

CENTRE D'ÉTUDE  
& DE VALORISATION  
DES ALGUES



ALGAE TECHNOLOGY  
& INNOVATION  
CENTRE

Suivi des blooms de macroalgues  
opportunistes sur le littoral Loire-Bretagne,  
Réseau de Contrôle Opérationnel - DCE 2022  
Inventaire des marées vertes sur le littoral breton

Année 2022

Contrat AELB : 20GC042 - septembre 2023

Sylvain BALLU : Chef de projet surveillance des Marées vertes

Clément DANIEL : Technicien supérieur environnement

Loïc CELLIER : Technicien environnement

Sophie RICHIER : Responsable de Pôle EENV



CEVA





## SOMMAIRE

1.	CONTEXTE ET OBJECTIFS .....	5
2.	METHODES .....	10
2.1.	Dénombrement des sites (suivi DCE RCS, financé en dehors de ce programme).....	10
2.2.	Estimation quantitative surfacique .....	12
2.3.	Indices d'eutrophisation.....	16
2.4.	Missions réalisées.....	18
3.	RESULTATS .....	20
3.1.	Dénombrement des sites en Bretagne (suivi DCE surveillance, financé en dehors de ce programme).....	20
3.1.1.	Sites touchés par des échouages d'ulves en 2022 .....	20
3.1.2.	Comparaison inter-annuelle 1997-2022 .....	30
3.1.3.	Mise en évidence de la particularité des sites sur vase .....	38
3.1.4.	Détermination des espèces proliférantes .....	41
3.1.5.	Conclusion .....	43
3.2.	Résultats de l'estimation surfacique sur les côtes bretonnes.....	44
3.2.1.	L'importance relative des sites (sites sableux).....	45
3.2.2.	Evolution annuelle de la marée verte .....	52
3.2.3.	Evolutions de la marée verte sur la période 2002-2022 .....	56
3.2.5.	Conclusions.....	74
3.3.	Suivi d'indices d'eutrophisation .....	75
3.3.1.	Résultats de suivi des quotas azotés dans les différents sites .....	75
3.3.2.	Eléments d'interprétation des profils saisonniers .....	75
3.3.3.	Résultats .....	77
3.3.4.	Evaluation des stocks totaux.....	99
4.	CONCLUSION .....	100
	ANNEXES.....	102



## TABLES DES ILLUSTRATIONS

### Liste des tableaux

Tableau 1 : liste des sites faisant l'objet de mesure d'indice d'eutrophisation .....	8
Tableau 2: Récapitulatif des MET et assimilées faisant l'objet d'une évaluation surfacique en 2022.....	14
Tableau 3 : Sites touchés par des échouages d'ulves sur les trois inventaires de 2022 comparés aux années 2002-2021 sur 3 ou 4 dates d'inventaires. Le site de la Fresnaye, touché par des échouages d'Ulvaria (« ulvoïde ») de 2007 à 2009 puis de 2015 à 2022 a été classé dans ces sites « ulves » .....	26
Tableau 4 : Répartition des sites sur secteur de plage par classe de taille maximum atteinte en 2022 sur les 3 inventaires « généraux » (« rideau » + échouage en « équivalent 100% » de couverture). 52 sites de type « plage » ont été classés pour des échouages d'ulves en 2022 et ont fait l'objet d'évaluation surfacique. ....	45
Tableau 5 : Répartition des sites sur secteur de plage touchés en 2022 par des échouages d'ulves par département et par classe de taille (taille maximale atteinte sur les 3 inventaires généraux).....	46

### Liste des figures

Figure 1 : plan de vol RCO Bretagne et localisation des sites intégrés au suivi.....	7
Figure 2 : Découpage des masses d'eau sur la côte nord de la Bretagne (FRGC en rouge et FRGT en bleu) combiné au découpage par sites à « échouage d'ulves » (violet). Les trois sites de vasière sont indiqués par les flèches .....	15
Figure 3 : Illustration des masses d'eau et des sites à « échouages d'ulves » de milieux vaseux. Les masses d'eau pour lesquelles les données ont été complètement acquises en 2022 apparaissent en bleu. Les masses d'eau et les sites pour lesquels les données surfaciques n'ont pas été acquises en 2022 apparaissent en violet (uniquement acquisition des photographies aériennes). ....	15
Figure 4 : Nombre de sites touchés par département (Côtes d'Armor (22), Finistère (29), Ille et Vilaine (35) et Morbihan (56)) par des échouages d'ulves au moins une fois pour les inventaires estivaux en 2022 (juillet ou septembre). ....	22
Figure 5 : Nombre de sites touchés par département par des échouages d'ulves au moins une fois en 2022 (mai, juillet, septembre). ....	25
Figure 6 : Nombre de sites touchés par des échouages d'ulves par date d'inventaire sur l'ensemble du linéaire breton. Le site de la Fresnaye, touché par des échouages d'Ulvaria (« ulvoïde ») de 2007 à 2009 puis de 2015 à 2022 a été classé dans ces sites « ulves » .....	27
Figure 7 : Nombre de sites touchés entre 2000 et 2022 par des échouages d'ulves en période estivale (début juillet et fin août pour 2000 ; fin juin et début septembre pour 2001 ; juillet et / ou août pour 2002-2006 et mi-juillet et mi-septembre pour les années 2007 à 2022). Le site de la Fresnaye, touché par des échouages d'Ulvaria (« ulvoïde ») sur les années 2007-2009 puis 2015-2022 a été classé dans ces sites.....	31
Figure 8 : Nombre de sites touchés par des échouages d'ulves en Bretagne entre 1997 et 2022 pour la période estivale sur les secteurs de plage (figure du haut) et de vasières (figure du bas). Les années antérieures à 2000 ne comportant qu'un seul inventaire annuel sont à distinguer des années postérieures pour lesquelles on dispose d'au moins deux informations annuelles. A partir de 2007 le deuxième inventaire estival est en septembre et non plus en août ; les résultats ne sont pas totalement comparables avec la période 2002-2006. Le site de la Fresnaye, touché par des échouages d'Ulvaria (« ulvoïde ») sur les années 2007-2009 puis 2015-2022 a été classé dans ces sites. ....	32
Figure 9 : Sites touchés par des échouages d'ulves en début de saison (fin juin ou juillet) sur les côtes bretonnes. Le site de la Fresnaye, touché par des échouages d'Ulvaria (« ulvoïde ») sur les années 2007-2009 puis 2015-2022 a été classé dans ces sites. ....	33
Figure 10 : Sites touchés par des échouages d'ulves en « fin de saison » (août ou septembre) sur les côtes bretonnes. Le site de la Fresnaye, touché par des échouages d'Ulvaria (« ulvoïde ») sur les années 2007-2009 puis 2015-2021 a été classé dans ces sites. ....	33



Figure 11 : Nombre de sites touchés par des échouages d’ulves sur l’ensemble de la saison sur les départements bretons entre 1997 et 2020 (nombre d’inventaires différents selon les années). Le site de la Fresnaye, touché par des échouages d’Ulvaria (« ulvoïde ») sur les années 2007-2009 puis 2015-2021 a été classé dans ces sites..... 34

Figure 12 : Proportion de vasières dans les sites touchés par des échouages d’ulves sur les années 1997 à 2022. L’amélioration des suivis permet probablement d’expliquer, en partie au moins, l’augmentation de la proportion des vasières dans le total des sites inventoriés du début des suivis à 2008. .... 39

Figure 13 : Répartition par classe de taille (maximum annuel sur les trois inventaires « généraux ») des sites présentant des échouages d’ulves sur secteur de plage entre 2002 et 20210 ; le site de la Fresnaye, touché par des échouages d’Ulvaria (« ulvoïde ») de 2007 à 2009 puis de 2015 à 2022 a été classé dans ces sites.\* A NOTER : en 2013, pour diminuer les coûts des suivis, certains sites sableux n’ont pas fait l’objet d’évaluation surfacique malgré un classement pour des échouages d’ulves : cinq sites sur le littoral du Finistère et un sur le littoral du Morbihan sont dans ce cas. Les mesures surfaciques de ces sites augmenteraient la représentation des plus petites catégories (moins de 1 ha principalement mais éventuellement aussi de 1 à 10 ha) ..... 46

Figure 14 : évolutions mensuelles des surfaces en ulves sur l’ensemble des sites sableux en Bretagne faisant l’objet de suivis mensuels sur la période 2002-2022. .... 57

Figure 15 : évolutions annuelles et par saison des surfaces en ulves sur l’ensemble des sites sableux en Bretagne faisant l’objet de suivis mensuels sur la période 2002-2022..... 57

Figure 16 : Surfaces couvertes par les ulves en début de saison (avril+mai) et lien avec le niveau de couverture de la fin de l’année n-1. Les niveaux plus faibles qu’attendus en 2006, 2007, 2010, 2013, 2014, 2015, 2016, 2018 et 2020 s’expliquent par : des températures de l’eau plus froides en hiver/printemps que la moyenne (environ 1 mois de retard sur les températures de l’eau sur avril-mai-juin pour 2006, 2010 et 2013) ; le caractère particulièrement dispersif de l’hiver (pour 2007, 2013, 2014, 2015, 2016, 2018 et 2020). Le caractère plus précoce qu’attendu en 2017 s’explique par l’hiver le moins dispersif et parmi les plus lumineux. La position de 2022 (cercle vert) est liée en majorité aux surfaces importantes sur les baies de Saint Brieuc et Fresnaye (70 % des surfaces d’octobre et 93 % des surfaces avril+mai). .... 61

Figure 17 : relation entre les surfaces avril+mai d’une année n avec le niveau d’octobre n-1 sur la période 2002-2016 (figure de gauche) et sur 2002-2022, en retirant les 2 années particulièrement précoces sur la baie de Saint Brieuc 2017 et 2019 (figure de droite) ..... 61

Figure 18 : données de température de l’eau en baie de Morlaix en 2006 par rapport à la moyenne 1985-2006 (données SOMLIT fournies par la Station Biologique de Roscoff)..... 62

Figure 19 : données de température de l’eau en baie de Morlaix entre 2000 et septembre 2023 sur le point Astan au fond -60m (données SOMLIT fournies par la Station Biologique de Roscoff). On distingue les années 2006, 2010 et 2013 dont les profil sont quasiment identiques avec des température de l’eau, à partir de mars et jusqu’en juin voire juillet, qui restent très inférieures aux moyennes pluriannuelles (plus de 1 degré inférieur soit un mois de retard sur le réchauffement printannier). Les hivers 2006-2007, 2011-2012, 2013-2014, 2014-2015, 2015-2016, 2016-2017, 2018-2019, 2019-2020 et 2021-2022 présentent, des températures de l’eau demeurées élevées..... 62

Figure 20 (a) et (b) : statistiques de houle du modèle GFS stockées sur le site Internet Windguru pour le site de Lannion (archivage de la dernière prévision tri-horaire) et compilation par catégorie de hauteur de vague pour la période de novembre à mars. (a), à gauche pour les houles de plus de 2.5 m et (b), à droite pour les houles de plus de 3.5 m. On distingue les hivers 2006-2007, 2013-2014 (le plus dispersif), 2015-2016 et 2019-2020, particulièrement dispersifs dans la série analysée (série la plus longue disponible). L’hiver 2016-2017 est le moins dispersif. .... 63

Figure 21 : écart (pourcentage) entre les heures d’ensoleillement sur les stations MétéoFrance littorales suivies et les normales pour ces stations. .... 63

Figure 22 (a) et (b) : flux moyens mensuels à l’exutoire des bassins versants PLAV concernés par les proliférations (moyenne des flux mensuels des 7 cours d’eau alimentant les sites du programme « Prolittoral 2002-2006 » + flux des trois cours d’eau du fond de baie de Saint Brieuc : Gouessant Urne Gouet + flux de l’Horn + Guillec). Seules certaines années ont été sélectionnées sur ces graphiques, ainsi que les moyennes pluriannuelles 2002-2021 et 2010-2021 (flux des années les plus récentes dont le niveau moyen est moins élevé). La figure du haut (a) présente les flux sur l’ensemble de l’année tandis que la figure du bas (b) présente les flux sur la période la plus sensible. .... 66

Figure 23 : Ecarts des flux mensuels, annuels et saisonniers aux exutoires des BV AV par rapport aux années antérieures (moyenne des sommes mensuelles pour tous les BV). Sur l’ensemble de la période annuelle, le flux



est de 42 % inférieur à la moyenne 2010-2021 (valeur d'octobre conforme à la moyenne et valeur de février, la plus écartée avec – 60 % de flux) ; sur la période sensible « mai-août » le flux est inférieur à la moyenne 2010-2021 de 46 % ; les mois de mai à août étant tous compris entre -45 et – 48%. Ces « valeurs régionales » sont cependant très variables selon les territoires : défaut de flux très élevé sur l'est des Côtes d'Armor et la baie de Douarnenez (de – 72 à – 55 %) et plus proche des moyennes sur les bassins granitiques (autour de 30 à 40 % de défaut de flux). .....	67
Figure 24 : pluviosité sur les stations Météo France suivies entre octobre 2021 et septembre 2022 comparée au niveau moyen des années 1981-2010 .....	68
Figure 25 : (gauche) Ecart, par BV, entre flux d'azote inorganique dissous sur mai-août 2022 et le flux pluriannuel 2010-2021 et (droite) détails des écarts mensuels sur mars à septembre 2022, et écart au flux annuel 2022 (octobre 2021-septembre 2022) et sur la période « sensible » (mai-août 2022) et les flux pluriannuels 2010-2021. Les différences observées s'expliquent principalement par les différences locales de pluviosité et les contextes géologiques locaux. ....	69
Figure 26 : Données de MétéoFrance de pluviosité mesurée sur la station de Saint Brieuc de 2013 à 2022 .....	69
Figure 27 (a), (b) et (c) : Flux d'azote sur la période sensible (moyenne des flux de mai à août sur 8 baies du PLAV) et niveau de surfaces couvertes par les algues vertes en fin de saison (surface en août + septembre sur les plages bretonnes). Les surfaces couvertes par des algues brunes (ou rouges) filamenteuses notamment en 2011, 2012, 2013, 2015 et 2017 en baie de Saint Brieuc, en 2016 à 2021 sur la baie de Douarnenez et depuis 2006 sur l'est du département des Côtes d'Armor) ne sont pas comptabilisées ici. ....	70
Figure 28 : en haut, ensoleillement sur les stations Météo France suivies sur la période janvier à décembre 2022 ; bas, écarts mensuels (%) entre le rayonnement global mesuré par MétéoFrance à Saint-Cast-le-Guildo et la moyenne 2002-2021 .....	78

## Liste des cartes

Carte 1 : Survol réalisé pour le suivi des marées vertes en 2022 – Suivis RCS et RCO de la DCE .....	11
Carte 2 : Echouages d'ulves observés en juillet ou septembre 2022 .....	23
Carte 3 : sites touchés par des échouages d'ulves en 2022 (inventaires de mai, juillet, septembre) .....	29
Carte 4 : Sites touchés par des échouages d'ulves au moins une fois depuis 1997 .....	36
Carte 5 : Sites les plus fréquemment touchés par des échouages d'ulves sur la période 1997-2022 .....	37
Carte 6 : Vasières touchées par des échouages d'ulves au cours de la saison 2022 .....	40
Carte 7 : Surfaces couvertes par les ulves cumulées lors des 3 inventaires de surveillance de la saison 2022 (par classe de surface) .....	49
Carte 8 : Surfaces couvertes par les ulves cumulées lors des 3 inventaires de surveillance de la saison 2022 (symboles proportionnels) .....	50
Carte 9 : Surfaces couvertes par les ulves sur les plages, cumul par Masse d'Eau en 2022 .....	51
Carte 10 : Variation des échouages d'ulves en 2022 entre avril et octobre .....	55
Carte 11 : Surfaces couvertes par les ulves sur les principaux sites sableux - Cumul des 7 inventaires 2022 et moyenne 2002-2021 .....	59
Carte 12 : Surfaces annuelles d'échouage d'ulves sur les principaux sites entre 2002 et 2022 (cumul annuel) .....	73



## 1. CONTEXTE ET OBJECTIFS

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

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

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

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

Les interprétations porteront sur :

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

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



### Détails des suivis réalisés (RCO) :

#### ■ Suivis aériens :

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

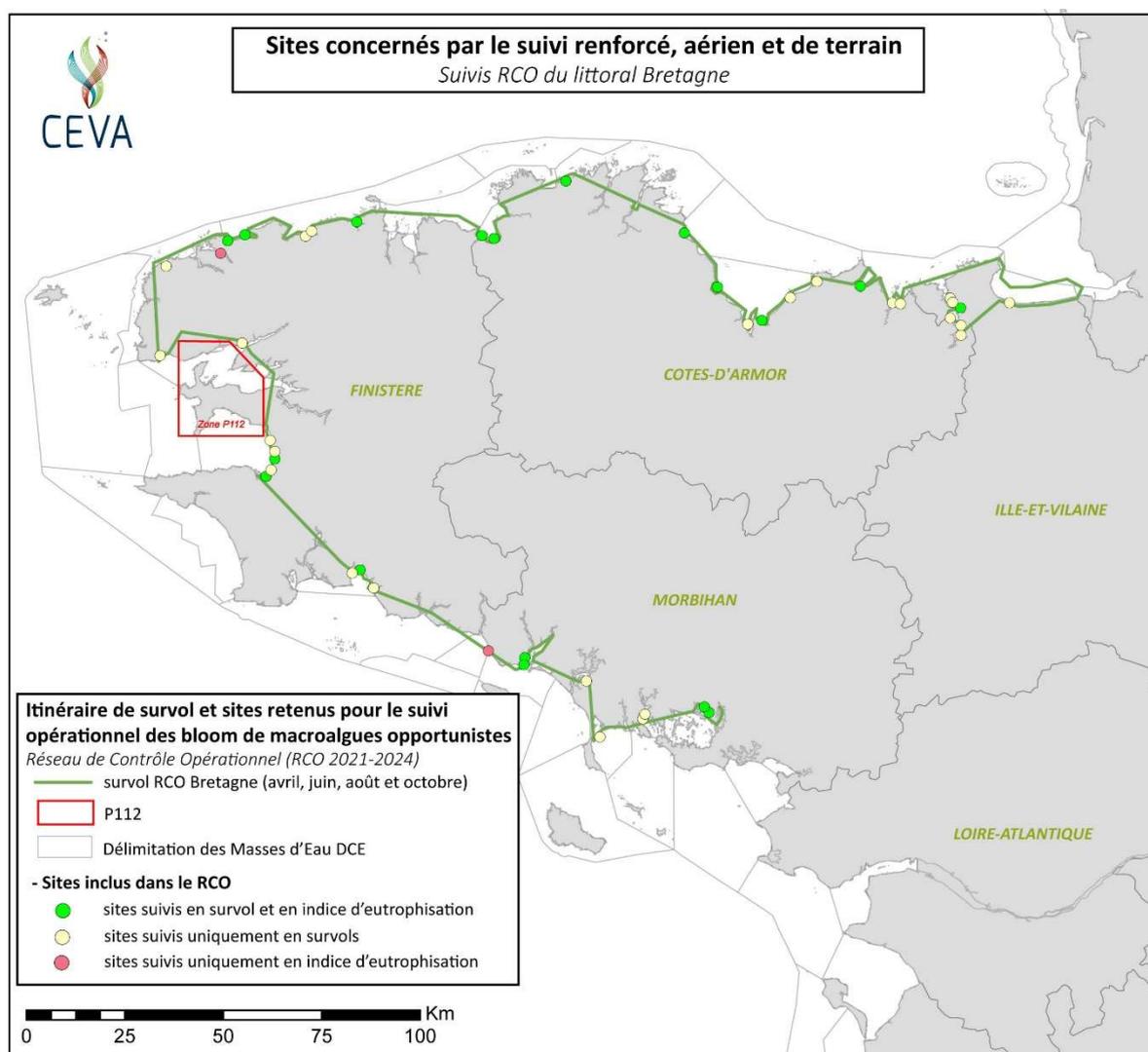


Figure 1 : plan de vol RCO Bretagne et localisation des sites intégrés au suivi

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



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

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

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



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

▪ **Evaluation des stocks totaux :**

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

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

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

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



## 2. METHODES

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

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

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

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

En plus du pilote, un observateur-photographe est chargé à la fois des prises de vue et du report des informations essentielles. Les acquisitions ont été réalisées avec un appareil Nikon D7500 de 21 MP (ou D7100 de 24MP), équipé d'un objectif Nikkor 18-140 VR et du module GPS GP1A. C'est dans l'avion, en fonction de la perception aérienne, que sont pré-déterminés les sites devant faire l'objet de contrôle de terrain ; la liste définitive est consolidée au retour à terre, après visualisation des photos de l'ensemble du littoral.

