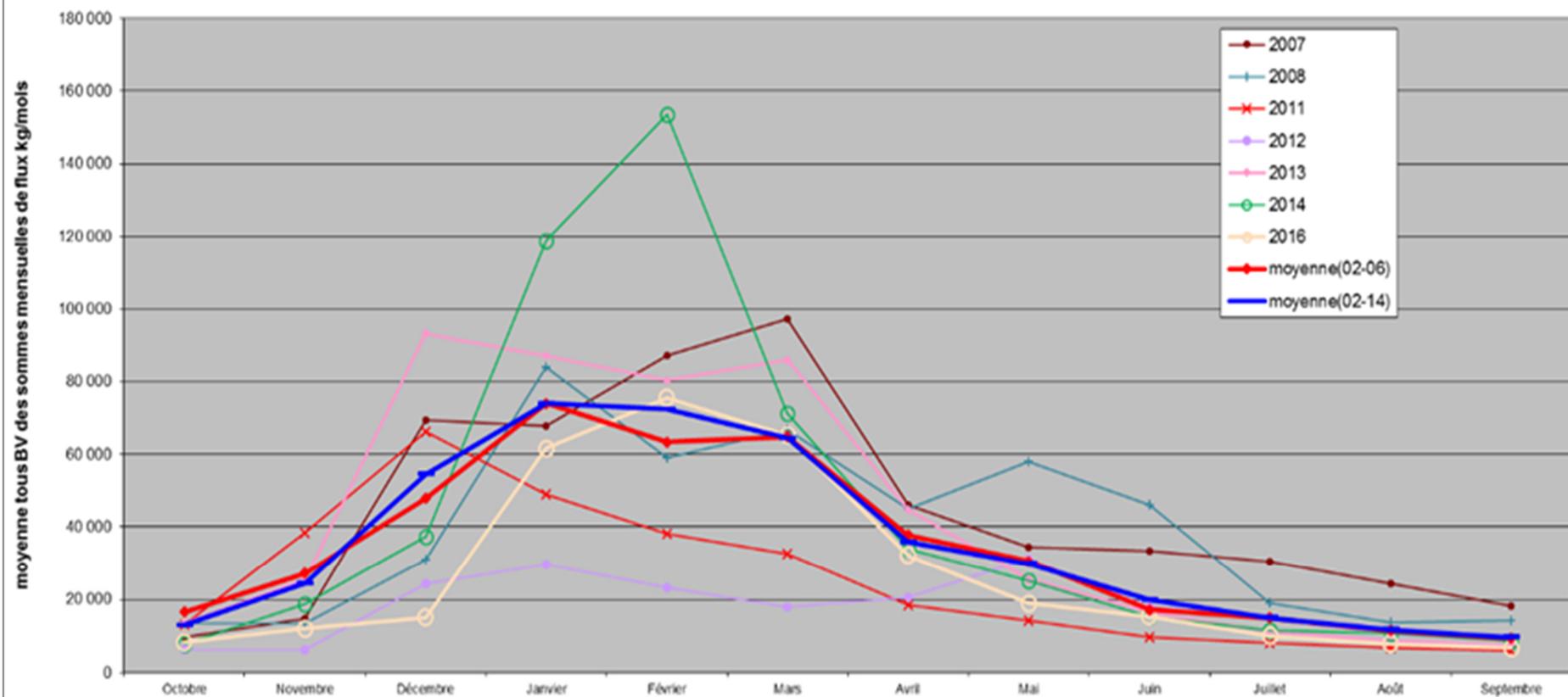
Evolution annuelle de la force du vent journalière (moyenné par semaine) au niveau de la station météorologique de Lannion pour les années 2014, 2015, et 2016.