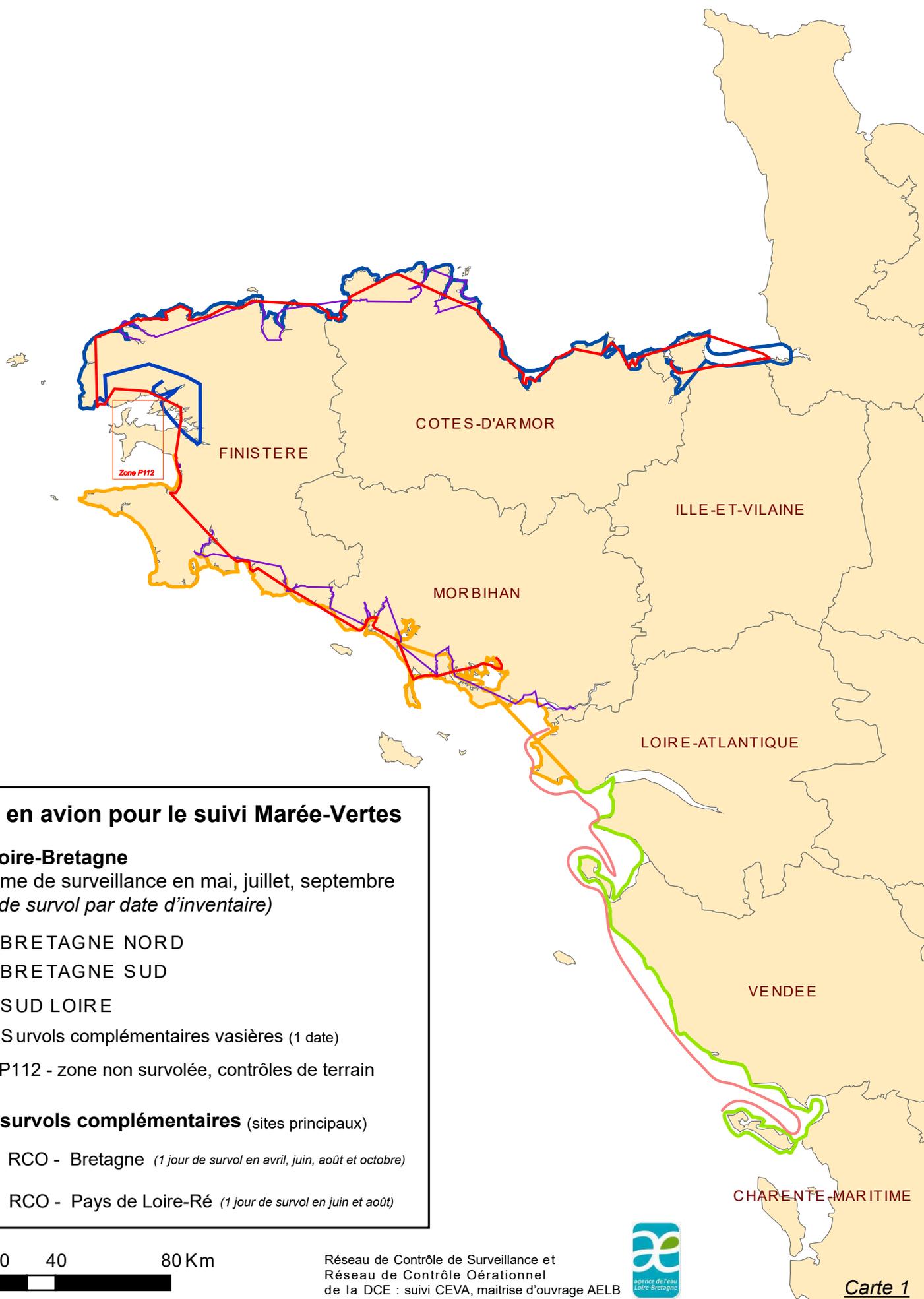
Une fois les photos acquises, les opérateurs de terrain sont rapidement dépêchés sur site afin de valider ou non le constat de site d'« échouage d'ulves ». Ces opérateurs relèvent les proportions des différentes algues en présence, en font des constats photographiques, recueillent, si besoin, des échantillons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

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

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

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

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



**Trajet en avion pour le suivi Marée-Vertes**

**- RCS Loire-Bretagne**

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

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

**- RCO : survols complémentaires** (sites principaux)

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

0 20 40 80 Km



## 2.2. Estimation quantitative surfacique

Lors des survols, tous les dépôts d'algues sont photographiés ce qui implique un nombre de photos plus ou moins important en fonction de la taille du site et des conditions atmosphériques qui imposent une altitude de vol. En 2022, tous les sites de type « sableux » classés « site à échouage d'ulves », ont fait l'objet d'une estimation surfacique (comme cela était le cas de 2002 à 2012 puis depuis 2014 sur les côtes bretonnes). Pour les sites à « marée verte » de type 3 « vasières », les évaluations surfaciques sont réalisées sur une liste de 10 ME (hors bon état sur les années 2008-2010 ; les dépôts d'algues vertes des autres ME sont photographiés mais les digitalisations ne sont pas réalisées). Pour les sites faisant l'objet d'une estimation surfacique des couvertures en ulves, les images acquises les plus pertinentes sont sélectionnées puis importées sous SIG. Le nombre de photos utilisées pour l'estimation des surfaces varie en fonction de la taille du site et de l'altitude de vol (une quinzaine de clichés pour les plus grands sites). Les photographies sont souvent obliques (en particulier dans le cas des grandes baies, surtout lorsque le plafond nuageux interdit une prise d'altitude suffisante) ce qui impose, pour pouvoir mesurer les surfaces de dépôt, la rectification des clichés par géoréférencement. Pour les sites présentant de vastes estrans et nécessitant de nombreuses prises de vues pour couvrir l'ensemble des dépôts à une résolution adaptée, et lorsque la qualité des prises de vues aériennes le permet (peu de nuages, recouvrement suffisant entre les photos), il est possible d'utiliser les techniques de photogrammétrie pour réaliser des « mosaïques orthorectifiées ». Cette méthode permet, entre autre, d'optimiser la précision et la résolution du géoréférencement, ainsi que le volume de données. Ainsi, une photo de bonne résolution (zoomée) mais présentant peu ou pas d'amers stables dans le temps (donc pas disponible sur les ortholittorales ni dans les bases d'amers CEVA) pourra-t-elle être utilisée en exploitant les structures visibles sur cette photo ainsi que sur des photos des zones adjacentes (par exemple les figures de dépôt d'ulves sur l'estran).

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

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

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

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

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

---

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



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

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

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

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

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

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

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



Depuis 2011, et jusqu'en 2022, le traitement des données des 10 masses d'eau les plus touchées (base classement sur 2010, Tableau 2) a été retenu plutôt que l'exhaustivité des vasières touchées par des tapis d'ulves comme les années précédentes. Il est essentiel de noter que les surfaces d'algues vertes se développant sur les zones vaseuses des MEC majoritairement sableuses ne sont donc plus considérées dans l'évaluation de la qualité écologique des masses d'eau depuis 2011. Sur ces années, sur les MEC comme sur les MET, les surfaces des sites de vasière sont estimées en se focalisant sur le mois d'inventaire reflétant le maximum annuel surfacique.

Tableau 2: Récapitulatif des MET et assimilées faisant l'objet d'une évaluation surfacique en 2022

Code ME	ME suivies en 2022
FRGT02	✓
FRGT03	✓
FRGT06	✓
FRGT07	✓
FRGT08	✓
FRGT14	✓
FRGT20	✓
FRGT21	✓
FRGT24	✓
FRGC39	✓

A noter qu'en 2022, un travail additionnel a été commandé par l'Agence de l'Eau au CEVA : afin de confirmer le classement de la FRGT12 (Aulne), les digitalisations des surfaces annuelles maximales ont été tracées sur les années 2017 à 2022 et ont fait l'objet d'un rapport spécifique en avril 2023.

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

Les digitalisations sont effectuées sur le mois d'inventaire correspondant au maximum annuel du développement algal, le choix du maximum étant fait par appréciation visuelle des dépôts à partir des photos aériennes prises lors des trois mois d'inventaire. Ce changement de procédure a pour conséquence l'absence de digitalisation sur les sites de vasière qui appartiennent à une masse d'eau côtière (grille type 1) ce qui entraîne une sous-estimation de l'importance de la marée verte à l'échelle de la masse d'eau. Pour illustrer ce cas, la Figure 2 ci-dessous présente la masse d'eau côtière FRGC09 qui contient 9 sites dont 3 de type vasière (Anse de Perros, Penvern et Diben) sur lesquels aucune digitalisation n'a été effectuée au cours des années 2011 à 2022. Néanmoins, cela conduit à une homogénéisation des données utilisées dans le cadre de l'évaluation de la qualité écologique des masses d'eau côtières, les sites de vasière n'étant comptabilisés qu'au maximum annuel de développement des algues vertes à l'inverse des sites ouverts qui peuvent faire l'objet de trois estimations par an (à condition que le site soit classé comme touché par une « marée verte à ulves »).

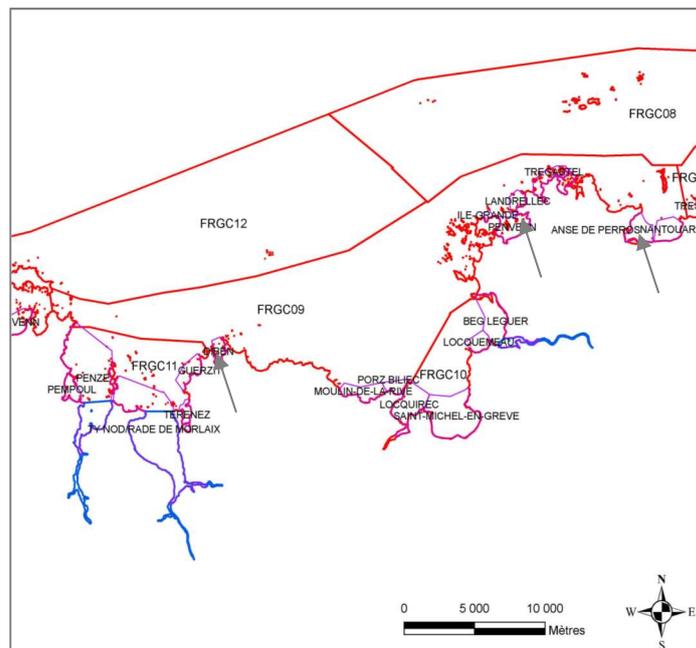


Figure 2 : Découpage des masses d'eau sur la côte nord de la Bretagne (FRGC en rouge et FRGT en bleu) combiné au découpage par sites à « échouage d'ulves » (violet). Les trois sites de vasière sont indiqués par les flèches

Pour une vision complète de l'inventaire 2022 concernant les masses d'eau de transition (FRGT) et assimilées (FRGC07, FRGC11, FRGC16 et FRGC39), la Figure 3 ci-dessous illustre les masses d'eau sur lesquelles les données ont été ou non acquises. Les sites de vasière des masses d'eau côtières sur lesquels aucune digitalisation n'a été effectuée sont également signalés.

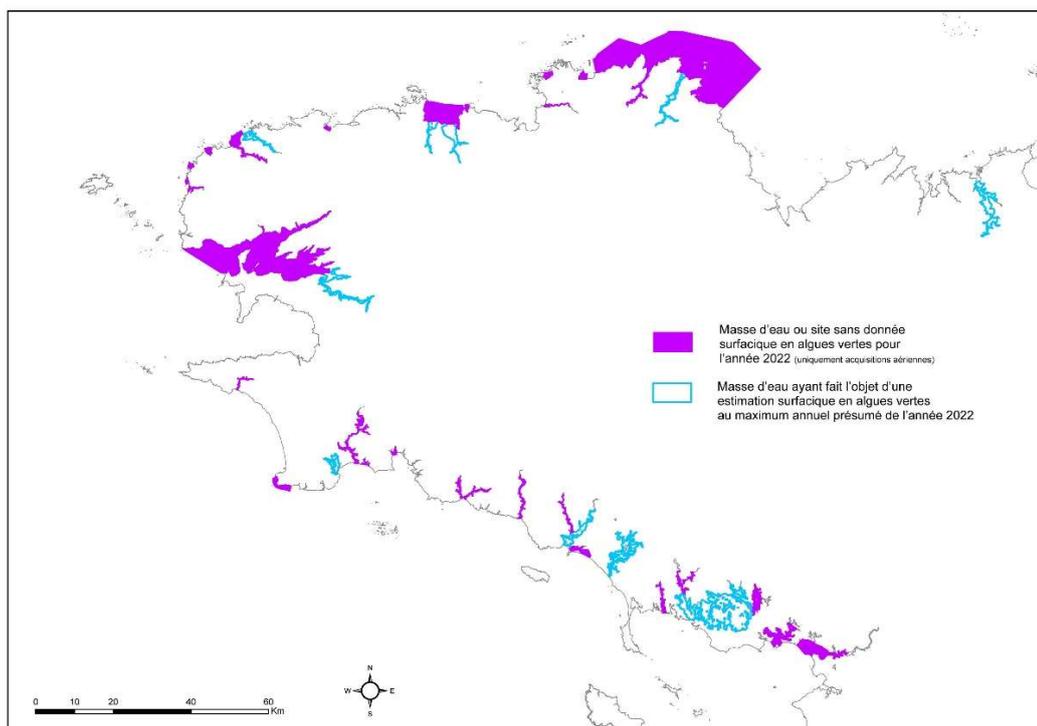


Figure 3 : Illustration des masses d'eau et des sites à « échouages d'ulves » de milieux vaseux. Les masses d'eau pour lesquelles les données ont été complètement acquises en 2022 apparaissent en bleu. Les masses d'eau et les sites pour lesquels les données surfaciques n'ont pas été acquises en 2022 apparaissent en violet (uniquement acquisition des photographies aériennes).

Les résultats des suivis surfaciques sur l'ensemble du linéaire Loire Bretagne, allant jusqu'au classement des masses d'eau sur l'EQR « macroalgues opportunistes » sont présentés dans le rapport RCS DCE Loire-Bretagne 2022.



### 2.3. Indices d'eutrophisation

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

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

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

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

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

➤ Moyens mis en œuvre :

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

- **Description de l'indicateur :**

L'indicateur consiste à analyser l'évolution des teneurs en azote ou en phosphore des ulves, par rapport aux niveaux  $Q_1N$  ou  $Q_1P$ , en dessous desquels la croissance des algues est limitée par N ou P, et  $Q_0N$  ou  $Q_0P$  à partir desquels la croissance s'annule (cf. Dion et LeBozec, 1997). Ces valeurs de quotas ont été consolidées à partir de données de la littérature établies pour des ulves (Villares et Caballeira, 2004, Daalsgard et Krause-Jensen, 2006) et à partir d'expérimentations réalisées au CEVA sur *Ulva lacunculata* (Kützling) (anciennement *Ulva armoricana*)<sup>2</sup> (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.

<sup>2</sup> Les récentes analyses génomiques ont permis de mettre en évidence des séquences très similaires voire identiques entre *U. lacunculata* Kützling, *U. rigida* C.Agardh, *U. armoricana* Dion, Reviers & Coat, *U. laetevirens*, *Ulva scandinavica* Bliding. Etant donné qu' *U. lacunculata* est le plus ancien nom validement publié, c'est le nom correct à appliquer à l'espèce mondialement distribuée qui était précédemment mais incorrectement connue sous le nom d'*U. rigida* (Hughey et al. 2021).



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

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

On prendra comme hypothèse qu'*Ulva lactuca* (anciennement *Ulva rotundata*<sup>3</sup>), présente dans certains sites, possède les mêmes caractéristiques de quotas limitants que qu'*Ulva lacunculata*, espèce la plus répandue dans les marées vertes et qui est la seule à avoir fait l'objet d'investigations précises pour la détermination de ses quotas internes critiques et de subsistance.

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

Les algues ont été prélevées à une fréquence bimensuelle, totalisant 192 prélèvements effectués dès l'apparition nette et régulière des algues sur l'estran des sites (un nombre plus important de sites ont été « visités » pour réaliser des prélèvements mais certains ne présentaient pas assez d'algues pour un échantillonnage significatif). Les premiers prélèvements ont été réalisés du 2 au 4 mai (sur 15 sites qui présentaient déjà suffisamment d'algues pour effectuer un prélèvement à cette date) et les derniers du 11 au 15 septembre (18 sites qui présentaient encore suffisamment d'ulves pour effectuer des prélèvements). Le démarrage tardif de certains des sites, explique le plus faible nombre de mesures en début de saison. Pour d'autres sites deux espèces distinctes en prolifération ont pu impliquer le prélèvement de deux lots d'algues. A chaque date et lieu de prélèvement, les algues ont été échantillonnées à marée basse, au niveau de la masse d'algues flottantes de bas de plage. Sept à dix échantillons de 20 à 50 g ont été, à chaque fois que les quantités d'algues présentes le permettaient, récoltés à une dizaine de mètres les uns des autres, puis rassemblés en un seul lot dans un sac plastique. De retour au laboratoire, les lots ont été conditionnés (tri, lavage, rinçage, lyophilisation) pour stockage avant analyse. Avant les analyses, les lots sont homogénéisés lors du broyage à 120 microns au broyeur à couteaux. Chaque lot a fait l'objet d'une analyse du contenu en azote (azote Kjeldahl), en phosphore total, sur la matière sèche. L'ensemble des dosages a été réalisé par UPScience, laboratoire agréé COFRAC, sous-traitant du CEVA. A noter que pour quelques prélèvements (18) les quantités de matière étaient insuffisantes pour effectuer les dosages en « macro-analyse ». Dans ces cas, des dosages par « micro-analyse » ont été réalisés. C'est, dans la majorité des cas, pour des échantillons d'autres algues que les ulves (Ectocarpales en majorité, algue brune pour laquelle il est difficile de prélever et trier/laver des quantités suffisantes pour des macro-analyses). Enfin, certains échantillons, dont les valeurs semblaient aberrantes, ont fait l'objet de redosage afin de confirmer ou infirmer les premières valeurs obtenues (12 échantillons concernés, soit 204 analyses réalisées au total).