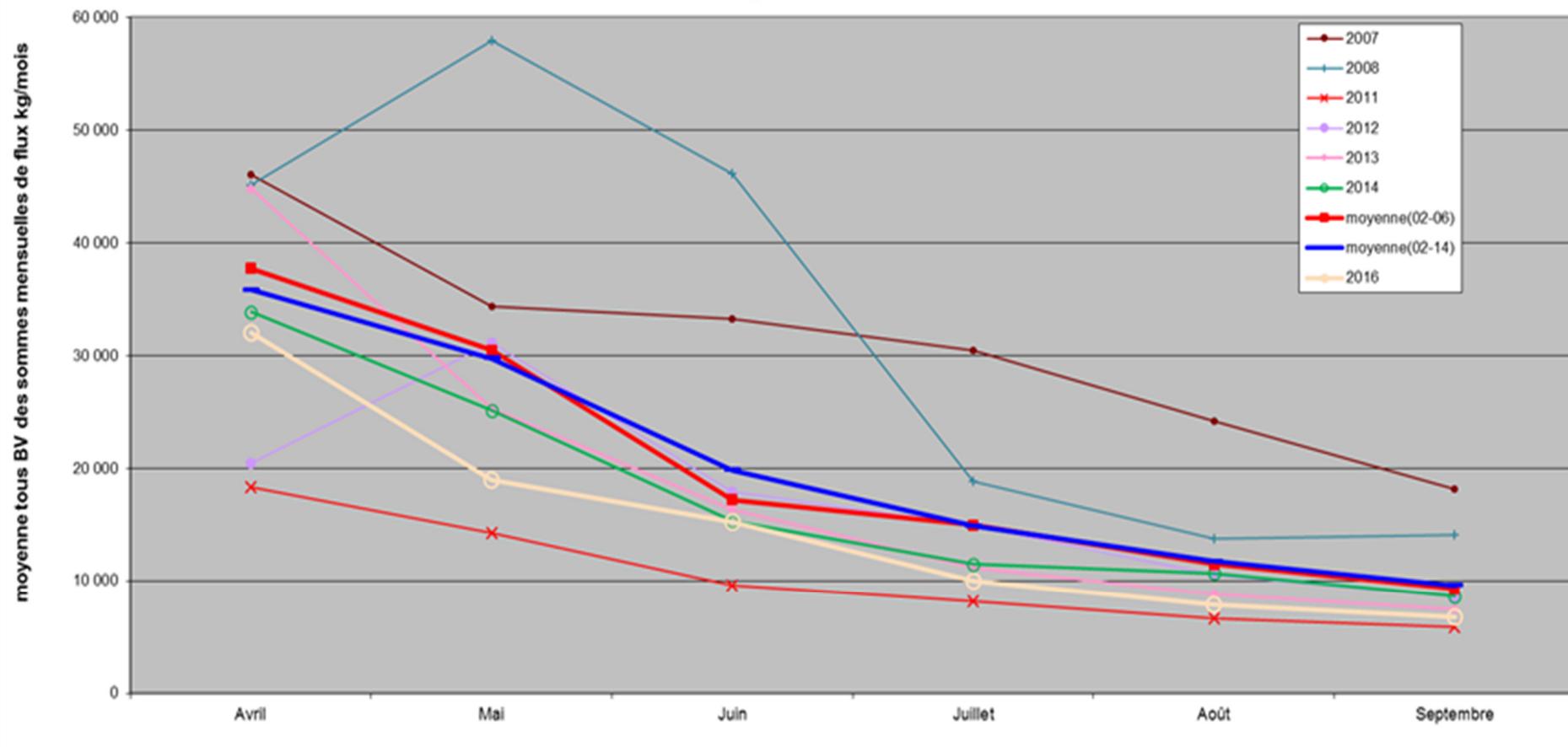
ANNEXE 8

FLUX D'AZOTE

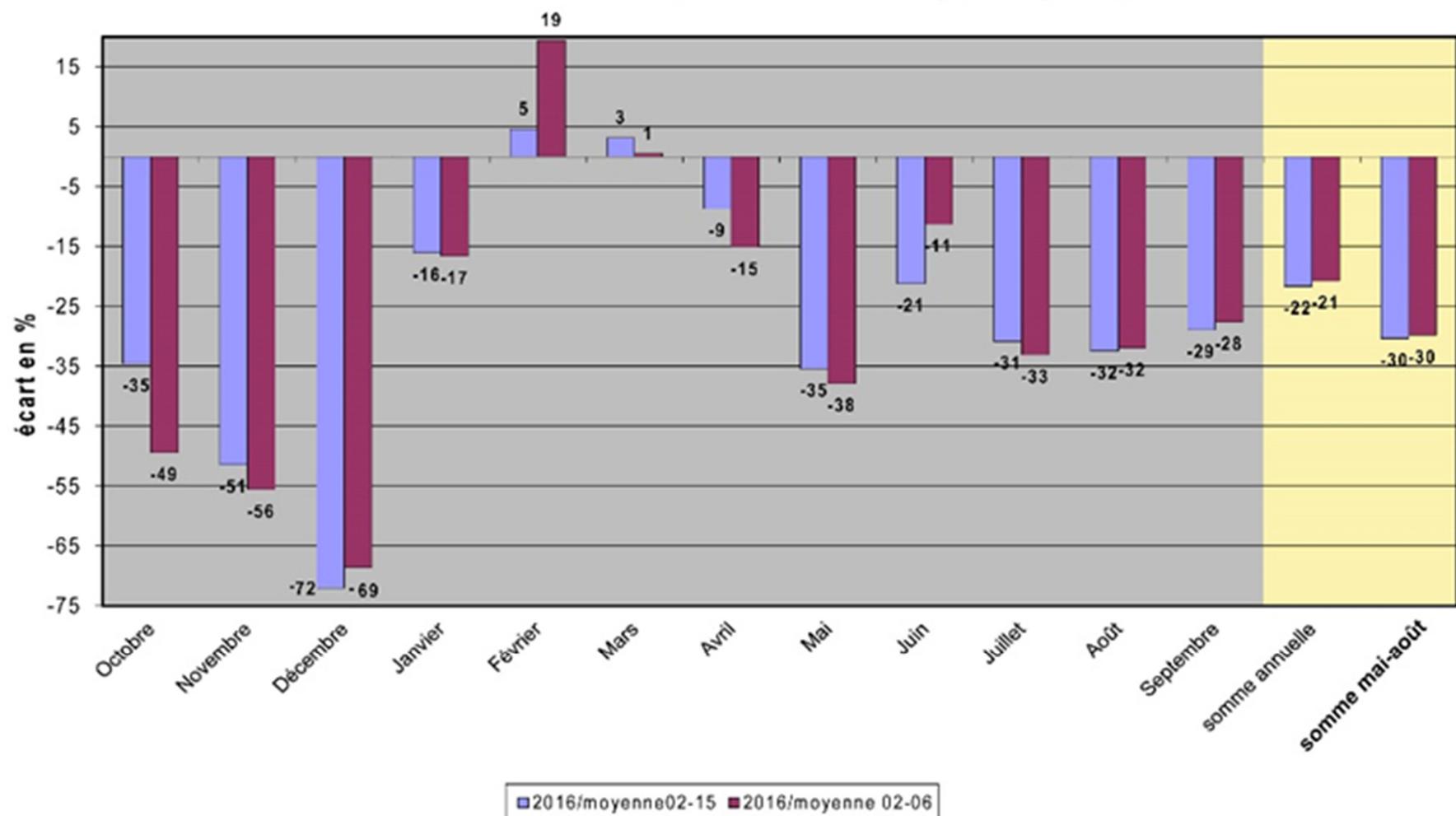
Flux mensuels moyens sur les BV AV



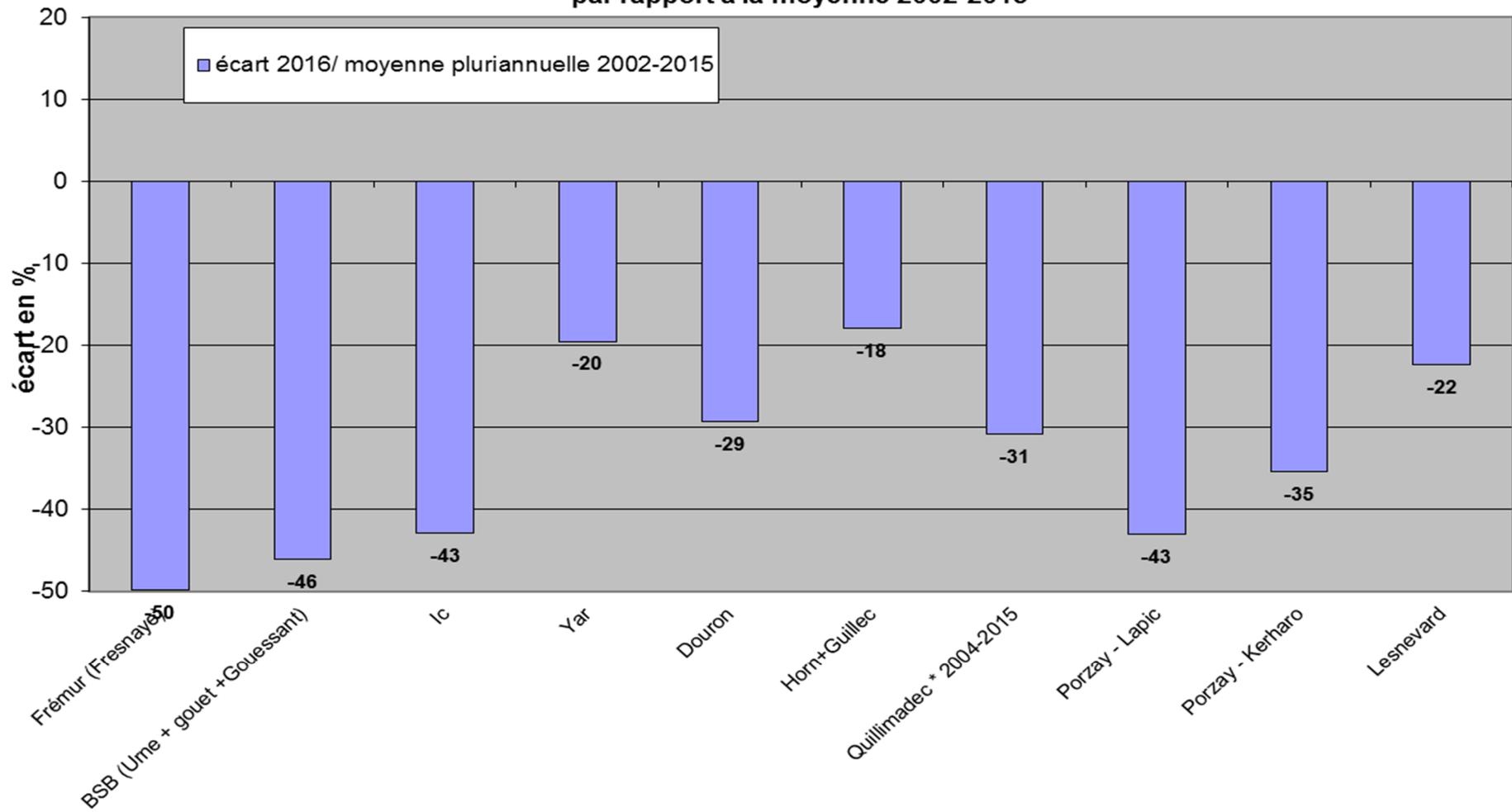
Flux mensuels moyens sur les BV AV