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

- ✓ Les sites suivis (Tableau 1) sont ceux listés dans le CCTP de l'étude et correspondent à la liste établie en 2011 permettant d'avoir un suivi historique de ces sites. Cette liste comprend :
  - la totalité des « sites principaux », faisant actuellement l'objet de modélisations d'objectifs de qualité à atteindre aux exutoires et/ou d'actions BV spécifique dans le cadre du plan gouvernemental AV.

---

<sup>3</sup> Les récentes analyses génomiques ont permis de mettre en évidence qu'*Ulva rotundata* serait un synonyme hétérotypique de l'espèce *U. lactuca* (Hughey et al. 2021).



- quelques sites secondaires sur lesquels il semblait intéressant de poursuivre la chronique de connaissance de ces niveaux.
- ✓ la fréquence d'échantillonnage a été globalement bimensuelle pour l'ensemble des sites, générant en moyenne 10 prélèvements par site au cours de la saison de prolifération. Cependant, pour certaines dates, les algues n'étaient pas présentes ou pas accessibles (en rideau mais non accessible en cas de vagues qui déferlent) ce qui explique certaines dates sans valeur. Les campagnes additionnelles mises en œuvre les années antérieures (afin de consolider à une échelle hebdomadaire l'analyse la descente des quotas azotés et phosphorés, certains sites faisaient l'objet de 3 campagnes de prélèvements supplémentaires sur la période la plus critique du développement du bloom) n'ont pas été mise en œuvre en 2022, conformément au cahier des charge de l'étude.

## 2.4. Missions réalisées

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

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

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

#### **Mai :**

- 16 mai : côtes de Bretagne Nord ; coeff. 99
- 17 mai : côtes Sud Loire ; coeff. 100
- 18 mai : côtes de Sud Bretagne ; coeff. 95

#### **Juillet :**

- 12 juillet : côtes de Bretagne Nord ; coeff. 80
- 13 juillet : côtes de Bretagne Sud ; coeff. 89
- 15 juillet : côtes Sud Loire ; coeff. 98
- 12 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. 80
- 11 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. 90

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

#### **Septembre :**

- 9 septembre : côtes du Sud Loire ; coeff. 93
- 10 septembre : côtes de Bretagne Nord ; coeff. 102
- 12 septembre : côtes de Bretagne Sud ; coeff. 103



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 4 jours suivant le survol pour la majorité des sites) permet de minimiser le risque de ne pas retrouver, lors des contrôles de terrain, les algues photographiées lors de la mission aérienne. Ces contrôles ont pu être réalisés sur les sites principaux pour lesquels cela avait été jugé nécessaire.

➤ **Suivi aérien complémentaire (RCO)**

Les 4 survols complémentaires se sont déroulés aux dates suivantes :

- 16 avril ; coeff. 97, et 18 avril (complément baie de Saint Briec et Binic sous la brume le 16) ; coeff. 102
- 14 juin ; coeff. 93,
- 12 août ; coeff. 99,
- 8 octobre ; coeff. 93.

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

Les algues ont été prélevées à une fréquence bimensuelle, dans la mesure où leur présence permettait les prélèvements, sur tous les sites présentés dans le Tableau 1, à partir du 2 mai pour les premiers prélèvements et jusqu'au 15 septembre pour les derniers prélèvements.



## 3. RESULTATS

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

*Bien que ne faisant pas partie du programme RCO 2022, il est proposé ici une analyse à l'échelle de la Bretagne des sites concernés par des échouages d'ulves sur la base des observations du « programme DCE surveillance » des côtes Loire Bretagne. Cette analyse permet de poursuivre la série acquise dans le cadre des programmes CIMAV et Prolittoral et antérieurement pour le compte de l'Agence de l'Eau Loire Bretagne depuis 1997. Il ne s'agit ici que d'une extraction des données acquises à l'échelle du littoral Loire Bretagne pour le « réseau de contrôle de surveillance » (RCS).*

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

#### 3.1.1. Sites touchés par des échouages d'ulves en 2022

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



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

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

L'année 2022 ne comportant que trois inventaires régionaux, au lieu de 4 entre 2002 et 2006, il n'est pas possible de comparer de façon brute les données de 2022 à la série 2002-2006. Pour pouvoir comparer au mieux les données de l'année, sont isolés les inventaires « d'été » (juillet ou septembre) pour les comparer aux données des années antérieures.

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

Afin de pouvoir comparer entre elles les années de la série 2000-2022 concernées par au moins deux survols en période estivale, ne sont considérés ici que les dénombrements de juillet et septembre 2022.

On comptabilise alors sur le littoral breton :

- 41 sites touchés par des échouages d'ulves en juillet 2022 (carte en annexe 1)
- 36 sites touchés en septembre 2022 (carte en annexe 1)
- 50 sites au total touchés en juillet ou en septembre 2022 (carte 2)

Sur ces 50 sites recensés, en période estivale, 27 sont touchés lors des deux inventaires et 23 lors d'un des deux inventaires.

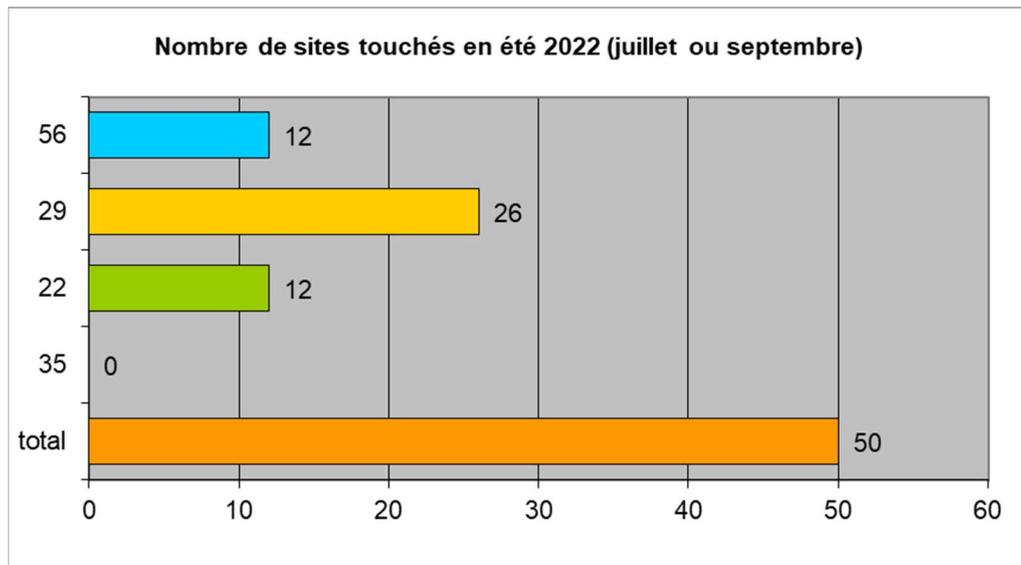


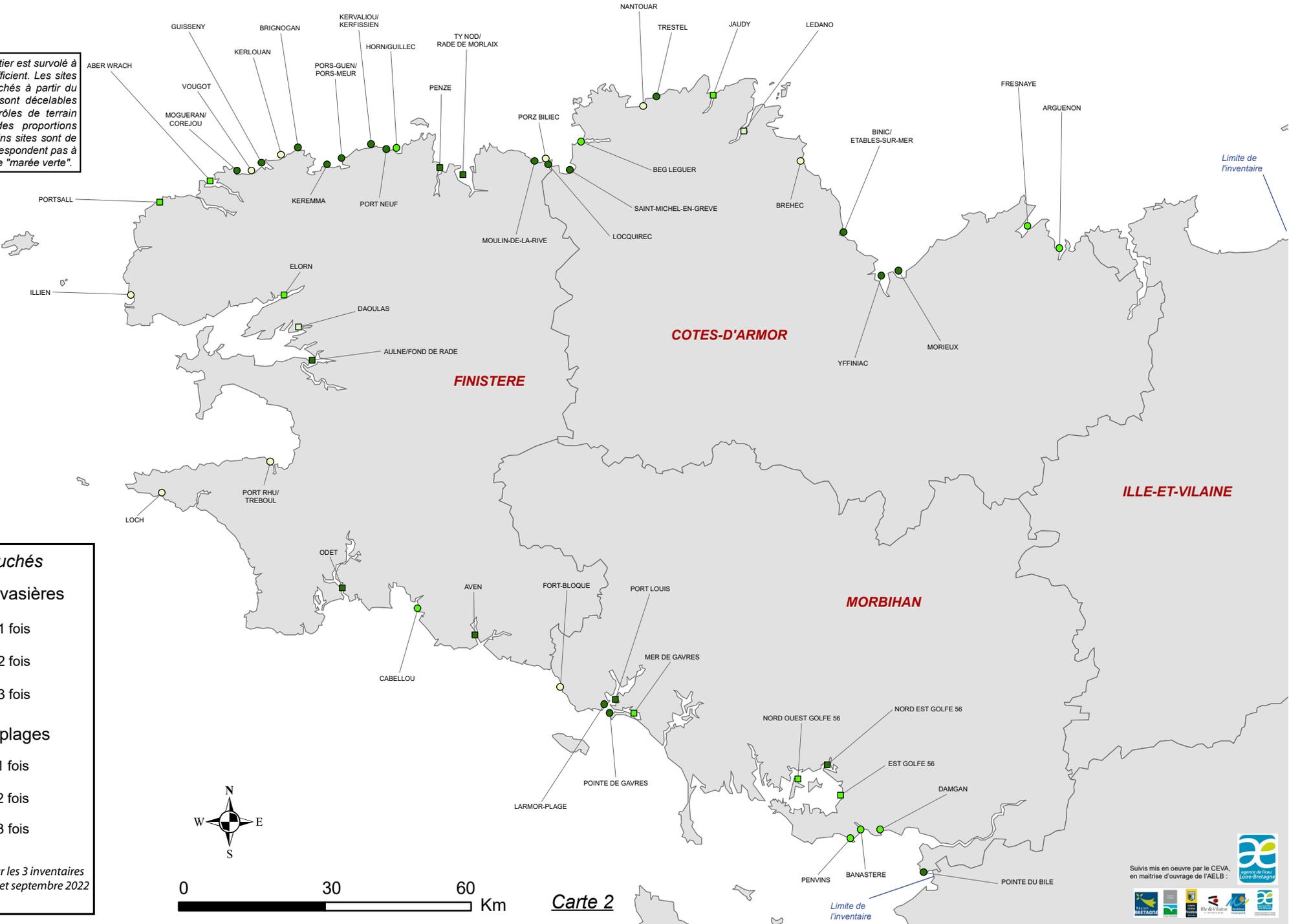
Figure 4 : Nombre de sites touchés par des échouages d'ulves au moins une fois pour les inventaires estivaux en 2022 (juillet ou septembre) par département (Côtes d'Armor (22), Finistère (29), Ille et Vilaine (35) et Morbihan (56)).

La Carte 2 et la Figure 4 montrent la nette prédominance, en nombre de sites, du département du Finistère qui, sur cette période de l'année, regroupe plus de la moitié (52 %) des sites des côtes bretonnes ; suivent, avec 2 fois moins de sites, les départements des Côtes d'Armor et du Morbihan (24 % des sites sur chaque département) ; le département d'Ille et Vilaine n'est pas touché en 2022 sur cette période par des échouages d'ulves (à noter que certains sites de la Rance ont été concernés par des développements d'algues vertes filamenteuses mais n'ont pas été classés pour présence anormale d'ulves).

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

# Echouages d'ulves observés en juillet ou septembre 2022

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".



**50 sites touchés**

**Sites de type vasières**

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

**Sites de type plages**

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

Occurences calculées sur les 3 inventaires généraux de mai, juillet et septembre 2022

Carte 2



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

Les suivis, avant la mise en place de Prolittoral en 2002, ne comportaient que des inventaires en période estivale, ce qui avait été analysé comme réducteur, certains secteurs étant concernés par des échouages très précoces, d'autres par des échouages tardifs, d'autres encore par des échouages irréguliers et dépendants des conditions météorologiques lors du vol ou dans les jours qui précèdent. Le fait d'augmenter le nombre de survols permet alors de diminuer le « risque » de passer à côté de ces sites d'échouage. Afin de percevoir le phénomène de façon plus complète et de mieux estimer l'évolution annuelle sur chaque site, deux survols supplémentaires, l'un printanier, l'autre automnal, ont été réalisés chaque année de 2002 à 2006 (au total, 4 survols régionaux : mai, juillet, août et octobre). Depuis 2007, l'inventaire comporte 3 dates d'inventaire (mai, juillet et septembre). Le paragraphe précédent présentait les résultats des suivis de 2022 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, 61 sites** ont été classés comme touchés par des échouages d'ulves. Le mois de mai 2022 est le mois présentant le plus de sites touchés, ce qui montre bien l'intérêt de l'ajout de cet inventaire de début de saison. En mai 2022 le nombre de sites touché **est supérieur au niveau moyen** (54.0 sur 2002-2021 soit + 13%) signe d'une année précoce sur cet indicateur « dénombrement ». Le niveau est cependant nettement au-dessus des années les plus précoces (respectivement 79, 76, 76 et 75 sites en mai pour 2017, 2016, 2011 et 2009). Cet inventaire de début de saison, a permis de repérer **25 sites additionnels par rapport à la situation relevée sur la seule période estivale** (juillet-septembre). Ces sites repérés uniquement en mai correspondent à des sites « précoces » qui ont présenté une prolifération printanière d'ulves (« Minihic sur Rance », « Lancieux », « Moulin-Blanc », « Roscanvel », « Lodonnet », « Concarneau », « Ria d'Etel », « Carnac », « Quiberon », « Sud Golfe 56 », « Saint Gildas de Rhuys », ...) puis des quantités d'ulves trop faibles ensuite pour que les sites soient classés (pas perceptibles en aérien ou proportion d'ulves trop faible dans un échouage mixte, cas par exemple de « Kervijen/Ty an Quer », « Sainte Anne la Palud », « Kerleven/Saint Laurent »). A noter que l'analyse des surfaces couvertes donne une image assez convergente de la précocité de l'année 2022 (prolifération « régionale » qualifiée de précoce avec des surfaces en « avril + mai » de plus de 50 % supérieures au niveau de 2002-2021).

- **61 sites touchés en mai** (carte en annexe 1),
- **25 sites repérés uniquement en mai**,
- **75 sites au total sur l'ensemble de l'année** (Carte 3 et Figure 5).



Figure 5 : Nombre de sites touchés par département par des échouages d'ulves au moins une fois en 2022 (mai, juillet, septembre).

Parmi les 25 sites classés uniquement au mois de mai, 11 se trouvent sur les côtes du Finistère ; 11 sur les côtes du Morbihan (dont 8 sont des sites « sableux » et 3 des vasières) ; 2 sur les Côtes d'Armor et 1 les côtes d'Ille et Vilaine.

Sur l'ensemble de l'année, le département du Finistère comprend le plus de sites (49 %) repérés sur le littoral breton. Viennent ensuite les départements du Morbihan (31 %) puis des Côtes d'Armor (19 %), et loin derrière celui d'Ille et Vilaine (1 %).

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

L'ensemble des résultats des 3 inventaires de 2022 est présenté dans le Tableau 3 avec le rappel des résultats des années antérieures (3 inventaires également pour les années 2007 à 2021, 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 2022 comparés aux années 2002-2021 sur 3 ou 4 dates d'inventaires. Le site de la Fresnaye, touché par des échouages d'*Ulvaria* (« ulvoïde ») de 2007 à 2009 puis de 2015 à 2022 a été classé dans ces sites « ulves ».**

Département	35	22	29	56	Total
<b>Mai 2022</b> (2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021)	<b>1</b> (0, 0, 2, 4, 3, 4, 3, 4, 1, 4, 0, 1, 2, 0, 0, 1, 0, 1, 0, 0)	<b>10</b> (12, 9, 9, 10, 4, 8, 12, 10, 5, 11, 5, 6, 7, 8, 13, 11, 7, 8, 9, 9)	<b>28</b> (20, 19, 23, 27, 28, 23, 28, 41, 27, 47, 29, 26, 19, 30, 44, 44, 31, 30, 30, 29)	<b>22</b> (11, 10, 9, 17, 16, 7, 9, 20, 9, 14, 15, 10, 5, 16, 19, 23, 25, 16, 18, 13)	<b>61</b> (43, 38, 43, 58, 51, 42, 52, 75, 42, 76, 49, 43, 33, 54, 76, 79, 63, 55, 57, 51)
<b>Juillet 2021</b> (2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021)	<b>0</b> (1, 1, 2, 2, 3, 5, 4, 5, 1, 0, 0, 1, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 1)	<b>10</b> (14, 11, 12, 13, 10, 11, 17, 16, 11, 10, 7, 11, 9, 13, 12, 11, 8, 12, 10, 14)	<b>22</b> (43, 34, 45, 40, 48, 46, 50, 51, 41, 55, 52, 47, 39, 48, 39, 41, 30, 33, 38, 32)	<b>9</b> (12, 8, 11, 14, 16, 13, 13, 20, 15, 14, 15, 11, 11, 14, 16, 17, 13, 14, 14, 16)	<b>41</b> (70, 54, 70, 69, 77, 75, 84, 92, 68, 79, 74, 70, 59, 75, 68, 69, 51, 59, 62, 63)
<b>Août 2007 à 2021 : pas d'inventaire</b> (2002, 2003, 2004, 2005, 2006)	(0, 1, 2, 1, 3)	(12, 9, 11, 11, 9)	(34, 35, 34, 31, 32)	(10, 2, 6, 9, 11)	(56, 47, 53, 52, 55)
<b>Septembre 2021</b> (2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021) ; pas d'inventaire de 2002 à 2006	<b>0</b> (5, 2, 2, 1, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 2)	<b>8</b> (17, 15, 12, 10, 7, 9, 10, 11, 13, 11, 11, 10, 10, 13, 16)	<b>20</b> (45, 38, 43, 46, 40, 45, 40, 46, 41, 35, 31, 34, 37, 33, 29)	<b>8</b> (8, 11, 15, 12, 8, 10, 9, 10, 11, 10, 15, 12, 14, 8, 11)	<b>36</b> (75, 66, 72, 69, 55, 64, 60, 57, 65, 56, 57, 56, 61, 54, 58)
<b>Octobre 2007 à 2021 : pas d'inventaire</b> (2002, 2003, 2004, 2005, 2006)	(1, 1, 4, 1, 2)	(12, 10, 9, 8, 6)	(36, 24, 26, 19, 30)	(12, 5, 7, 8, 6)	(60, 41, 46, 36, 44)

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



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

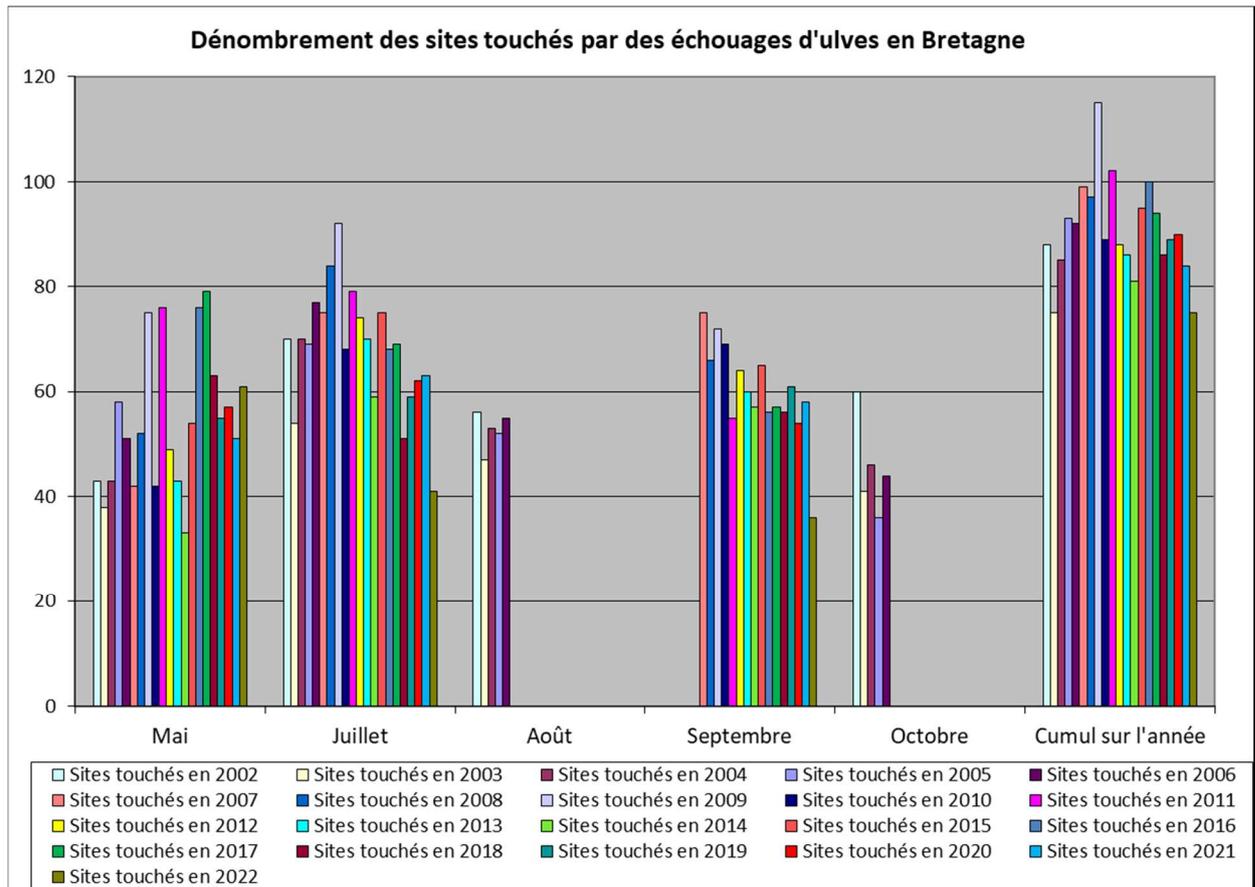


Figure 6 : Nombre de sites touchés par des échouages d'ulves par date d'inventaire sur l'ensemble du littoral breton. Le site de la Fresnaye, touché par des échouages d'*Ulvaria* (« ulvoïde ») de 2007 à 2009 puis de 2015 à 2022 a été classé dans ces sites « ulves ».

Pour l'ensemble des années, on trouve une augmentation forte entre mai et juillet (+ 29 % sur la série 2002-2021), puis une diminution à partir de cette date jusqu'à octobre (-11 % entre juillet et septembre sur les années 2007-2021 pour lesquelles on dispose d'une valeur en septembre). Les mesures depuis 2007 en mi-septembre plutôt que mi-août et mi-octobre semblent indiquer un léger rebond après le mois d'août et avant la dispersion automnale. Ce profil annuel des proliférations s'explique par :

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



Pour l'année 2022, **le profil** (en nombre de sites) **de la saison est atypique** : le mois de mai présente le plus grand nombre de sites (61 soit 8 % de plus qu'en moyenne 2007-2021), nombre qui diminue en juillet (-20 sites par rapport à mai soit 33 % de moins alors qu'en moyenne 2007-2021 le nombre de sites augmente de 24 %) et encore en septembre (- 5 sites soit 12 % de moins qu'en juillet, ce qui est conforme à la diminution moyenne entre ces deux mois sur 2007-2021). Le niveau de mai, supérieur à la moyenne 2007-2021, est surtout lié au département du Morbihan (7.4 sites de plus qu'en moyenne 2007-2021 pour mai) ; pour juillet, **c'est surtout le département du Finistère qui explique le moindre nombre de sites** (20.8 sites de moins qu'en moyenne 2007-2021) et plus marginalement le département du Morbihan (-5.4 sites par rapport à la moyenne). Pour le mois de septembre, le nombre inférieur de sites est **également dû au département du Finistère** (18 sites en moins qu'en moyenne 2007-2021) et de façon plus marginale par le département des Côtes d'Armor (-3.7 sites par rapport à la moyenne de septembre) et celui du Morbihan (-2.9 sites). Toutefois, le profil de l'année est décrit de façon nettement différente et plus précise (on tient compte de l'importance des proliférations à l'intérieur des « sites » et non du simple nombre de sites) dans la partie traitant des surfaces d'échouage.

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

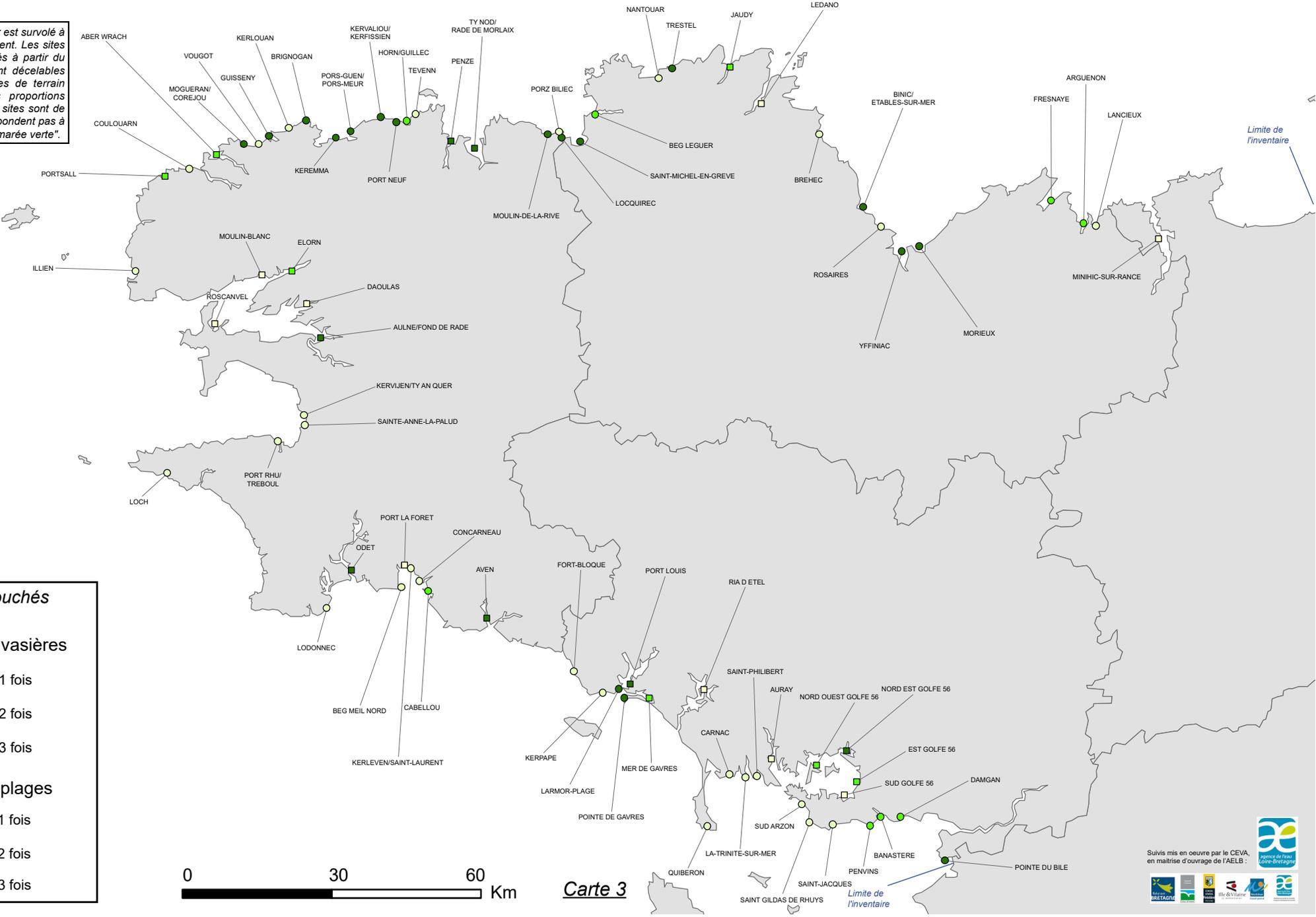
La carte des occurrences d'échouages d'ulves présente les 75 sites repérés dans l'année (Carte 3). L'analyse des occurrences par site permet de percevoir :

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

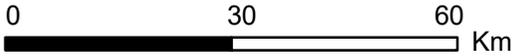
En 2022, un tiers des sites (32 %) est touché lors des 3 dates d'inventaire ce qui est proche de la situation moyenne, légèrement inférieur (35 % des sites sont en moyenne sur 2007-2021 dans ce cas et 48 % au maximum, en 2017). Ces sites sont généralement les plus problématiques, la prolifération y étant longue (probablement au moins de mai à septembre ; parfois même bien au-delà). Outre ces sites touchés systématiquement, on relève également 20 % des sites qui sont touchés deux fois sur les trois inventaires. Ces sites correspondent à des sites soit dont la période de prolifération est un peu moins longue soit dont les échouages sont plus irréguliers (on peut avoir présence d'ulves sur l'ensemble de la saison mais avec, lors de certains épisodes, de houle notamment, disparition des ulves de la zone de balancement des marées, les rendant indétectables par les moyens aériens et de terrain employés ici). Au total on a donc, en 2022, un peu plus de la moitié des sites (52 % contre 67 % des sites en moyenne sur 2007-2021 qui sont dans ce cas) 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 2022 (inventaires de mai, juillet ou septembre)

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



- 75 sites touchés**
- Sites de type vasières**
- site classé 1 fois
  - site classé 2 fois
  - site classé 3 fois
- Sites de type plages**
- site classé 1 fois
  - site classé 2 fois
  - site classé 3 fois



Carte 3



### 3.1.2. Comparaison inter-annuelle 1997-2022

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 2022 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 16 années d'observations la chronique devient intéressante pour constituer une référence avec des années suffisamment variées. Il convient de rappeler que l'intérêt de ce dénombrement réside surtout dans le fait de répertorier les échouages locaux et d'archiver ces données (base de données). Il constitue aussi une étape indispensable dans la chaîne de traitement, avant la phase de digitalisation des dépôts (sur les seuls sites « classés » pour les ulves). Cependant, la somme des observations locales permet de tirer des enseignements sur le phénomène général et son évolution. Néanmoins, il est impératif de bien souligner que les sites sont d'importance très disparate, ce qui n'est pas pris en compte dans ce suivi. Une comparaison inter-annuelle est possible dès lors qu'une même méthodologie est employée pour établir les inventaires ; en particulier le nombre de survols effectués et leurs dates.

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

La série de données proposée (Figure 7), qui présente deux inventaires sur chaque année en période estivale (juillet à septembre excepté pour 2001, année pour laquelle le premier inventaire est un peu plus précoce : les 21 et 22 juin), est la plus longue permise par les acquisitions réalisées. Cette série permet de distinguer les années 2007-2009 à un niveau particulièrement élevé (90 à 102 sites), et les années suivantes à un niveau légèrement plus bas (77.5 sites sur 2010-2021 ; 72.2 sites sur 2017-2021) mais tout de même supérieur aux années antérieures à 2007 (70 sites sur 2000-2006). Il faut cependant tenir compte des dates des inventaires qui ne sont pas toujours aux mêmes périodes. Le fait que, pour les 15 dernières années, les inventaires « estivaux » soient espacés de deux mois (systématiquement mi-juillet et mi-septembre) permet probablement de repérer plus de sites que dans la période précédente (2002-2006) pour laquelle les inventaires n'étaient séparés que d'un mois (juillet puis août). Cela d'autant plus que le nombre de sites observables en septembre semble plus important qu'en août (rebond d'arrière-saison, cf. § 3.1.1). A noter également qu'au cours des années, le CEVA a amélioré les inventaires incluant notamment certaines Rias qui auparavant n'étaient pas survolées, ce qui explique aussi en partie le nombre grandissant de sites repérés. Les années 2002-2006 (inventaires en juillet puis août : dates rapprochées expliquant en partie une détection potentielle inférieure) présentent un niveau relativement peu important (72 sites en moyenne sur 2002-2006). A partir de 2007, les inventaires sont comparables (mêmes dates). On note alors que les années 2007 à 2009 sont celles présentant le plus grand nombre de sites repérés (95 sites en moyenne). De 2010 à 2016 le nombre de site est plus bas que sur 2007-2009 mais reste relativement élevé (en moyenne 81 sites). On observe une diminution régulière de 2015 à **2018, année présentant le plus faible nombre de sites** (66) depuis l'année 2007, année depuis laquelle les périodes d'inventaire sont identiques. Puis sur 2017-2021, le nombre de sites touchés est relativement constant et à un niveau nettement plus bas (72 sites en moyenne sur ces 5 années). **L'année 2022 se démarque dans cette série puisque le nombre de sites touchés sur la période estivale est le plus bas jamais mesuré** et même 10 points en dessous du précédent minimum (60 en 2003). **Le nombre de sites de 2022 (juillet à septembre) est très nettement sous le niveau moyen 2007-2021 (- 38 %)** et également très en dessous du niveau de 2000-2021 (-36 % sur cette série plus hétérogène).

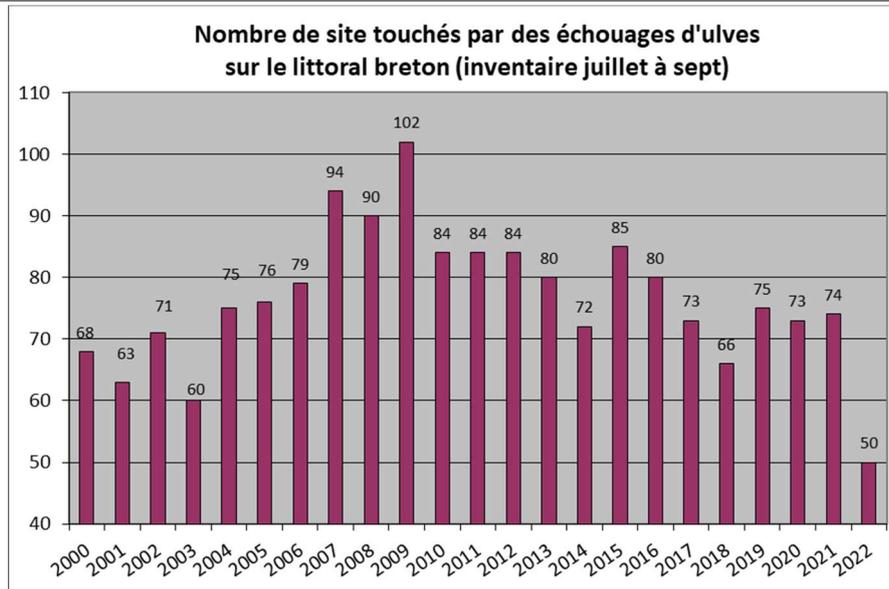


Figure 7 : Nombre de sites touchés entre 2000 et 2022 par des échouages d'ulves en période estivale (début juillet et fin août pour 2000 ; fin juin et début septembre pour 2001 ; juillet et / ou août pour 2002-2006 et mi-juillet et mi-septembre pour les années 2007 à 2022). Le site de la Fresnaye, touché par des échouages d'*Ulvaria* (« ulvoïde ») sur les années 2007-2009 puis 2015-2022 a été classé dans ces sites.

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

On constate que les 3 années **2007-2009** présentent des valeurs nettement au-dessus des années précédentes (Figure 8). Cela peut probablement être mis en relation avec les caractéristiques climatiques de ces années favorables aux proliférations (en particulier flux de nutriments estivaux importants en 2007 et 2008) et à un effet **inter annuel cumulatif** (cycles climatiques favorables). Il faut tout de même rappeler aussi que les **dates d'inventaires** ont été décalées en 2007 aux mois de juillet et septembre ce qui est **probablement particulièrement favorable** pour dénombrer un maximum de sites (dates éloignées de deux mois pour pouvoir percevoir les sites précoces comme les plus tardifs et dans des saisons dont les conditions de dépôts sont statistiquement favorables). La diminution marquée, en nombre de sites, 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 sites était, pour 2010, 2012, 2013 et 2014 principalement imputable aux sites sableux alors qu'en 2011 c'était surtout les sites de vasières qui régressaient (en 2014 les deux type de sites étaient en forte régression). En 2015 et 2016, c'est principalement l'augmentation du nombre de site « sableux » qui explique l'augmentation régionale des sites touchés, les sites de type vasière restant à un niveau relativement bas. La diminution régulière en nombre de sites de 2015 à 2018 est, quant à elle, le fait de la diminution du nombre de secteurs de plages touchés, les sites de vasière restant à un niveau constant. La remontée importante de 2019 est clairement le fait des sites sableux ; les sites de vasière touchés étant particulièrement peu nombreux (19 sites contre 29 en moyenne sur 2007-2018). Alors que le niveau de 2020 (quasiment identique à 2019) est la conjonction d'une diminution marquée des sites sableux (- 6) et d'une augmentation des sites de vasières (+ 4) dont le nombre est équivalent aux années 2014-2018. Le niveau de 2021 étant identique (à un site de vasière près) à celui de 2020, l'interprétation est identique. **Pour 2022, le niveau particulièrement bas (le plus bas historique) est lié à parts égales à la diminution des sites de type « vasière » et des sites de type « plage »** (environ 1/3 de moins pour chaque catégorie).