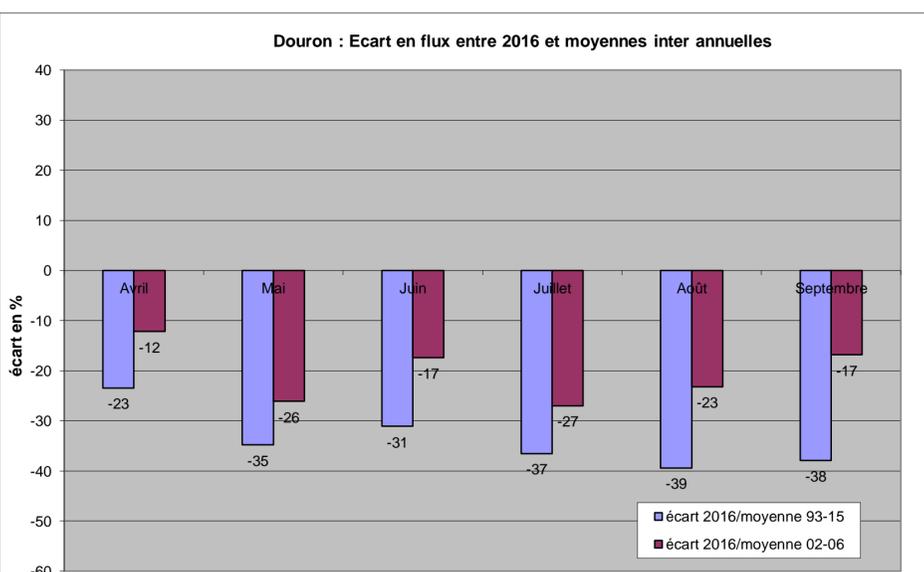
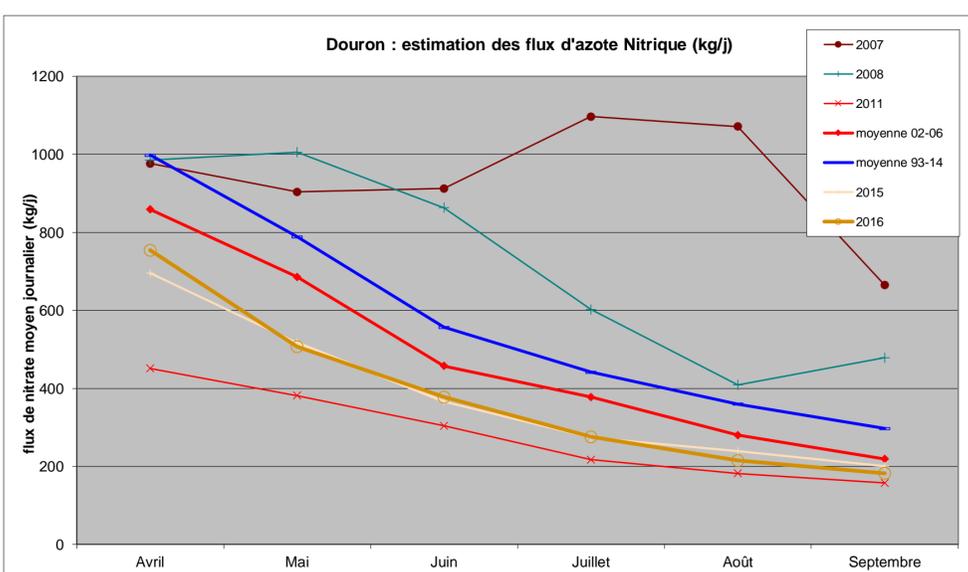
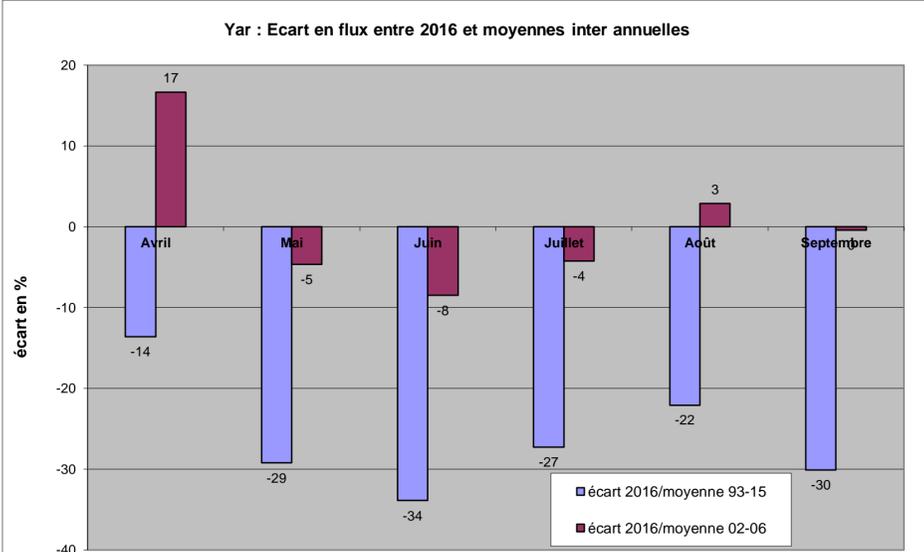
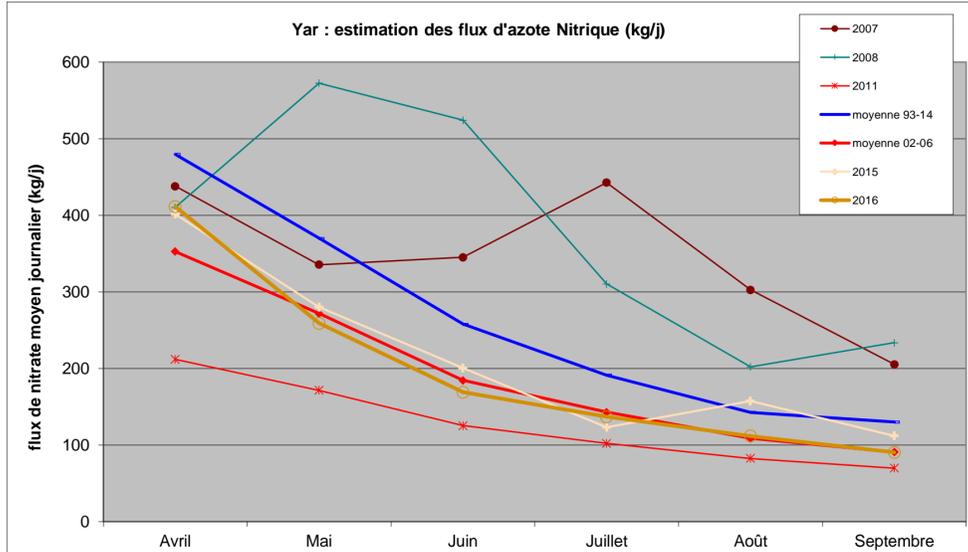
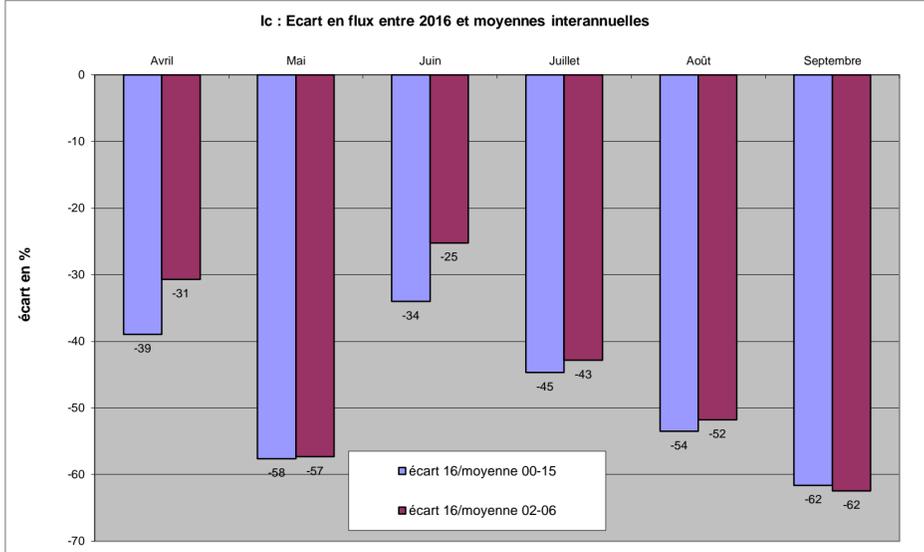
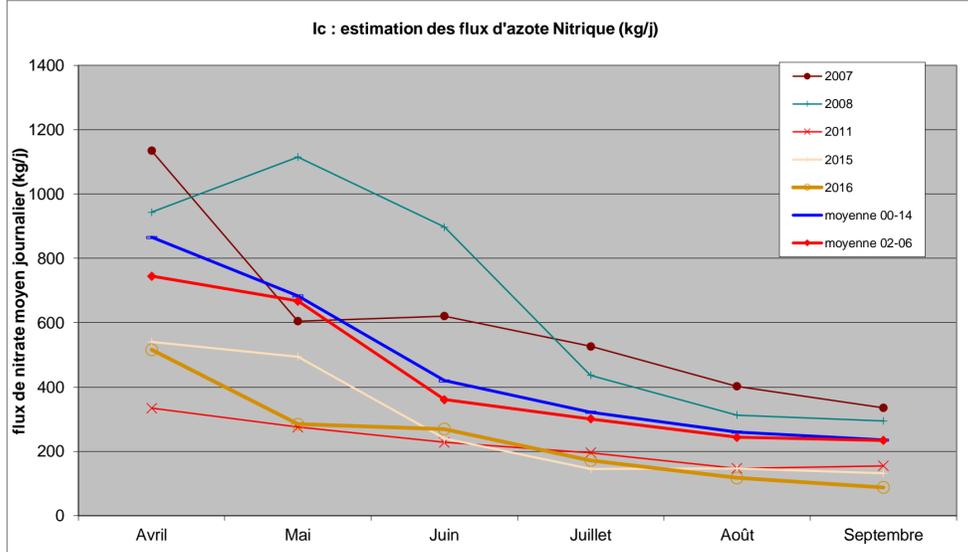
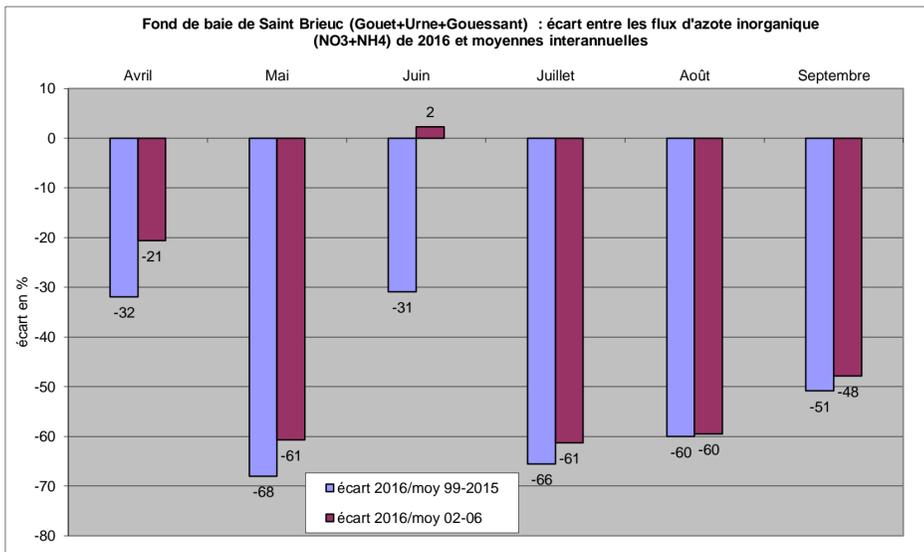
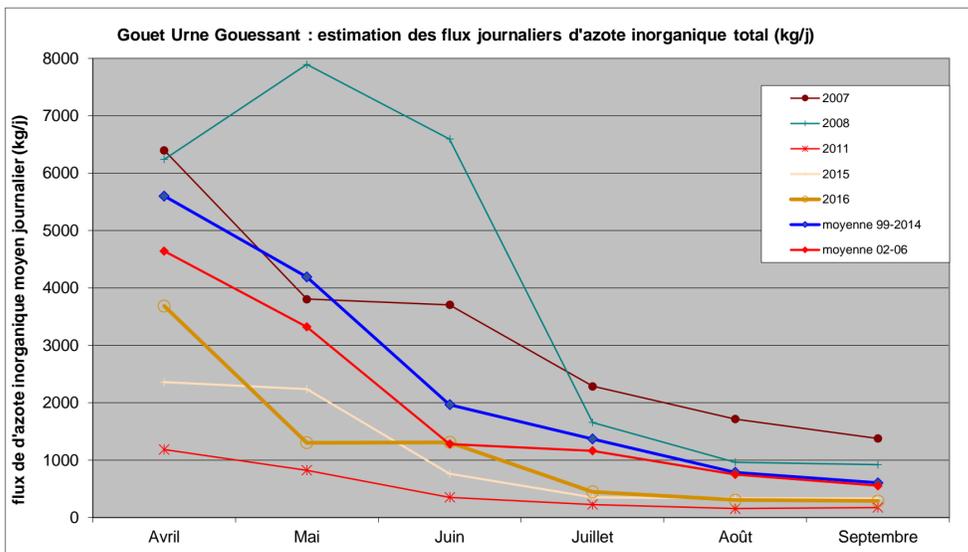
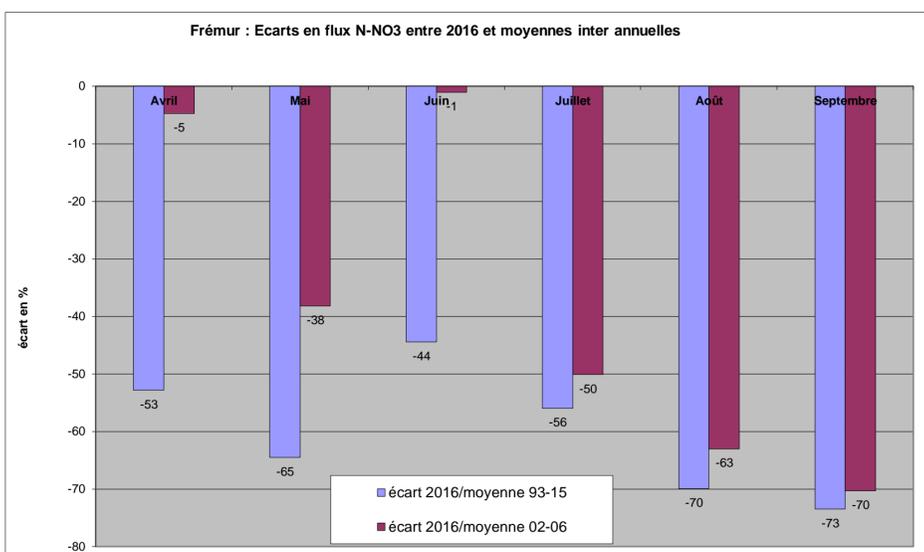
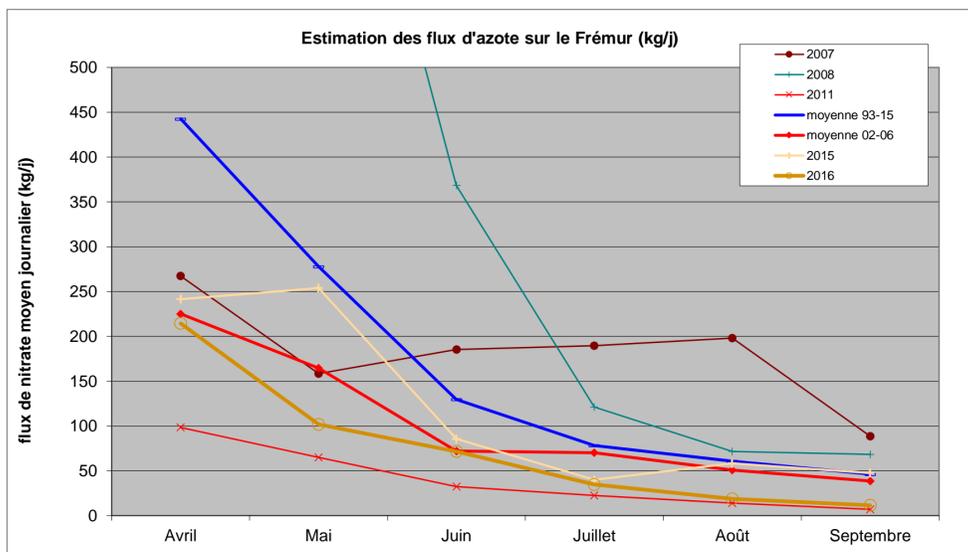