L'augmentation, assez régulière depuis 1997 (et jusqu'en 2009) en nombre de sites, concerne essentiellement les sites de vasière ce qui peut être lié à la fois à une réelle **augmentation de la colonisation de ces milieux**, mais aussi à une **meilleure perception par le CEVA** de ces sites, par des survols plus complets des Rias et une



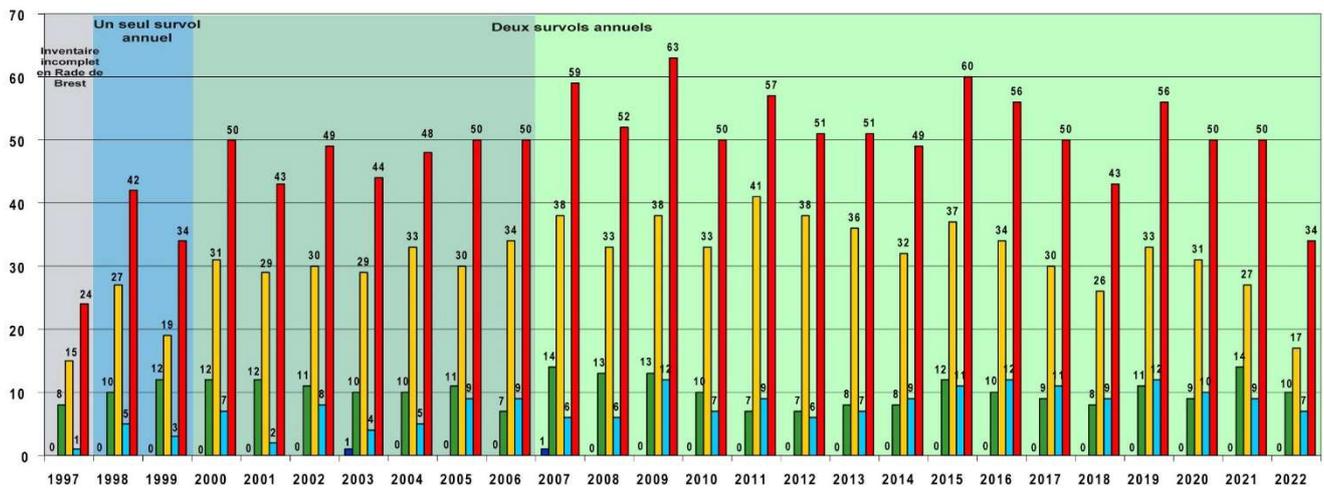
meilleure connaissance de ces dépôts. Dans ces circonstances, la diminution sensible du nombre de vasières touchées depuis 2010 (23 de moins en 2022 qu'en 2009) est significative.

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.**

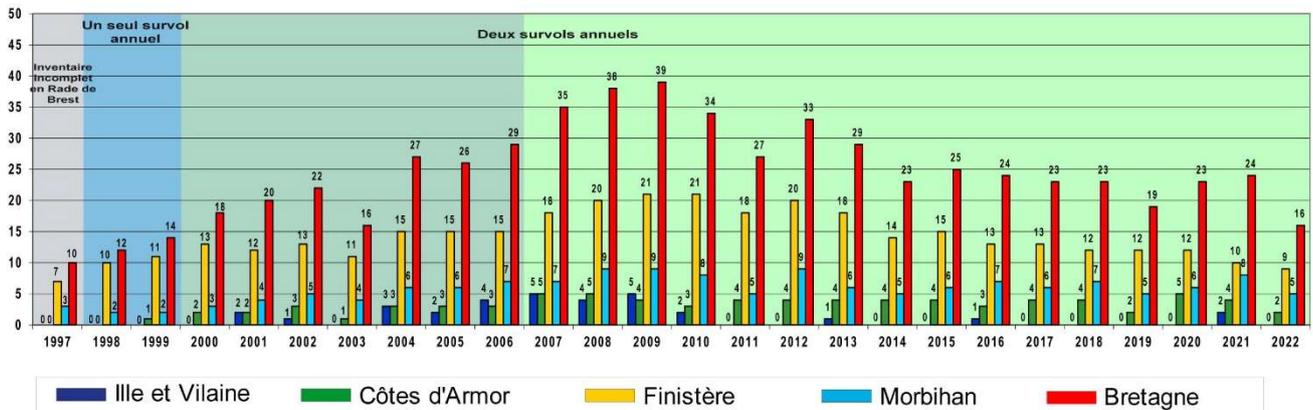


### Nombre de sites concernés par des échouages d'ulves entre 1997 et 2022

#### 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	15 et 12 août	4 et 5 juillet puis 29 et 30 août	21 et 22 juin puis 5 et 7 septembre	10 et 11 juillet puis 8 et 9 août	14 et 18 juillet puis 13 et 14 août
2004**	2005**	2006**	2007**	2008**	2009**	2010**
19 et 20 juillet puis 19 et 20 août	21 et 22 juillet puis 19 et 23 août	11, 12, 13 juillet puis 8 et 9 août	16, 17 juillet puis 10 et 11 septembre	21, 22 juillet puis 17 et 18 septembre	20, 22 juillet puis 20 et 21 septembre	10, 13 juillet puis 8 et 9 septembre
2011**	2012**	2013**	2014**	2015**	2016**	2017**
14 et 15 juillet puis 13 et 15 septembre	20 et 22 juillet puis 15 et 18 septembre	22 au 24 juillet puis 20 et 22 septembre	13 et 16 juillet puis 8 et 9 septembre	18 et 21 juillet puis 11 et 12 septembre	19 et 21 juillet puis 16 et 21 septembre	24 et 25 juillet puis 18 et 19 septembre
2018**	2019**	2020**	2021**	2022**		
11 et 12 juillet puis 9 et 11 septembre	16 et 18 juillet puis 14 et 16 septembre	20 et 21 juillet puis 16 et 17 septembre	12 et 14 juillet puis 5 et 7 septembre	12 et 13 juillet puis 10 et 12 septembre		

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



Figure 8 : Nombre de sites touchés par des échouages d'ulves en Bretagne entre 1997 et 2022 pour la période estivale sur les secteurs de plage (figure du haut) et de vasières (figure du bas). Les années antérieures à 2000 ne comportant qu'un seul inventaire annuel sont à distinguer des années postérieures pour lesquelles on dispose d'au moins deux informations annuelles. A partir de 2007 le deuxième inventaire estival est en septembre et non plus en août ; les résultats ne sont pas totalement comparables avec la période 2002-2006. Le site de la Fresnaye, touché par des échouages d'Ulvaria (« ulvoïde ») sur les années 2007-2009 puis 2015-2022 a été classé dans ces sites.



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

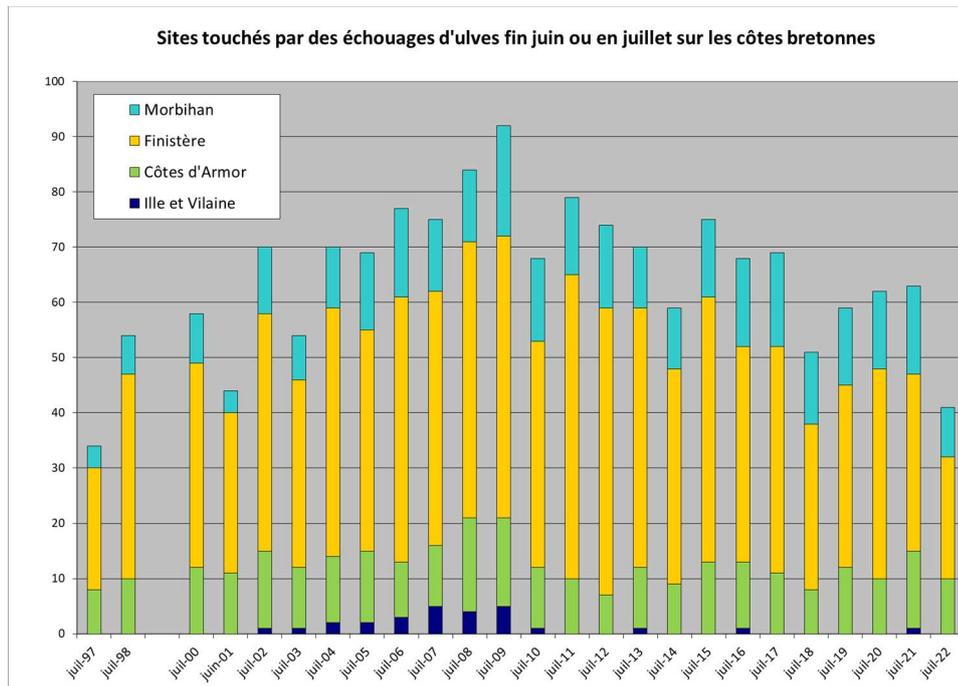


Figure 9 : Sites touchés par des échouages d’ulves en début de saison (fin juin ou juillet) sur les côtes bretonnes. Le site de la Fresnaye, touché par des échouages d’Ulvaria (« ulvoïde ») sur les années 2007-2009 puis 2015-2022 a été classé dans ces sites.

La Figure 9 met en évidence un nombre de sites (41) particulièrement bas pour le début d’été 2022 (juillet). Seule la première année d’inventaire (1997, année décrite comme incomplète) présente un nombre de sites inférieur (34). Sur l’ensemble des années le niveau de juillet 2022 est 38 % inférieur à la moyenne (et même 41 % si l’on compare avec la série 2002-2021).

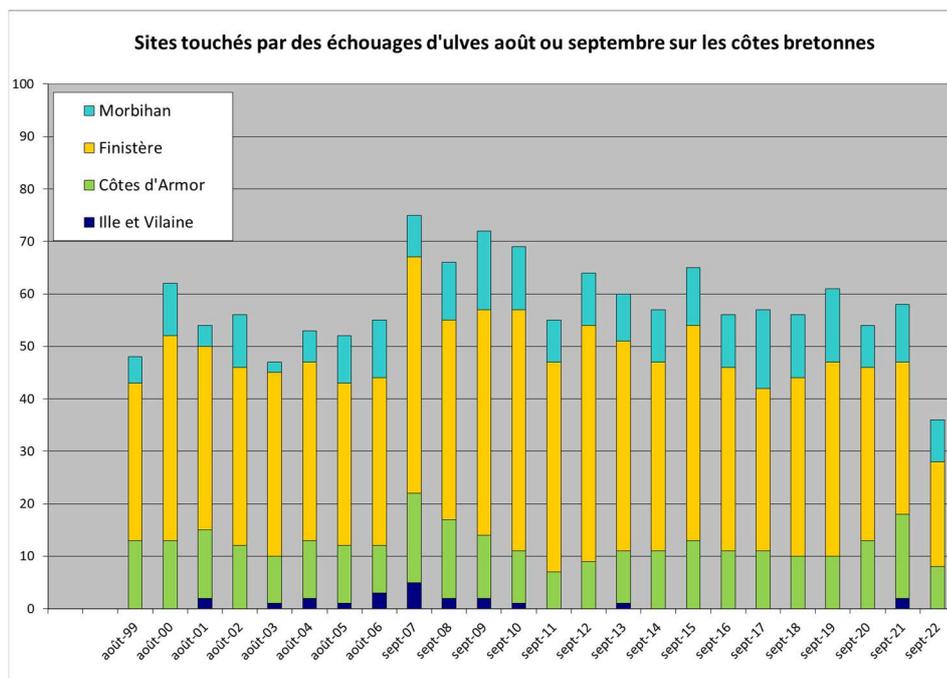


Figure 10 : Sites touchés par des échouages d’ulves en « fin de saison » (août ou septembre) sur les côtes bretonnes. Le site de la Fresnaye, touché par des échouages d’Ulvaria (« ulvoïde ») sur les années 2007-2009 puis 2015-2021 a été classé dans ces sites.



La Figure 10 indique, avec 36 sites, un niveau de septembre 2022 historiquement bas, nettement inférieur à la plus basse valeur jusqu'alors reportée (47 sites en août 2003). Le niveau de septembre 2022 est très fortement inférieur à la moyenne (61.7 sur septembre 2007-2021, années comportant un inventaire en septembre et 58.8 sur la fin de saison des années 1999 à 2021 soit 39 % de moins en septembre 2022 que sur la moyenne 1999-2021). Le niveau, plus élevé depuis 2007, peut, en partie au moins, s'expliquer par la **date de l'inventaire en mi-septembre qui semble plus favorable** pour identifier des sites touchés par des échouages d'ulves que des inventaires positionnés en août.

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

### Sur l'ensemble de la saison

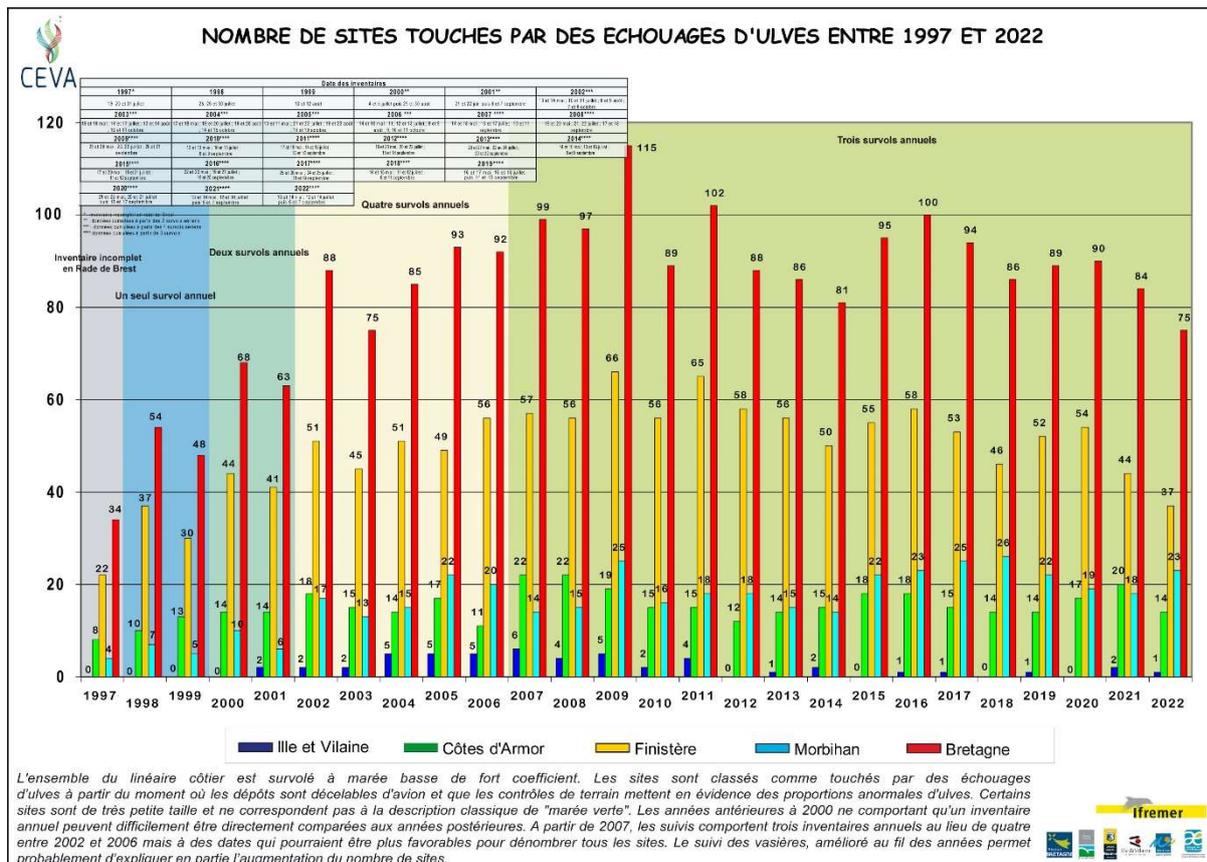


Figure 11 : Nombre de sites touchés par des échouages d'ulves sur l'ensemble de la saison sur les départements bretons entre 1997 et 2020 (nombre d'inventaires différents selon les années). Le site de la Fresnaye, touché par des échouages d'*Ulvaria* (« ulvoïde ») sur les années 2007-2009 puis 2015-2021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

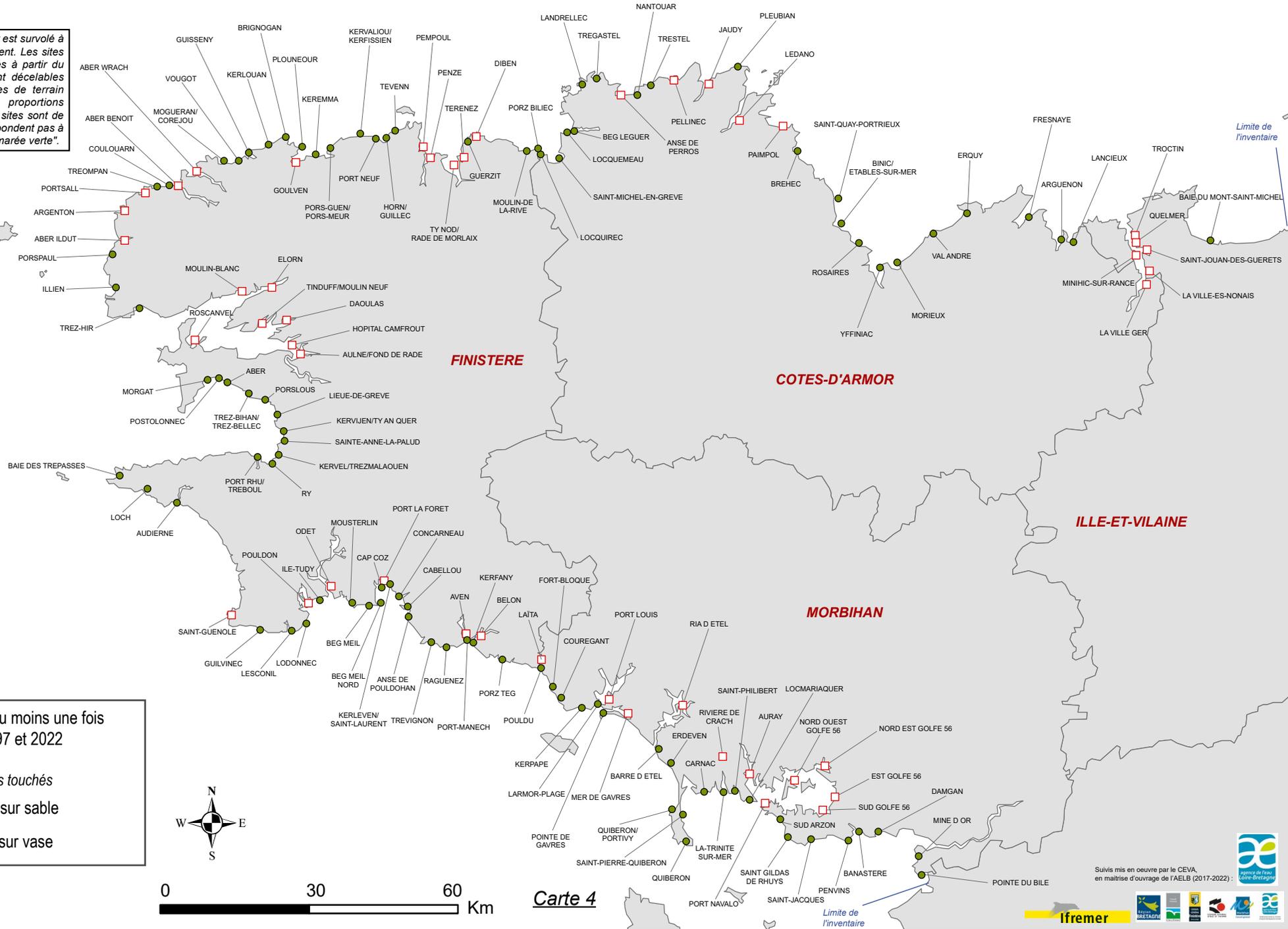


- L'année 2022, en considérant les trois dates d'inventaire (Figure 11), totalise 75 sites soit 9 de moins que l'année précédente (alors qu'en ne considérant que les inventaires de juillet et septembre le nombre de sites était très nettement inférieur avec 24 sites de moins). Le niveau sur **l'année 2022 est le plus bas de la série 2007-2021** (même nombre d'inventaires) **et très nettement inférieur au niveau moyen** (93 sites sur 2007-2021 soit 19 % de moins). La différence entre le nombre total de sites touchés sur l'année 2022 et la moyenne 2007-2021 (-19%) est moins importante que celle estimée sur les deux inventaires estivaux (-38 % sur juillet et septembre) ce qui s'explique par une année 2022 assez précoce (61 sites touchés contre 56.5 en moyenne sur 2007-2021) puis devenant peu intense. Les années 2007 à 2022, ne comportant plus que 3 inventaires généraux au lieu de 4 entre 2002 et 2006, on aurait pu s'attendre à une diminution « systématique » du nombre de sites total recensé. Il se peut que, malgré un nombre de survol inférieur, le fait d'avoir un inventaire en septembre plutôt que deux (août et octobre précédemment) est plus favorable pour répertorier un maximum de sites. En effet, dans les suivis antérieurs, l'inventaire d'août, proche de celui de juillet, était probablement un peu redondant avec le précédent et l'inventaire d'octobre, très tardif ne permettait de recenser que des sites dont la prolifération est particulièrement longue et qui ne sont pas encore « nettoyés » par les conditions plus agitées à cette période (mais déjà comptabilisés les mois précédents).
- Logiquement, à l'échelle des 25 dernières années, avec le nombre d'inventaires qui augmente (passage de 1 à 2 inventaires en 2000 puis de 2 à 4 en 2002), le nombre total de sites concernés par des échouages d'ulves a augmenté de façon assez continue. Cela a été, en fait, le cas jusqu'en 2010 puis ce nombre de site s'est stabilisé et a même tendance à régresser depuis. Comme exprimé au point précédent, le passage de 4 à 3 inventaires (2007) pourrait ne pas entraîner de minimisation du phénomène voire même permettrait de mieux le percevoir (dates plus favorables). La diminution des dernières années (en particulier depuis 2016) et plus forte en 2022, avec les mêmes nombres d'inventaires et aux mêmes dates, semble donc significative.
- L'augmentation du nombre de sites répertoriés, dans la fin des années 90 et début des années 2000, peut également être mise en relation avec la meilleure connaissance des sites par le CEVA et par les efforts déployés pour visiter tous les sites, même de petite taille et en particulier les vasières.
- Aucun site n'a été classé pour la première fois en 2022 pour des échouages d'ulves.