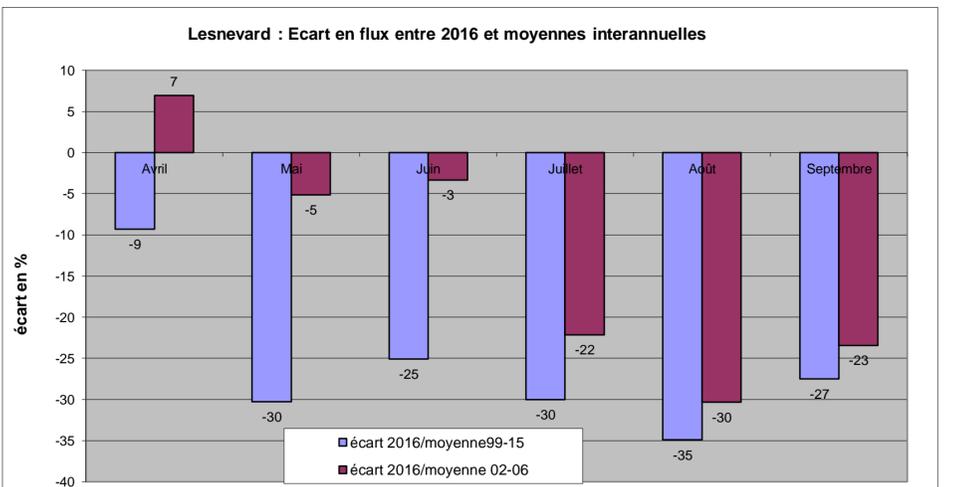
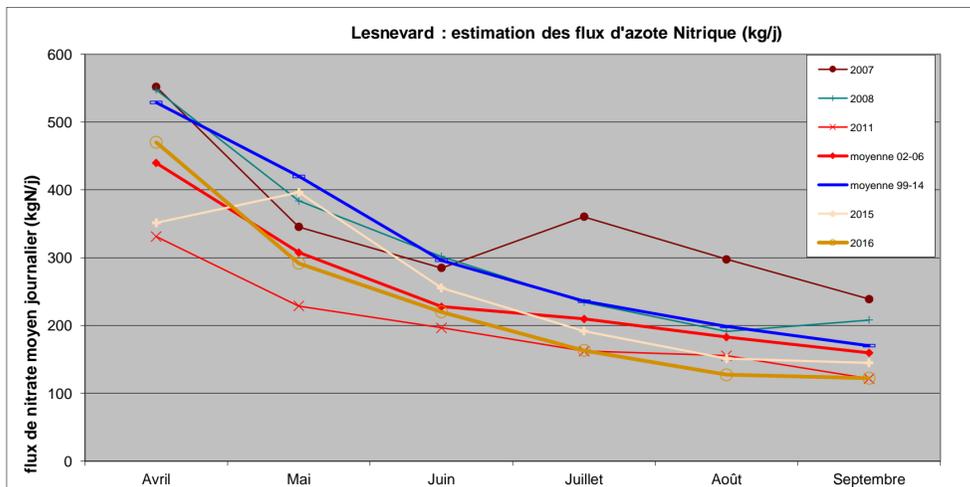
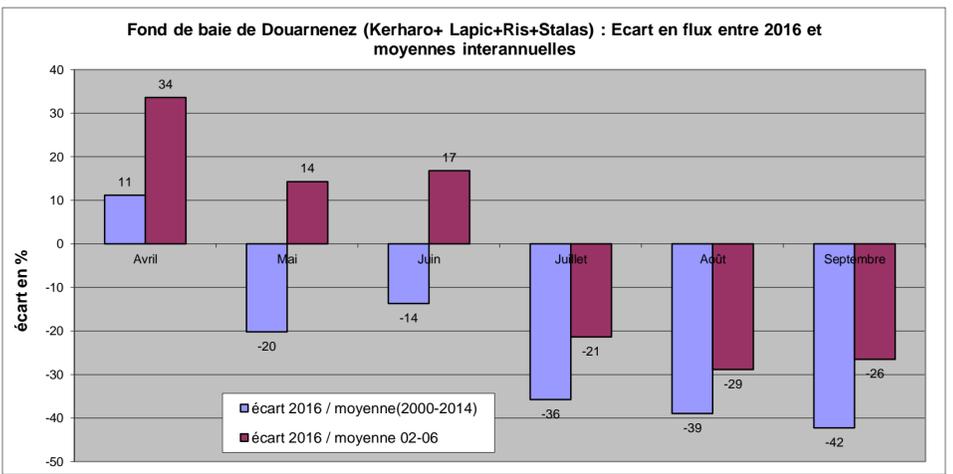
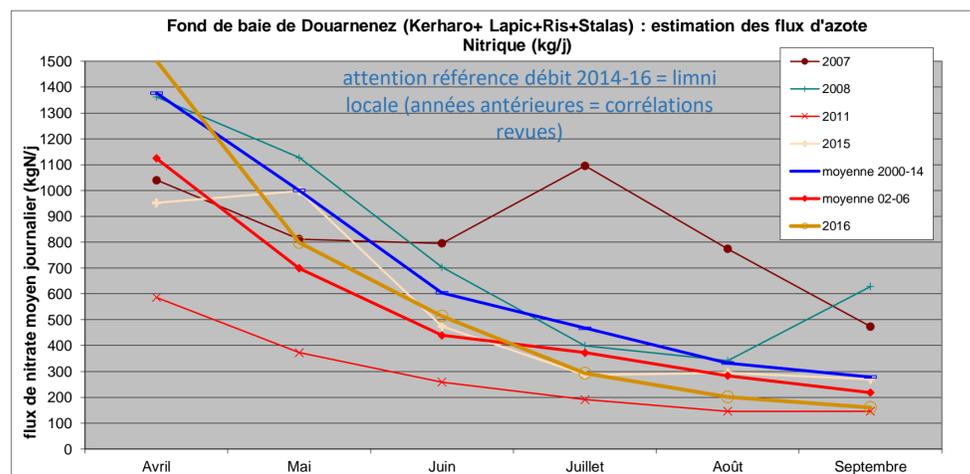
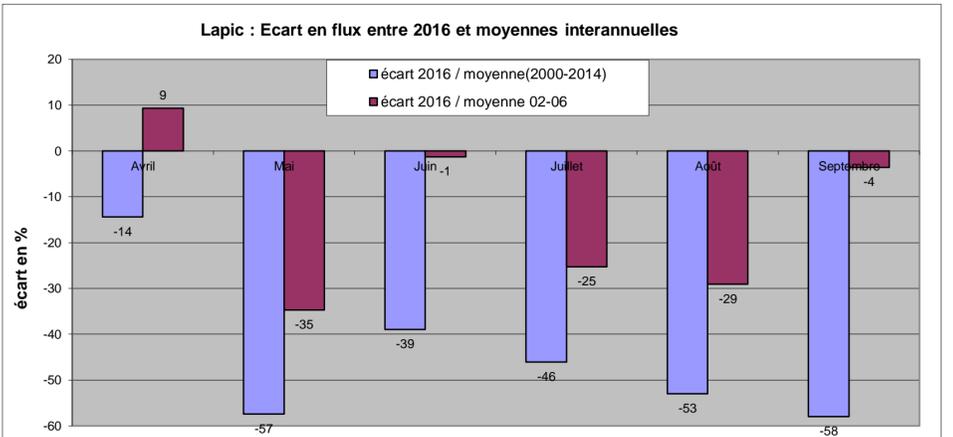
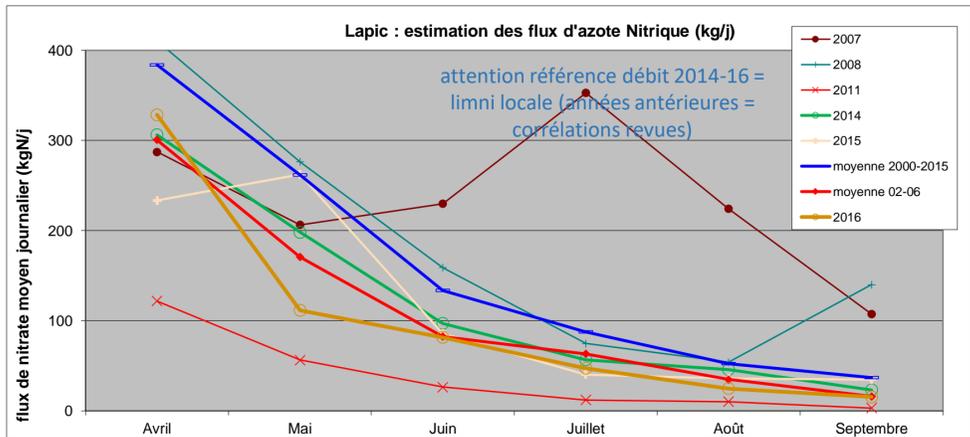
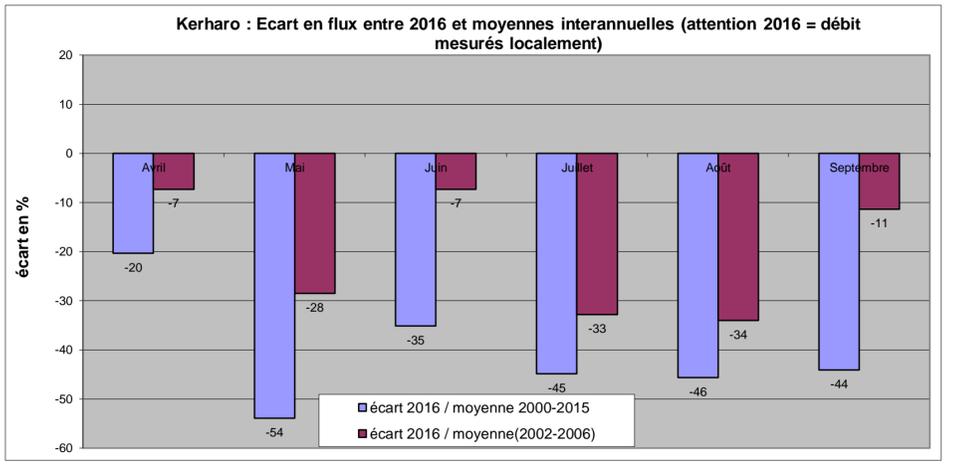
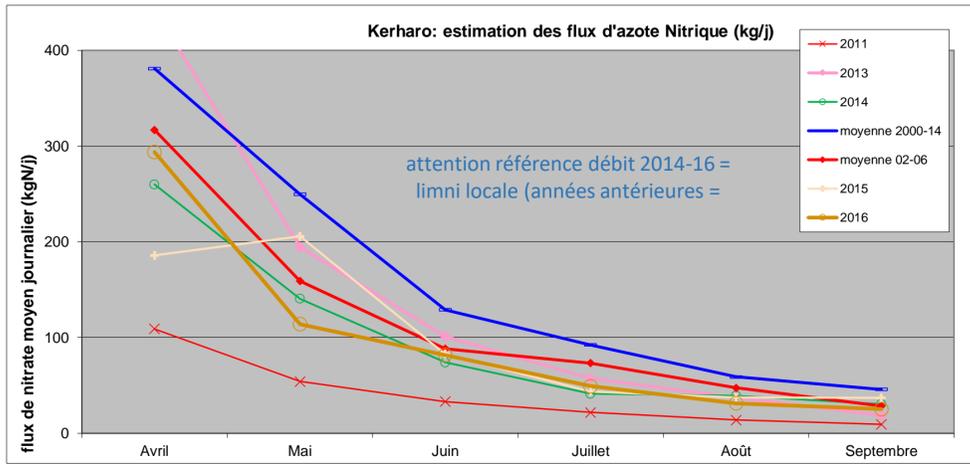
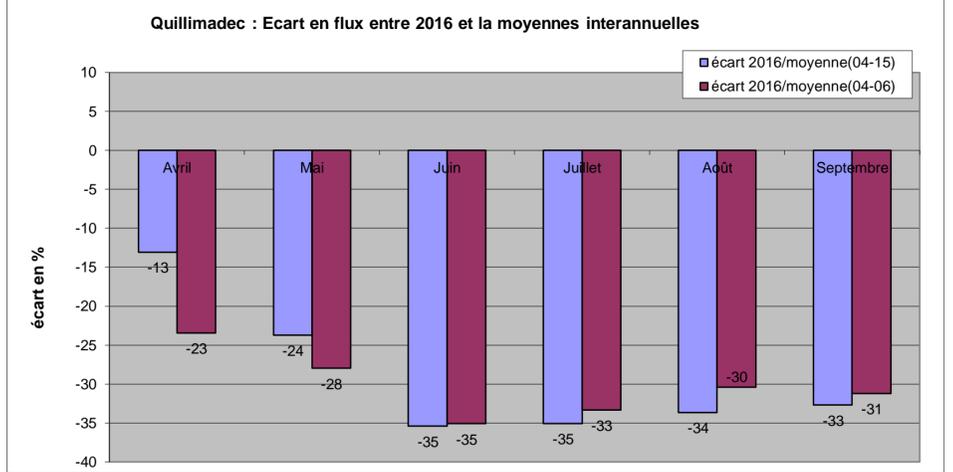
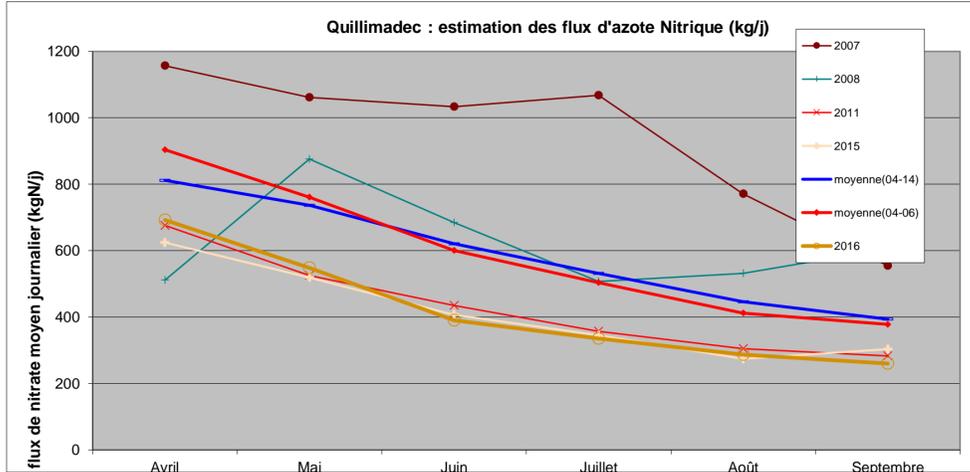
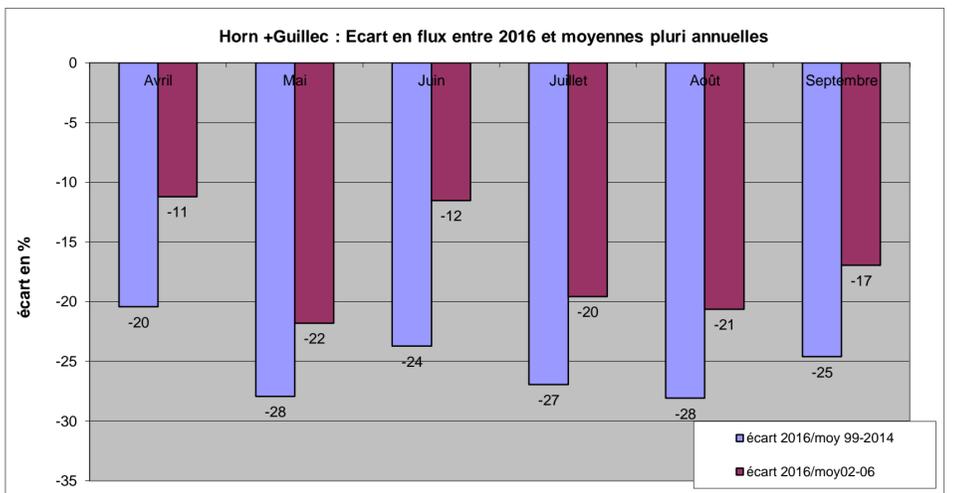
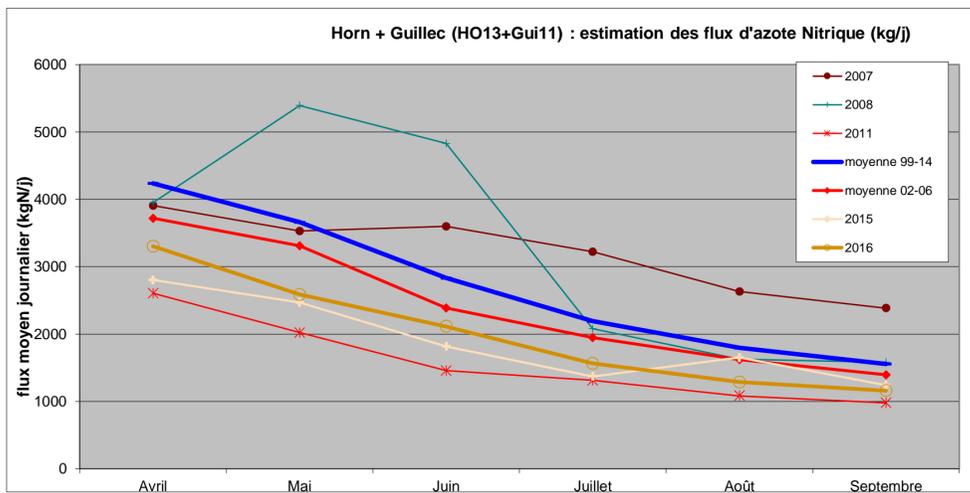
Tous BV AV : écart en flux entre 2016 et moyennes pluri annuelles