La Carte 4 présente les 141 sites qui ont été répertoriés au moins une fois sur l'ensemble des suivis réalisés depuis 1997. Parmi ces sites, certains sont concernés régulièrement d'autres ont pu n'être touchés que de façon exceptionnelle. Pour mieux faire le tri dans l'ensemble des sites qui ont pu être répertoriés depuis 1997, la Carte 5 ne présente que les sites qui sont régulièrement repérés ; seuls les sites ayant été touchés au moins 18 fois sur les 26 années d'inventaires sont représentés (soit un peu plus de deux années sur trois). 58 sites sont dans ce cas sur le littoral breton (donc 41 % du total des sites déjà repérés depuis 1997) et parmi ces sites, 15 ont été touchés chaque année, 8 l'ont été 25 années sur 26 et 8 l'ont été 24 années sur 26 (soit 31 sites qui ont été touchés au moins 24 années sur 26). Il convient de noter que certains points du littoral (La Rance, la Ria d'Étel, notamment mais également les Iles du Golfe du Morbihan, ...) ne sont survolés que depuis quelques années et ne peuvent donc entrer dans la catégorie des sites touchés les plus « régulièrement » ; pour autant ces sites peuvent apparaître tous les ans depuis qu'ils sont surveillés. Le fait qu'un site soit classé 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

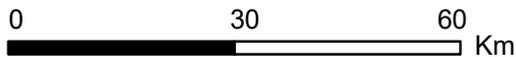
L'ensemble du linéaire côtier est survolé à marée basse de fort coefficient. Les sites sont classés comme touchés à partir du moment où les dépôts sont décelables d'avion et que les contrôles de terrain mettent en évidence des proportions anormales d'ulves. Certains sites sont de très petite taille et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



Sites touchés au moins une fois entre 1997 et 2022

141 sites touchés

- site sur sable
- site sur vase



Carte 4

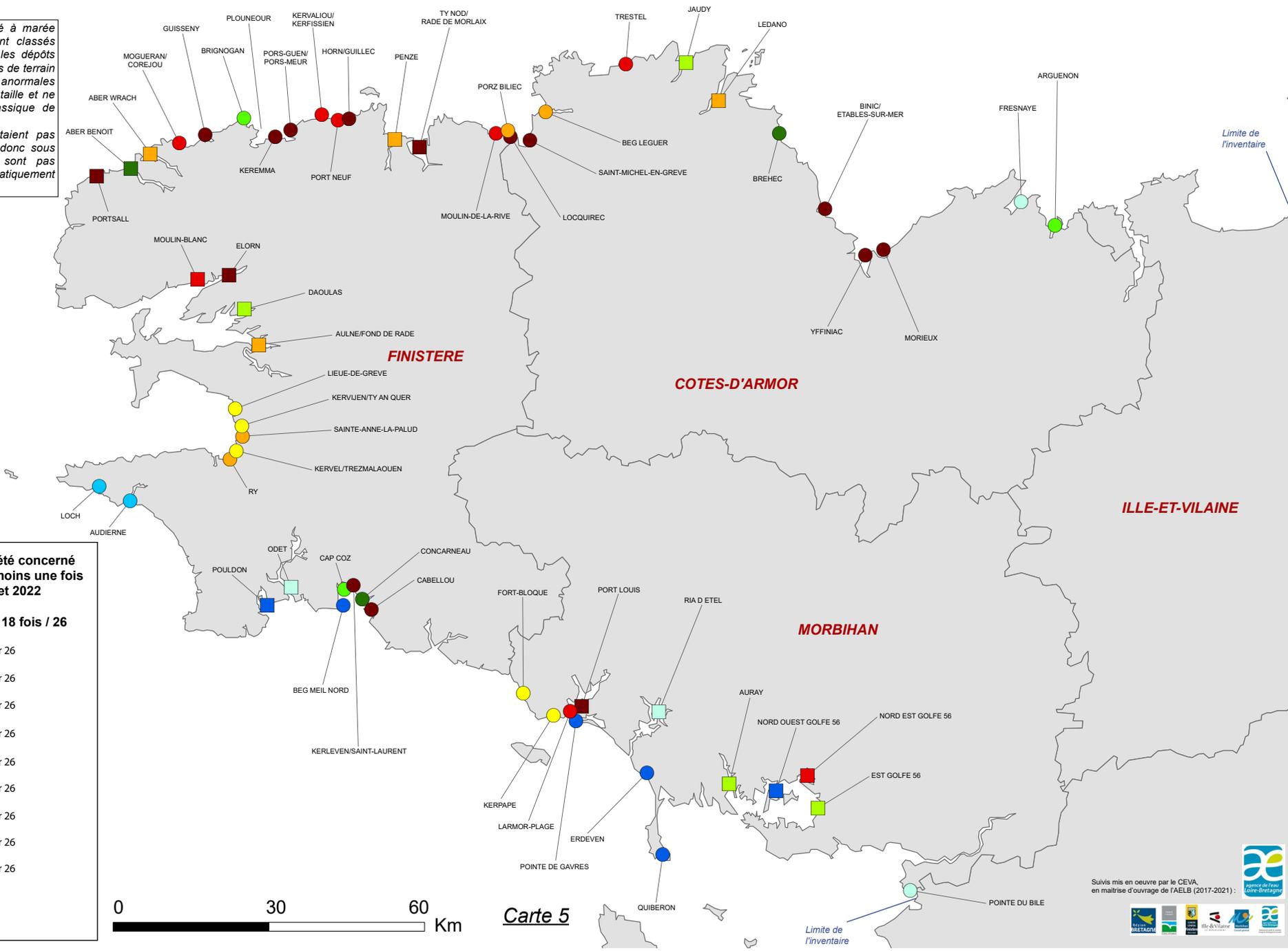
Suivis mis en oeuvre par le CEVA, en maîtrise d'ouvrage de l'AELB (2017-2022).



Ifremer

# Sites les plus fréquemment touchés par des échouages d'ulves sur la période 1997-2022

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 2022**

**58 sites concernés au moins 18 fois / 26**

- site concerné 18 années sur 26
- site concerné 19 années sur 26
- site concerné 20 années sur 26
- site concerné 21 années sur 26
- site concerné 22 années sur 26
- site concerné 23 années sur 26
- site concerné 24 années sur 26
- site concerné 25 années sur 26
- site concerné 26 années sur 26

○ plage  
□ vasière

Carte 5



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

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

- La Carte 6 positionne les sites de vasières touchés en 2022. Ces sites sont localisés principalement dans le Golfe du Morbihan, les rades de Brest ou Lorient, les baies de Morlaix et Penzé, la Rance ainsi que dans les estuaires profonds et les abers.
- Sur les trois inventaires de 2022, **23 sites sur les 75 sites recensés sont des sites de vasière (soit 23.5 %) ce qui constitue le taux le plus bas depuis 2007 (et même depuis 2002) et est très nettement inférieur au niveau moyen 2007-2021 (33.4 %)**. La Figure 12 présente la proportion, sur les inventaires d'été (juillet ou septembre) des vasières touchées sur le total des sites. Pour 2022, 16 vasières sont concernées en juillet ou septembre sur les 50 sites touchés ce qui représente donc **24.2 % du total des sites**. Cette proportion est nettement inférieure à **la moyenne depuis 1997 (31.9 %)** et encore plus par rapport à la série homogène 2007-2021 (34.1 %). Parmi les années depuis 2002 comportant au moins trois inventaires annuels, **l'année 2022 présente la plus faible proportion de site de type vasière**, au même niveau que 2003, précédent plus bas historique (seule l'année 1998, comportant une seule date d'inventaire, en juillet, et donc incomplète, présentait une proportion encore inférieure). Il convient de rappeler que l'augmentation régulière, jusqu'en 2007, de la proportion des sites sur vasière est probablement, en partie au moins, liée à l'amélioration des suivis de ces milieux (estuaires plus systématiquement parcourus : cf. ci-dessus, 3.1.2 Comparaison inter-annuelle 1997-201).
- **La prolifération sur la plupart de ces sites est assez longue** : près des deux tiers (61 %) des sites sont touchés deux ou trois fois sur les trois inventaires de 2022 dont 30 % sur les trois dates d'inventaire. Le fait que les algues soient peu mobiles explique en partie le maintien, sur une partie importante de la saison, des proliférations. En 2009, seules deux vasières avaient été classées qu'une fois ; en 2010 et 2018, années de faible prolifération, elles étaient respectivement 11 et 10 dans ce cas. En 2022 on compte 9 sites de vasière qui ne sont touchés qu'une fois (40 % des sites de vasières) ce qui semble donc bien signer une année de « petite prolifération ».

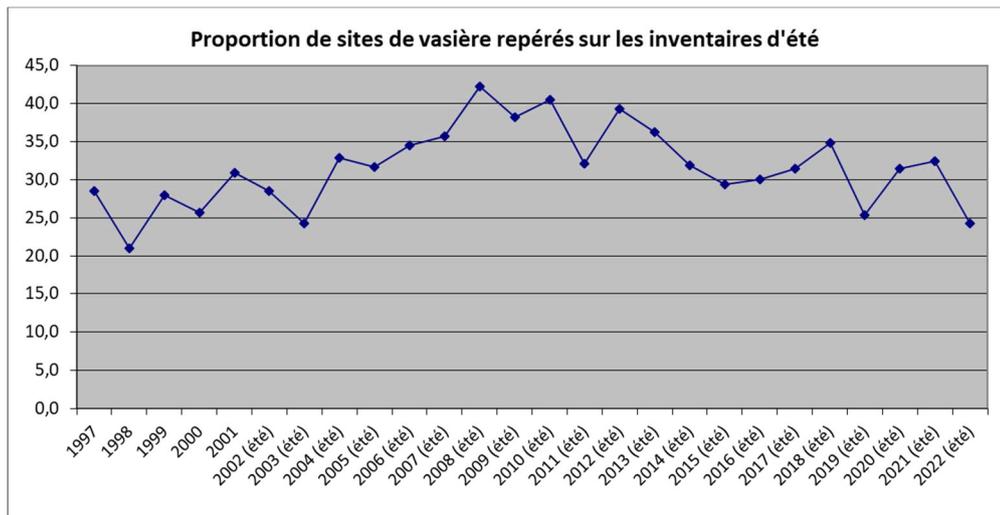
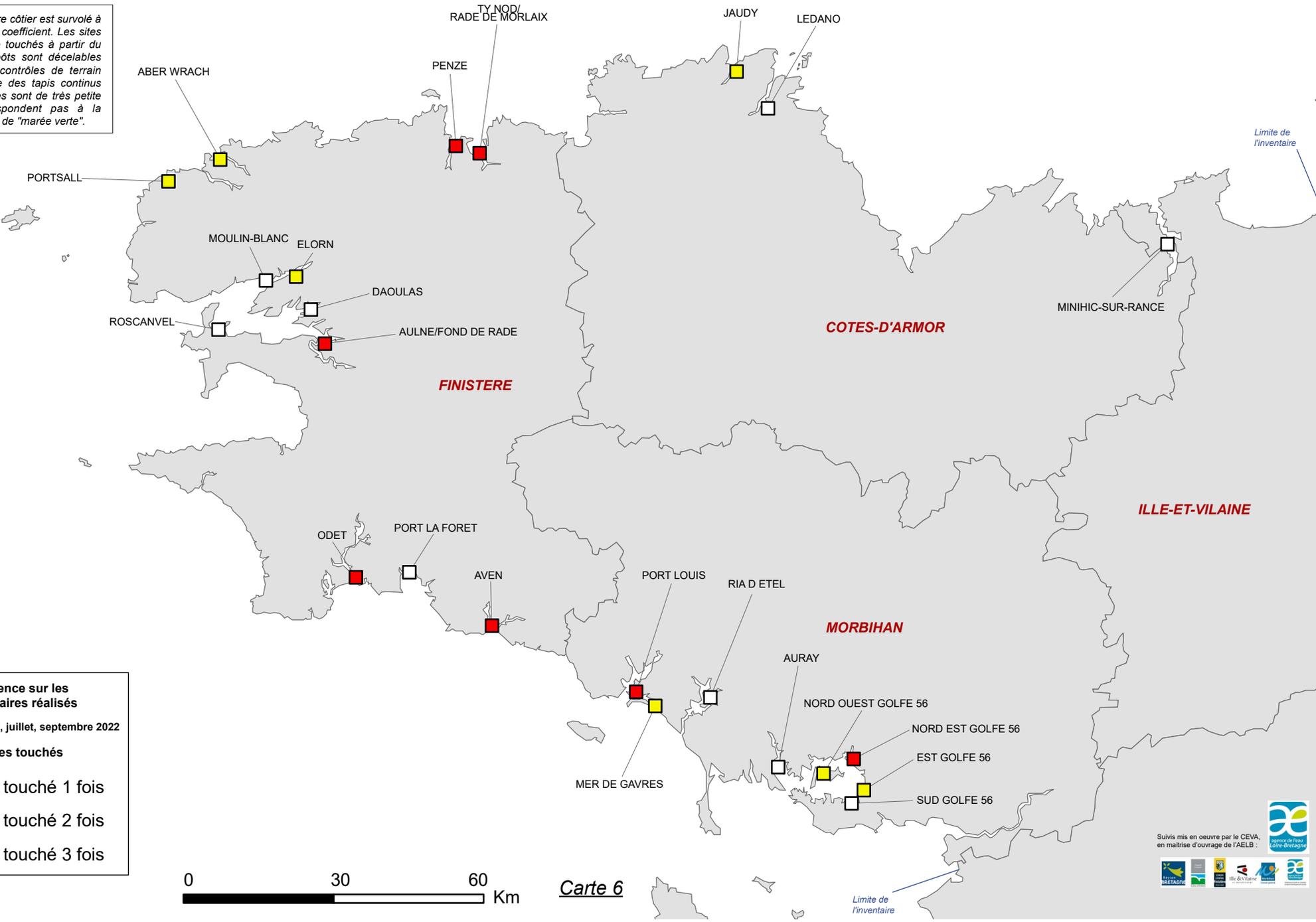


Figure 12 : Proportion de vasières dans les sites touchés par des échouages d'ulves sur les années 1997 à 2022. L'amélioration des suivis permet probablement d'expliquer, en partie au moins, l'augmentation de la proportion des vasières dans le total des sites inventoriés du début des suivis à 2008.

# Vasières touchées par des échouages d'ulves au cours de la saison 2022

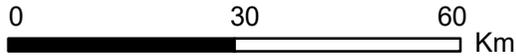
L'ensemble du linéaire côtier est survolé à marée basse de fort coefficient. Les sites sont classés comme touchés à partir du moment où les dépôts sont décelables d'avion et que les contrôles de terrain mettent en évidence des tapis continus d'ulves. Certains sites sont de très petite taille et ne correspondent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



**Occurrence sur les 3 inventaires réalisés**  
inventaires de mai, juillet, septembre 2022

**23 sites touchés**

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



Carte 6



### 3.1.4. Détermination des espèces proliférantes

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

Ces dernières années, certains sites présentent des proliférations d'Ectocarpales (algues brunes filamenteuses) et d'algues rouges des ordres des Gigartinales, Ceramiales, Gracilariales et Bonnemaisoniales. En outre, on retrouve souvent une présence plus ou moins marquée de *Zostera* spp. dans les échouages en particulier de haut de vasière (mais il ne s'agit pas de prolifération, ni même d'algues). Les algues sont différenciées selon leur espèce, quand cela est possible sans engager de manipulations trop lourdes, d'autant que la détermination systématique sans recours aux techniques de la génétique est parfois insuffisante. Les espèces d'ulves proliférantes le plus souvent rencontrées sont *Ulva lacinulata*<sup>4</sup> (anciennement *Ulva armoricana*) et dans une moindre mesure *Ulva lactuca* (anciennement *Ulva Rotundata*)<sup>5</sup>.

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

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

La carte de l'annexe 3 présente les sites ayant été répertoriés pour des échouages massifs d'autres algues que les ulves (en dehors des débarquements « classiques » de goémon) sans pour autant que l'on puisse garantir l'exhaustivité des observations. Cette thématique des « autres algues » est **toujours d'actualité en 2022, encore plus que l'année précédente, avec 27 sites qui ont fait l'objet de classement pour ces « autres algues »**.

---

<sup>4</sup> Les récentes analyses génomiques ont permis de mettre en évidence des séquences très similaires voire identiques entre *U. lacinulata* Kützinger, *U. rigida* C.Agardh, *U. armoricana* Dion, Reviers & Coat, *U. laetevirens*, *Ulva scandinavica* Bliding. Etant donné qu'*U. lacinulata* est le plus ancien nom validement publié, c'est le nom correct à appliquer à l'espèce mondialement distribuée qui était précédemment mais incorrectement connue sous le nom d'*U. rigida* (Hughey et al. 2021).