Flux 2016 d'azote inorganique sur la période sensible (mai-août) par bassin versant par rapport à la moyenne 2002-2015





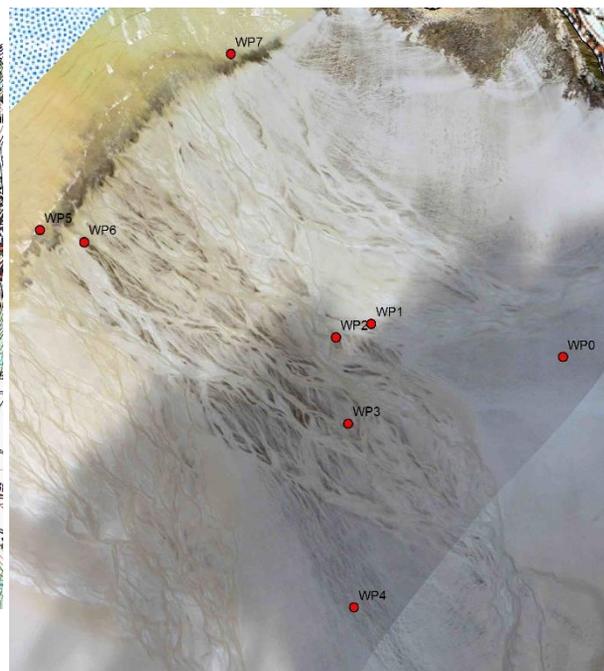


ANNEXE 9

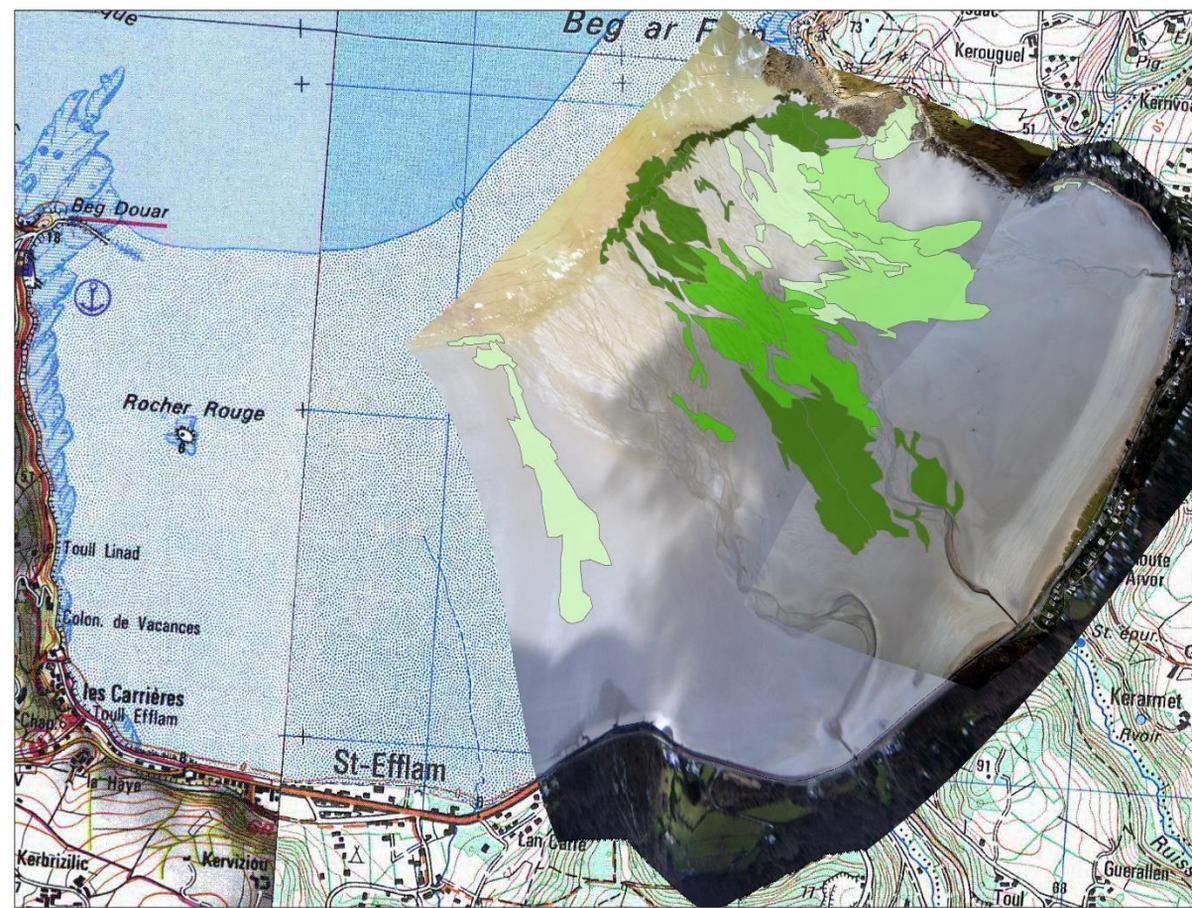
BIOMASSES MINIMALES HIVERNALES, Baie de la Saint Michel en Grève et vasières de la Rance

Suivi de la biomasse hivernale en ulves sur le site de Saint-Michel en Grève (22) - 25 février 2016

Observations terrain et évaluation sommaire de la biomasse totale



Estimation de la biomasse en ulves échouées sur l'estran
Mission du 25 février 2016 - Saint-Michel en Grève



Biomasse en Ulves
(estimation sommaire)

(Kg/m²)

- 0,00 - 0,05
- 0,06 - 0,32
- 0,33 - 0,52
- 0,53 - 0,75
- 0,76 - 1,40
- 1,41 - 1,92

Dépôts comprenant des ulves et d'autres algues ou débris végétaux. Estimations des quantités d'ulves maximales dans ces dépôts (exprimés en kg/m² de dépôts qui seraient à 100 % de couverture)

Biomasse totale estimée : 110 T maximum

Estimation de la biomasse hivernale en Ulves à Saint-Michel en Grève (22)

Mission du 25 février 2016



A l'est, en haut d'estran, dépôt épais (10 à 20 cm). Fragments d'ulves en proportion très faible, majorité de laminaires, de goémon, et d'algues rouges.



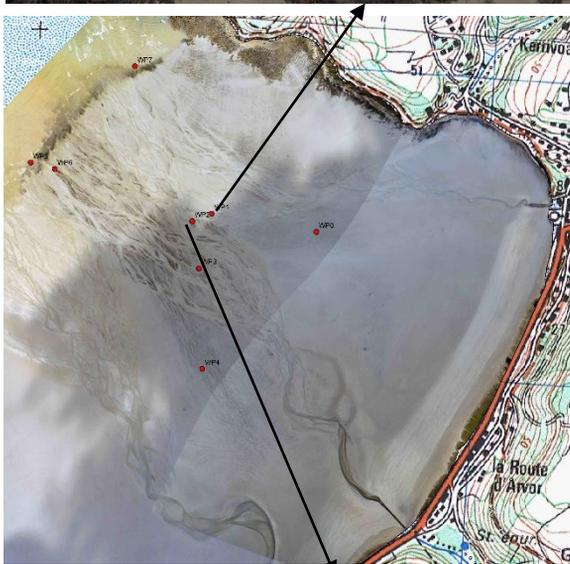
Dépôt diffus composé majoritairement de résidus d'algues brunes, rouges, et de débris de végétaux terrestres. Présence de rares fragments d'ulves (**16 g/m²** égoutté 1')

Estimation de la biomasse hivernale en Ulves à Saint-Michel en Grève (22)

Mission du 25 février 2016



Accumulations en bordure de la filière : quelques ulves fragmentées (**40g/m²** égoutté 1'), mais très large majorité d'algues brunes, d'algues rouges et de résidus végétaux.



Dépôt dense : la biomasse totale est plus importante, la proportion en ulves augmente sensiblement (**520g/m²** égoutté 1').

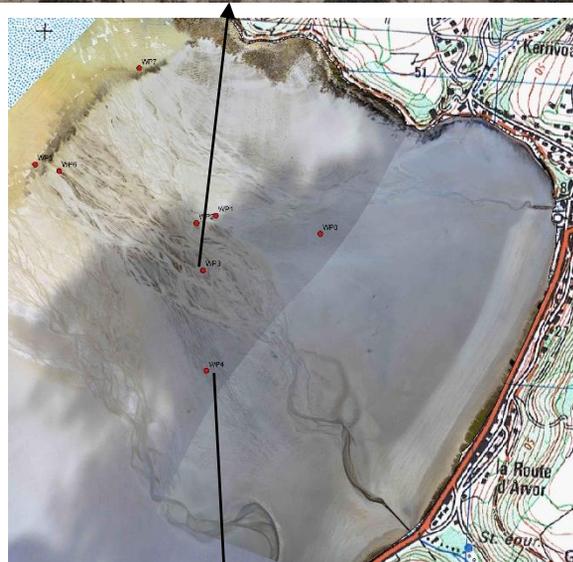


Estimation de la biomasse hivernale en Ulves à Saint-Michel en Grève (22)

Mission du 25 février 2016



Dépôt dense, proportion en ulves croissante
(600 g/m² égoutté 1'),

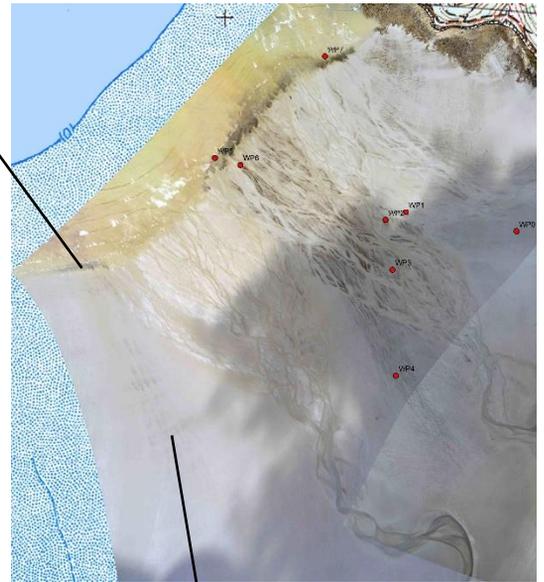


Couverture totale constante, mais la
proportion en ulves augmente nettement
(1 330 g/m² égoutté 1').



Estimation de la biomasse hivernale en Ulves à **Saint-Michel en Grève (22)**

Mission du 25 février 2016



Absence d'ulve dans le rideau et les dépôts du centre/ouest de la grève : goémon, algues rouges en lame et résidus végétaux uniquement.

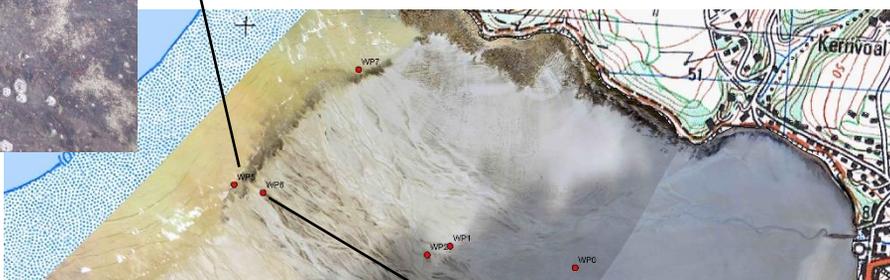


Estimation de la biomasse hivernale en Ulves à Saint-Michel en Grève (22)

Mission du 25 février 2016



Rideau dense de composition variable : la proportion en ulves augmente dans les zones concentrées (**1080 g/m² égoutté 1'**), les zones diffuses sont constituées de résidus végétaux et de goémon majoritairement.



Dépôt dense en bas d'estran, proportion d'ulves importante : **1160 g/m² (égoutté 1')**

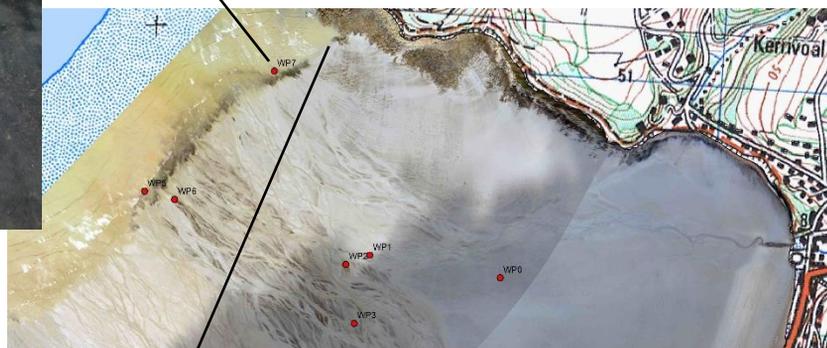


Estimation de la biomasse hivernale en Ulves à **Saint-Michel en Grève (22)**

Mission du 25 février 2016



Rideau dense, gradient d'ulve croissant vers l'est
(1920 g/m² égoutté 1').



Rideau et dépôt dense, proportion
en ulve importante et constante.



Evaluation de biomasse hivernale

Bassin de la Rance

Survol aérien du 25 février 2016
Observations terrain du 26 février 2016

Baie de Troctin



Quelmer



Saint-Jouan des Guérets



La Ville-ès-Nonais



la Ville Ger



Richardais

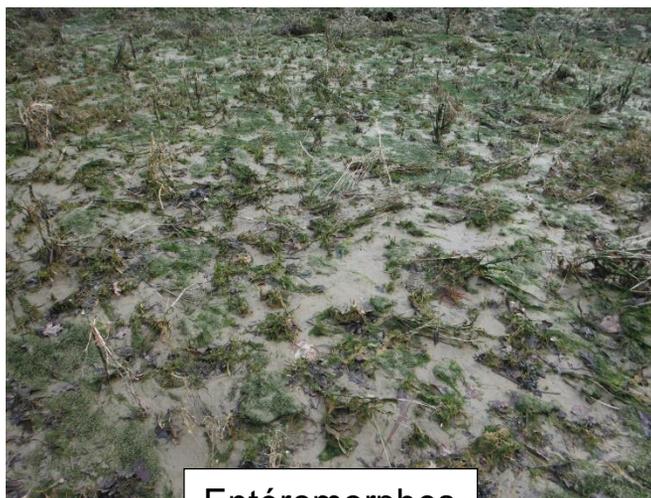


Minihic-sur-rance



La Rance Baie de Troctin

Biomasse Ulve 0 kg/m²



Entéromorphes



Biomasse ulve en kg/m ² (égouttée 1 mn)	0
Espèces	<i>Enteromorpha sp.</i>
Observations	-

La Rance Quelmer

Biomasse Ulve 0 kg/m²

Biomasse ulve en kg/m ² (égouttée 1 mn)	0
Espèces	<i>Enteromorpha sp.</i>
Observations	-



Algues vertes filamenteuses fixées

La Rance Saint-Jouan des Guérets

Biomasse Ulve :
ponctuellement
quelques g/m²



Quelques Ulves piégées dans le Schorre

Biomasse ulve en kg/m ² (égouttée 1 mn)	Non quantifiable
Espèces	<i>Ulva sp.</i> <i>Enteromorpha sp.</i>
Observations	-

La Rance

Saint-Jouan des Guérets

Les Gastines

Biomasse Ulve 3,55 kg/m²



Petits tapis d'ulves localisés contre les schorres



Biomasse ulve en kg/m ² (égouttée 1 mn)	3,55
Espèces	<i>Ulva sp.</i> <i>Enteromorpha sp.</i>
Observations	-

La Rance

La Ville-és-Nonais

Biomasse Ulve 4,39 kg/m²
(Biomasse totale : qqs kg)



Zone d'entéromorphes



Biomasse ulve en kg/m ² (égoutée 1 mn)	4,39kg
Biomasse totale	qqs kgs
Espèce	<i>Ulva sp.</i>
Observations	Dépôt dense et localisé en bordure de schorre

La Rance La Ville-és-Nonais

Biomasse Ulve ?
(Biomasse totale : ?)

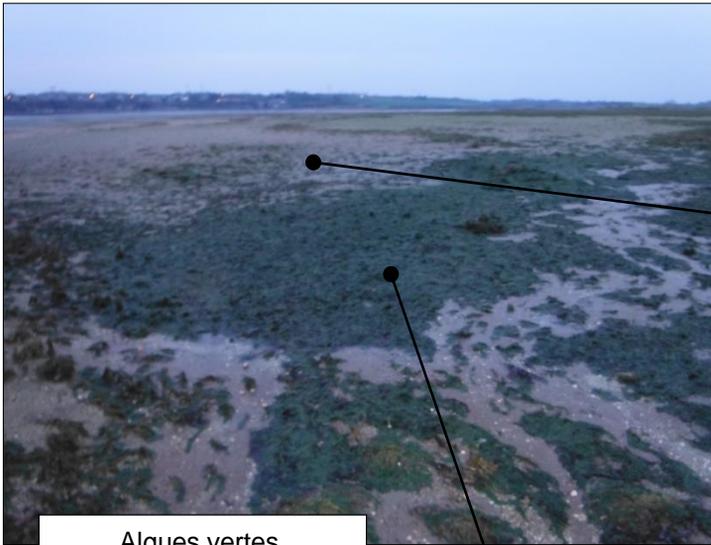


Dépôt non accessible ; aspect vert mais plutôt AV filamenteuses

Biomasse ulve en kg/m ²	-
Biomasse totale	Qqs100 aines de kgs ?
Espèce	?
Observations	Dépôt dense non accessible ; aspect ulves

La Rance La Ville Ger

Biomasse Ulve 0 kg/m²



Algues vertes
filamenteuses arrachées



Biomasse Ulve en kg/m ² (égouttée 1 mn)	0
Espèce	<i>Enteromorpha sp.</i>
Observations	tapis localisé dense en haut d'estran, pas d'ulves à priori

La Rance

Le Minihic sur rance



Biomasse Ulve 0 kg/m²



Estran trop mou et inaccessible

Biomasse Ulve en kg/m ² (égouttée 1 mn)	0
Espèce	<i>Zostères ?</i>
Observation	Pas accessible ; semble (de loin à un herbier)

La Rance Richardais



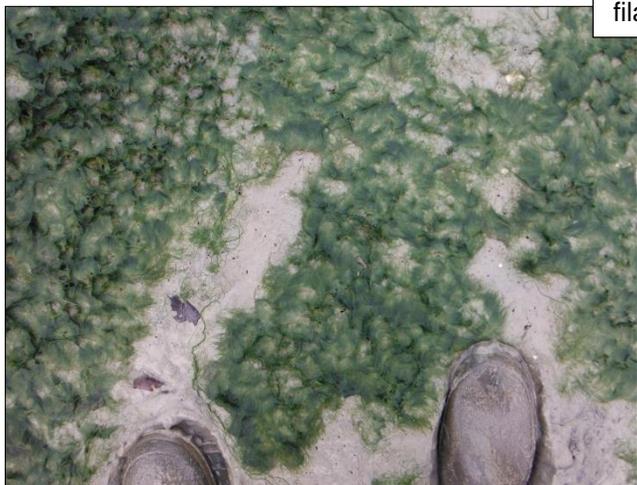
Biomasse Ulve 0 kg/m²



Algues vertes
filamenteuses échouées



Algues vertes
filamenteuses fixées



Biomasse Ulve en kg/m ² (égoutté 1 mn)	0
Espèce	<i>Enteromorpha sp.</i>
Observation	Plusieurs espèces fixées ou non