<sup>5</sup> Les récentes analyses génomiques ont permis de mettre en évidence qu'*Ulva rotundata* serait un synonyme hétérotypique de l'espèce *U. lactuca* (Hughey et al. 2021).



En 2022, 10 sites ont été concernés par des proliférations d'algues vertes filamenteuses (4 en 2021 et 13 en 2020). Certains de ces sites sont assez fréquemment touchés par de telles proliférations (« Landrellec », « Beg Léguer », « Locquémeau », « Brignogan »), mais pour d'autres ces proliférations sont moins classiques (« Binic/Etables sur Mer », « Concarneau », « Banastère », « Saint Jacques »). L'année 2022 (comme c'était aussi le cas de l'année 2020) est donc une année dont les conditions environnementales particulières étaient favorables à de telles proliférations (moins favorables aux ulves donc potentiellement plus favorables à d'autres algues dont les algues filamenteuses). Comme régulièrement observé depuis 2007, la baie de la Fresnaye a présenté en 2022 une prolifération d'*Ulvaria* (cas aussi du nord-ouest de la baie de l'« Arguenon », Port de Saint Cast le Guildo) importante suivie d'une prolifération d'Ectocarpales en fin de saison.

En plus de ces échouages d'algues vertes « non ulves », des proliférations d'autres algues, brunes et rouges, ont concerné de nombreux secteurs et **cette « thématique » reste donc majeure en 2022**. En majorité, ces « autres algues » sont des **petites algues filamenteuses, brunes ou rouges** qui semblent, comme les algues vertes filamenteuses, avoir des capacités de prolifération dans des milieux dont le niveau trophique est plus bas que ceux favorables au développement des ulves (programme CARMA et CIMAV P3 du CEVA améliorant la caractérisation écophysiological de ces « autres algues »). De **nombreux sites ont encore été concernés par les algues brunes filamenteuses** de types *Ectocarpales*. Comme relevé depuis de nombreuses années (2006), **l'est des Côtes d'Armor** est fortement concerné par ces proliférations (baie de « Lancieux » et de la « Fresnaye » pour 2022), mais également assez massivement sur les différents sites de la baie de Douarnenez (en succession / mélange avec des filamenteuses rouges, et vertes) et de façon moins massive sur « Kerleven/Saint Laurent », « Quiberon/Sables Blanc » et l'« Aber Benoit ». La baie de Douarnenez, en plus des proliférations, modestes, d'ulves a vu en 2022 des proliférations successives de *Falkenbergia*, *Polysiphonia*, *Ectocarpales* et *Cladophora* en fin de saison.

En 2022, les **échouages de *Solieria chordalis* ont été peu présents** (lors des vols) et n'ont concerné que **deux sites, en septembre** « Penvins » (en mélange avec des ulves) et « Pointe du Bile » (les sites habituels de la Presqu'île de Rhuys n'ont pas été classés pour ces algues en 2022, mais présentaient tout de même des échouages non négligeables d'algues rouges mais sans que le *Solieria* s'impose).



### 3.1.5. Conclusion

#### Les inventaires en dénombrement de sites sur le littoral breton en 2022 ont permis de repérer :

- Un nombre de sites touchés par des échouages d'ulves sur les 3 inventaires (**75 sites**) inférieur à 2021 (- 9 sites) et **nettement inférieur à la moyenne des années 2007-2021** (93 sites soit 19% de moins). Le nombre de sites touché est le plus bas de la série 2007-2021 (même nombre d'inventaires).
- Un nombre de sites en mai (61 sites) qui est **légèrement supérieur au niveau moyen** (56.5 sites sur 2007-2021 soit 8 % de plus). Sur le critère « dénombrement », l'année **2022 est donc comme « légèrement précoce »**.
- **Un niveau de juillet** (41 sites) qui diminue fortement par rapport à mai (-20 sites contre une augmentation interannuelle de 13.4 sites) et se situe donc à un niveau **très inférieur au niveau moyen** (69.9 sur 2007-2021 soit 41 % de moins en 2022). La prolifération peut être donc qualifiée de « peu intense », sur ce critère.
- **Un niveau en septembre** (36 sites) qui diminue encore légèrement (- 5 sites contre une diminution interannuelle de - 10.7 sites) et reste **très inférieur à la moyenne** (61.7 sites sur 2007-2021 soit 42 % de sites en moins sur septembre 2022). La prolifération est donc « peu soutenue » en fin de saison, sur ce critère de dénombrement.
- L'analyse sur la seule **période « estivale » juillet à septembre** (50 sites) **accentue le caractère d'année de faible prolifération** sur le critère dénombrement. Le nombre de sites est **au plus bas jamais mesuré** (et même 10 sites de moins que le précédent plus bas de 2003, année comportant deux inventaires proches en juillet puis août, ce qui est moins favorable, a priori, au dénombrement des sites) et **très nettement dessous du niveau moyen** 2007-2021 (81.1 sites soit 38 % sites de moins).
- Au travers de ce dénombrement on perçoit donc une année de **prolifération « légèrement précoce » puis particulièrement peu intense en été et à l'automne**.
- Une **proportion des sites de vasière** dans le total des sites (23.5%) qui est nettement inférieure à la situation moyenne (33.4 % sur les années 2007-2021). Cette proportion de vasières dans le total des sites touchés par les ulves est au plus bas de la série 2007-2022 (3 inventaires annuels). Sur la plupart de ces vasières, la prolifération y est longue (61 % des sites sont classés 2 ou 3 fois).
- De nombreux sites touchés par des proliférations **d'algues autres que les ulves** : 10 sites sont touchés par des **algues vertes filamenteuses** (niveau nettement supérieur à 2021 et proche de 2020, année climatique également favorable pour ce type de proliférations). En plus de ces proliférations d'algues vertes filamenteuses des proliférations massives d'*Ulvaria* ont concerné la baie de la Fresnaye. Les proliférations de diverses algues brunes, rouges et vertes filamenteuses ont massivement touché la baie de Douarnenez et les baies de l'est des Côtes d'Armor. En revanche les échouages de *Solieria*, souvent repérés sur la Presqu'île de Rhuys, ont été peu présents en 2022. Avec **27 sites concernés**, cette thématique des « autres algues que les ulves » **reste particulièrement d'actualité en 2022**.
- Des sites de tailles très inégales qui sont loin de tous répondre à l'image des sites de « marée verte » (cf. § 3.2 pour l'analyse des surfaces).



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

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

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

Les sites de vasière décrits précédemment (§ 3.1.3), n'ont pas tous fait l'objet de mesure de surface en algue en 2022 ; seules 11 masses d'eau (10 ME depuis 2011 avec ajout, à la demande de l'agence de l'Eau Loire Bretagne, en 2022 de mesures sur une ME additionnelle, la FRGT12, pour les années 2017-2022) ont fait l'objet d'estimations surfaciques. En tout état de cause, il ne paraît pas pertinent de représenter ces sites sur le même plan que les sites de type « plage ». En effet, ces sites de vasière sont particuliers et ne peuvent être étudiés avec la même approche que les sites plus ouverts, sur sable : les surfaces végétalisées sont souvent colonisées à la fois par des algues vertes filamenteuses fixées et des ulves plus ou moins fixées (thalles en partie envasés). De plus, ces surfaces vaseuses sont difficilement praticables et les contrôles de terrain ne peuvent, bien souvent, concerner que la périphérie des dépôts. Pour les vasières ayant fait l'objet d'estimation surfacique en 2022, 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 par des « ulves en lame » étaient tracés. Cette manière de tracer les dépôts d'algues vertes sur vasière a été mise en œuvre pour répondre à la DCE qui prévoit notamment, comme indicateur, la couverture maximale annuelle par les algues vertes (et non la couverture par les ulves). Les inventaires pour lesquels les dépôts semblent les plus importants sont utilisés pour effectuer les digitalisations des surfaces d'échouages d'algues vertes. La photo-interprétation sur ces sites vaseux est techniquement plus délicate et le résultat est donc moins précis que dans le cas des sites sableux. En 2022 comme pour les années 2009 à 2021, pour pouvoir mieux couvrir l'intégralité des vasières, deux vols spécifiques ont été déclenchés pour pouvoir remonter certaines des rias qu'il n'était pas possible de couvrir lors des acquisitions « générales » sur le littoral.

En tout état de cause, les surfaces de dépôts d'ulves sur les vasières ne sont pas à mettre sur le même plan que les surfaces des sites « sableux » (ni en biomasse, ni en nuisance) ; aussi il a été choisi de les représenter séparément, comme les années précédentes. Les évaluations sur les sites de vasières n'étant conduites que dans le cadre des suivis du Réseau de Contrôle de Surveillance (RCS), les résultats de ces suivis ne sont pas dupliqués dans le présent rapport (pour les consulter, se reporter au rapport « Suivi des blooms de macroalgues opportunistes sur le littoral Loire-Bretagne, Contrôle de Surveillance (RCS) : Inventaires et qualification des masses d'eau – Année 2022 »)



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

Pour ce qui est des sites « sableux » touchés par des échouages d'ulves en 2022, les surfaces maximales annuelles couvertes par les ulves (en considérant uniquement les mois d'inventaires « généraux » de l'année en mai, juillet et septembre) s'échelonnent, de 0,032 à 199.7 ha soit dans un rapport de 1 à plus de 6 000, ce qui confirme bien la nécessité d'appréhender la surface des dépôts en plus de la simple « présence anormale d'ulves » pour décrire le phénomène (cf. § 3.1).

L'annexe 4 présente tous les sites sur sable en fonction de leur taille maximale atteinte lors des 3 inventaires RCS de 2022 (pour que tous les sites aient un chiffre issu du même nombre de mesure) et également, pour les sites faisant l'objet de 7 inventaires (figure du bas), le maximum atteint sur ces 7 inventaires (permet de percevoir le maximum atteint pour les sites surveillés mensuellement). Le maximum annuel (7 inventaires) est en effet fréquemment supérieur au maximum des trois inventaires « généraux ». Cela est le cas pour une partie des sites dont le maximum est atteint en juin (qui est la date du maximum régional, à égalité avec juillet, sur le cumul du linéaire breton pour la moyenne 2002-2021), et pour certains sites dont le maximum est en août (Finistère nord notamment) voire en octobre certaines années. En 2022, la prolifération ayant été très précoce le maximum régional est atteint en juin (la valeur de juin est 36 % au-dessus de celle de mai et 43 % au-dessus de juillet) et certains sites voient donc un maximum sur 7 inventaires qui est supérieur au maximum 3 inventaires et qui correspond à cette date de juin (« Morieux », « Yffiniac », « Saint Michel en Grève », sites de la baie de Douarnenez, « Kerleven/Saint Laurent », « Cabellou »,...). En revanche, peu de sites voient un maximum en août ou octobre et pour de faibles différences avec les maximums sur les 3 inventaires (« Guissény », « Pors Guen/Pors Meur »). L'ajout de survols permet donc logiquement de mieux apprécier le maximum de couverture par les ulves que les seuls 3 inventaires du RCS ainsi que l'ampleur totale du phénomène. On perçoit bien, à travers les représentations de l'annexe 3, les **grandes disparités rencontrées** (4 sites présentent des surfaces supérieures à 50 ha sur les maximums sur 3 inventaires alors que 15 sont en dessous de 1 ha et 26, soit 50 % du total des sites est sous les 2 ha) et l'importance d'avoir une perception des surfaces plutôt que de se contenter du simple dénombrement de sites touchés.

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

*Tableau 4 : Répartition des sites sur secteur de plage par classe de taille maximum atteinte en 2022 sur les 3 inventaires « généraux » (« rideau » + échouage en « équivalent 100% » de couverture). 52 sites de type « plage » ont été classés pour des échouages d'ulves en 2022 et ont fait l'objet d'évaluation surfacique.*

Classes de sites par surfaces maximales couvertes par les ulves	Nombre de sites
moins de 1 hectare	15
de 1 à 10 hectares	28
de 10 à 50 hectares	5
de 50 à 200 hectares	4
plus de 200 hectares	0

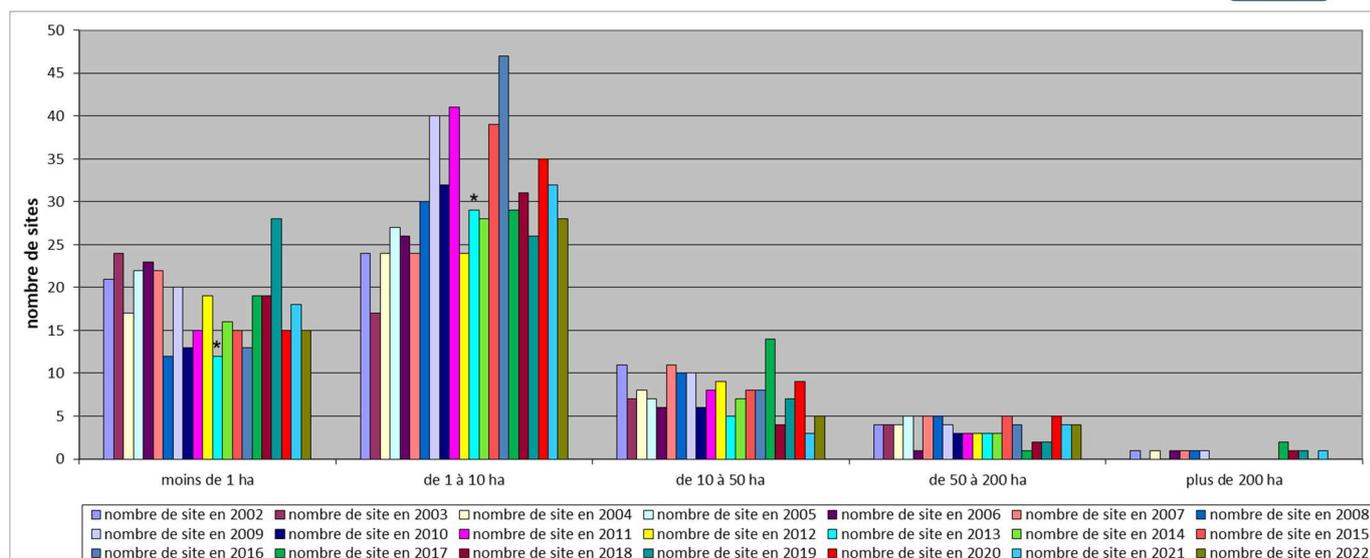


Figure 13 : Répartition par classe de taille (maximum annuel sur les trois inventaires « généraux ») des sites présentant des échouages d’ulves sur secteur de plage entre 2002 et 2021 ; le site de la Fresnaye, touché par des échouages d’Ulvaria (« ulvoïde ») de 2007 à 2009 puis de 2015 à 2022 a été classé 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 2022 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		2	8	5	15
de 1 à 10 ha		4	14	10	28
de 10 à 50 ha		2	3		5
de 50 à 200 ha		4			4
plus de 200 ha		0			0



L'analyse de la Figure 13 et des Tableau 4 et Tableau 5 permet de conclure pour la saison 2022 :

- **Plus de la moitié des sites se trouvent dans la tranche de 1 à 10 ha** (54 % de cas, contre 50 % en moyenne 2002-2021),
- La **catégorie des sites de moins d' 1 ha** arrive en ensuite avec 29 % du nombre de sites. **On trouve donc la grande majorité de sites (83 %) qui ont présenté, en maximum annuel, une couverture de moins de 10 ha.**
- La catégorie des sites « moyens », **entre 10 et 50 ha ne comprend que 5 sites en 2022** (7.9 en moyenne 2002-2021). Trois de ces sites sont, en 2022, sur le **littoral du Finistère** (« Guissény », « Horn/Guillec » et « Locquirec ») et deux se trouvent sur le **littoral des Côtes d'Armor** (« Binic/Etables sur mer », proche de 50 ha et « Lancieux » proche de 10 ha).
- **4 sites**, tous sur le **littoral des Côtes d'Armor** (« Morieux », très proche de 200 », « Fresnaye », « Yffiniac » et « Saint Michel en Grève ») se trouvent entre **50 et 200 ha** alors qu'ils sont 3.5 en moyenne sur 2002-2021.
- La catégorie « plus de 200 ha » **ne compte aucun site en 2022** contre 0.6 en moyenne sur 2002-2021 sur 3 inventaires (le site de « Morieux » avec 199.7 ha est très proche de cette catégorie). Sur 2022, on compte donc 4 sites au-dessus de 50 ha (pour 4.1 en moyenne 2002-2021).
- 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** (22 sites de moins de 10 ha et seulement 3 entre 10 et 50 ha). Aucun site n'atteint, sur ce département, en 2022, le seuil de 50 ha. Les sites de « Guissény », de l'« Horn/Guillec » (anse du Dossen) et de « Locquirec » sont les trois sites de plus grande surface maximale en 2022 avec des surfaces comprises entre 29 et 21 ha.
- En revanche, sur les **Côtes d'Armor**, le nombre de sites est plus réduit, mais **les sites sableux les plus importants en terme de surface d'échouage** se trouvent sur ce littoral (cf. Annexe 4 : répartition des sites suivant leur surface maximale d'échouage sur 3 ou 7 inventaires). **Les 5 sites de plus grande surface d'échouage se trouvent sur ce département** (« Morieux », « Fresnaye », « Yffiniac », « Saint Michel en Grève » et « Binic/Etables sur Mer » pour le maximum sur les 3 inventaires annuels). La présence, sur les Côtes d'Armor, de sites dont la surface est importante peut être mise **en parallèle avec la taille des estrans** concernés qui constituent des **espaces potentiels de prolifération très vastes** et de « bonne configuration » (surface totale de l'estran « d'Yffiniac » supérieure à 1 500 ha ; presque autant pour l'estran de « Morieux »).
- En 2022, le département **du Morbihan** (seuls les sites sableux sont considérés ici) ne présente **aucun site au-dessus de 10 ha ; 10 sites sont entre 1 et 10 ha** (plus précisément entre 1 et 4 ha, le site de « Saint Philibert », le plus couvert étant juste sous les 4 ha suivi de « La Trinité sur Mer », « Pointe du Bile » et « Banastère ») **et 5 sites en dessous d'1 ha** (« Penvins » et « Saint Jacques », proche du seuil de 1 ha).
- Le département **d'Ille et Vilaine** ne comprend, encore en 2022, aucun site « sableux » classé pour des échouages d'ulves.

Les cartes 7 et 8 présentent le **cumul des surfaces en ulves sur les trois inventaires** « généraux » (RCS), qui concernent l'ensemble du linéaire breton (mai, juillet et septembre). Cette donnée représente mieux la prolifération sur l'ensemble de la saison que la donnée précédente en maximum annuel. On y distingue les **cinq mêmes sites costarmoricains de plus forts cumuls** (en premier lieu « Morieux », à 320 ha puis « Fresnaye » et « Yffiniac » autour de 150 ha puis « Saint Michel en Grève », proche de 120 ha et enfin « Binic/Etables sur Mer », un peu au-dessus de 50 ha). Après ces cinq sites, on trouve **3 sites finistériens** (« Guissény », « Horn/Guillec » autour de 50 ha et « Locquirec », en dessous de 30 ha. Ensuite, au-dessus de 10 ha, on trouve encore 2 sites costarmoricains (« Arguenon » et « Lancieux ») puis 2 sites finistériens



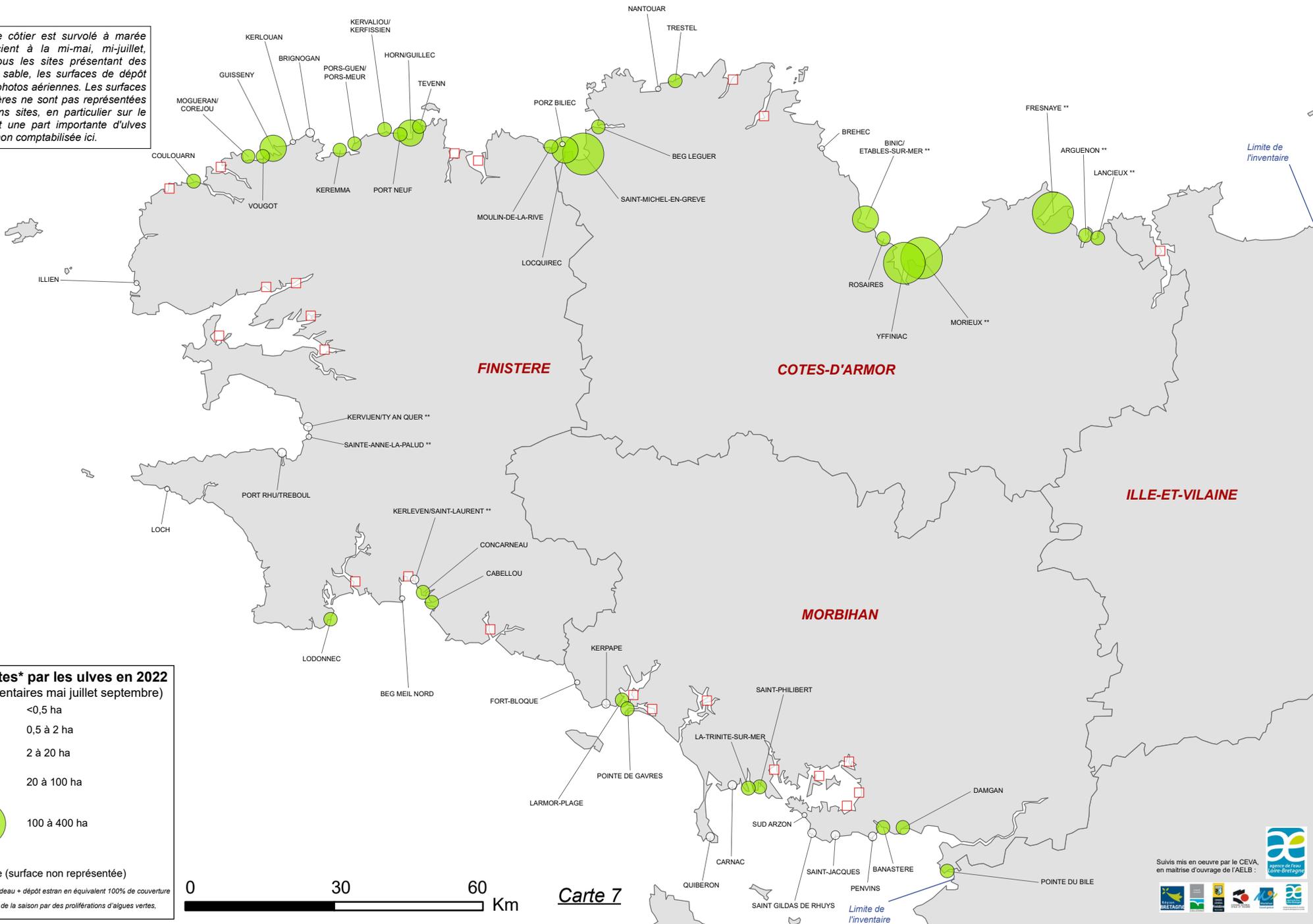
(Keremma » et « Pors Guen/Pors Meur »). Tous les autres sites (40) ont des surfaces inférieures à 10 ha (et même, en fait, moins de 5 ha) de cumul sur les 3 inventaires « généraux ». A noter que ces surfaces, même peu importantes, peuvent néanmoins localement **engendrer une perception d'atteinte importante** quand elles se localisent sur des plages, elles même de petite taille et de forte affluence touristique. Il convient de souligner aussi que certains sites sont concernés par des proliférations d'autres algues, en mélange ou séquentiellement (« baie de la Fresnaye » avec des *Ulvaria*, « ulvoïdes », en mélange avec des *Ectocarpales*, baies de « Lancieux et Arguenon », Baies de Douarnenez massivement concernée par des proliférations d'algues rouges et vertes filamenteuses et d'*Ectocarpales*, baie de « Binic/Etables sur Mer » avec des *Cladophora*,...). Ces autres algues ne sont pas comptabilisées dans les surfaces d'ulves et peuvent avoir un impact sur la prolifération des ulves elles-mêmes (compétition sur la lumière, notamment). Enfin, sur ces cartes, l'importance des dépôts d'ulves sur les sites sur vase n'est pas représentée, seule la position de ces sites est reportée. **Ces cartes permettent de faire la synthèse entre le nombre de sites touchés et leur importance surfacique.**

Le découpage du linéaire côtier en « sites » étant parfois délicat (cf. mises en garde en 3.1.1), la carte 9 propose une représentation des **surfaces d'échouage sur les baies sableuses par Masse d'Eau** (découpage réalisé dans le cadre de la DCE). Les Masses d'Eau ont été délimitées pour leur homogénéité et permettent alors de regrouper les sites de façon pertinente. Cela permet, par exemple, de regrouper l'ensemble des surfaces de la baie de Douarnenez ou du Léon. Pour cette carte, afin d'être homogène, seuls les données de **surface en ulves** (dépôt + rideau en « équivalent 100% » de couverture) sur **sites sableux** et pour les trois inventaires communs à l'ensemble du linéaires (RCS) ont été cumulées. Les surfaces de vasières colonisées par les ulves n'y sont pas incluses (cartes spécifiques des surfaces d'algues vertes sur vasières présentées dans le rapport « RCS Loire Bretagne 2022 »). On y distingue la très nette prédominance de la ME FRGC05, du « fond de baie de Saint Briec » et de trois autres ME du littoral nord Bretagne FRGC03 (« Rance Fresnaye »), FRGC10 (« Baie de Lannion ») et FRGC12 (« Léon Trégor »). En 2022, la FRGC05, avec plus de 500 ha, est très nettement plus chargée que les autres : près de 3 fois les surfaces de la FRGC03 (moins de 200 ha) et 3.5 fois la FRGC10 (moins de 150 ha). Ensuite, avec 25 fois moins de surface que la FRGC05, on trouve la première ME du Sud Bretagne (FRGC44, « Baie de Vilaine - Côte », un peu au-dessus de 20 ha). Toutes les autres ME présentent, en 2022, des surfaces assez faibles, inférieures à 10 ha (y compris la FRGC20 qui cumule moins de 3 ha, contre plus de 100 ha en 2020).

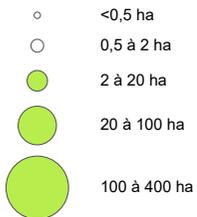
A noter que certaines de ces ME sont concernées aussi par des proliférations d'ulves sur vasières qui ne sont pas comptabilisées ici.

# Surfaces couvertes par les ulves cumulées lors des 3 inventaires de surveillance de la saison 2022

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.



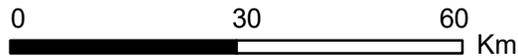
## Surfaces couvertes\* par les ulves en 2022 (cumul sur les 3 inventaires mai juillet septembre)



□ 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 vertes, brunes ou rouges filamenteuses



Carte 7

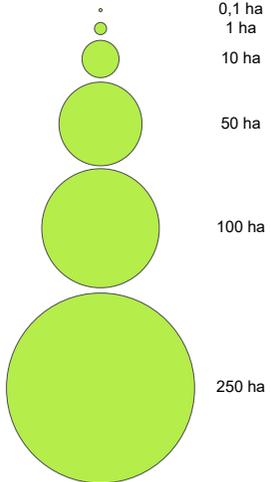
Suivi mis en œuvre par le CEVA, en maîtrise d'ouvrage de l'AEALB.



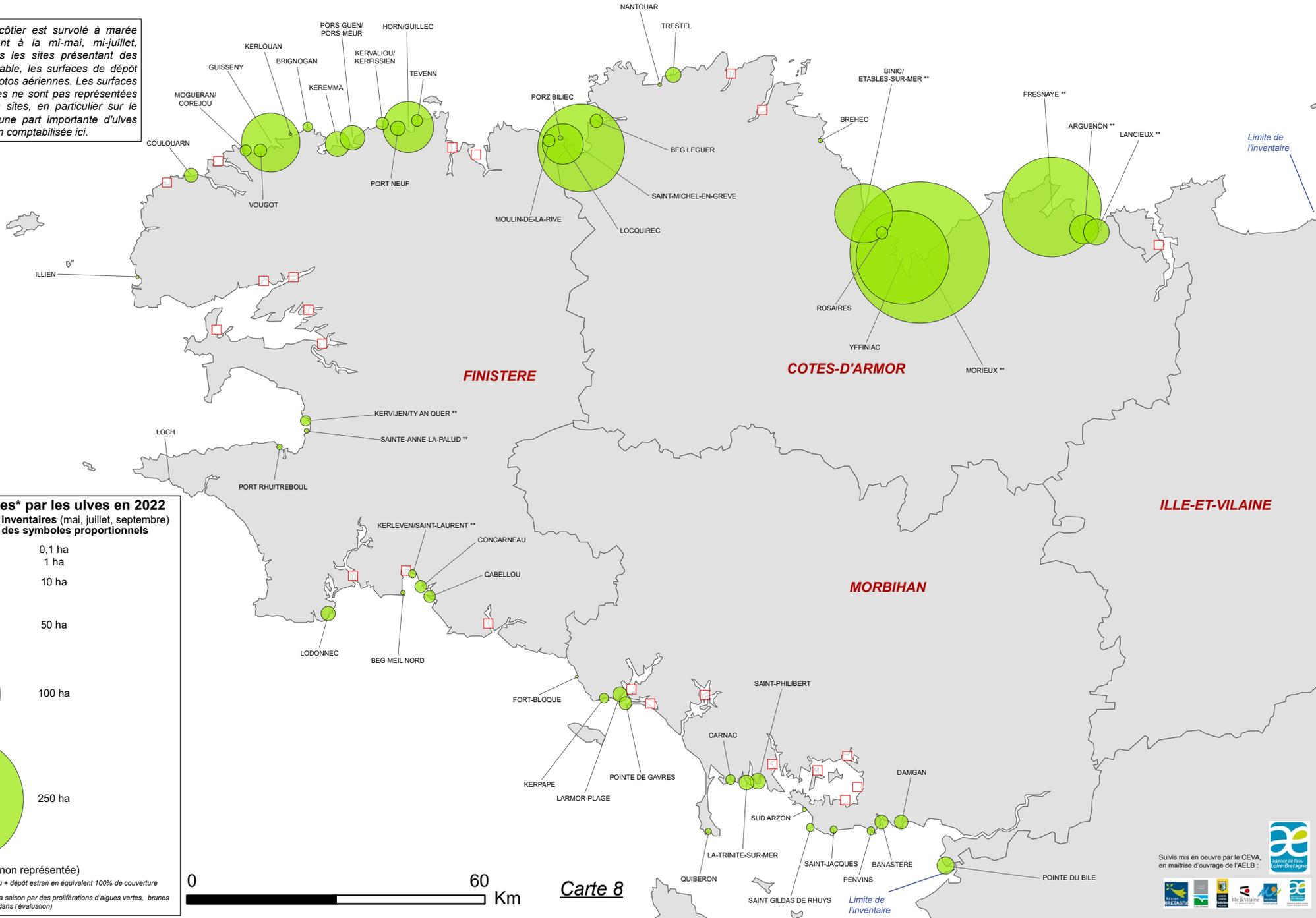
# Surfaces couvertes par les ulves cumulées lors des 3 inventaires de surveillance de la saison 2022

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 2022 Plages : cumul sur les 3 inventaires (mai, juillet, septembre) représentation avec des symboles proportionnels



\* 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 vertes, brunes ou rouges filamenteuses (non intégrées dans l'évaluation)

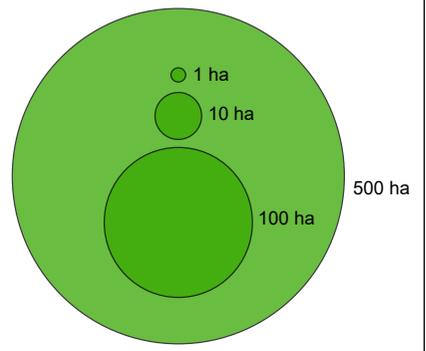


# Surfaces couvertes par les ulves sur les plages Cumul par Masse d'Eau en 2022 (contrôle de surveillance DCE)

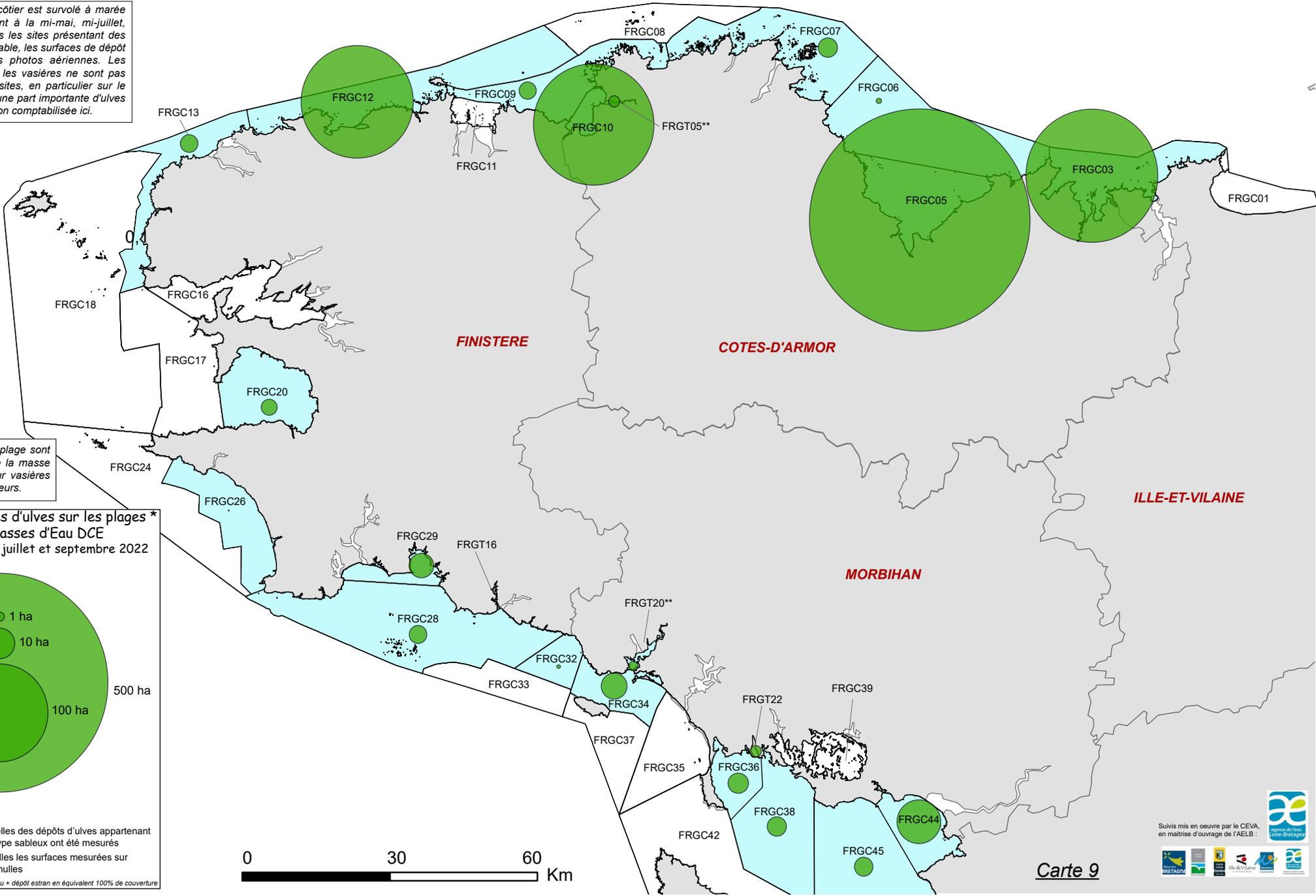
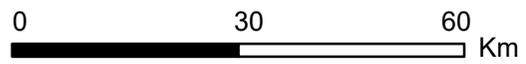
L'ensemble du linéaire côtier est survolé à marée basse de fort coefficient à la mi-mai, mi-juillet, mi-septembre. Pour tous les sites présentant des échouages d'ulves sur sable, les surfaces de dépôt sont mesurées sur les photos aériennes. Les surfaces de dépôts sur les vasières ne sont pas représentées. 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 2022



FRGT\_\*\* ME dans lesquelles des dépôts d'ulves appartenant à des sites de type sableux ont été mesurés  
 ME pour lesquelles les surfaces mesurées sur plage sont non nulles  
 \* Surface totale couverte = surface rideau + dépôt estran en équivalent 100% de couverture





### 3.2.2. Evolution annuelle de la marée verte

La cartographie des surfaces couvertes par les ulves à chaque mois d'inventaire (**annexe 5**) permet de percevoir le phénomène à différentes périodes de l'année et d'en saisir l'évolution au cours de la saison sur le plan régional. La représentation proposée des surfaces couvertes (dépôt + rideau en « équivalent 100% ») sur les 7 cartes mensuelles 2022 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 2022 par rapport aux années antérieures. On relève :

- **En avril**, les baies de Saint Briec et de la « Fresnaye » sont déjà chargées (respectivement 125 et 90 ha et ces deux secteurs **représentent 98 % de la surface totale d'avril**) ; la prolifération est particulièrement précoce sur ces deux secteurs. Sur la carte on distingue aussi le petit site de « Cabellou » mais pour des surfaces nettement inférieures (3 ha environ) ; tous les autres sites présentent des surfaces de moins de 0.5 ha. La situation est assez proche, en termes de démarrage à la précédente (surfaces concentrées sur les deux mêmes secteurs) mais en accentué (surface totale 50 % supérieure à avril 2021). Alors qu'en 2020, année très tardive, aucun site n'avait présenté d'échouages notables (aucun site n'avait atteint 0.5 ha).
- **En mai**, les trois premiers sites touchés (en baie de Saint Briec et « Fresnaye ») voient **leurs surfaces augmenter fortement** (plus que doubler sur la baie de Saint Briec et + 25 % pour la « Fresnaye ») et ces **trois sites dominant nettement les autres** (plus de 80 % de la surface totale de mai). De nombreux « plus petits » sites apparaissent dont les trois plus importants présentent des surfaces entre 6 et 11 ha (tous trois en Côtes d'Armor : « Lancieux », « Arguenon » et « Binic/Etables sur Mer ») et une grosse partie (30 sites) présentent des surfaces non négligeables entre 0.5 et 5 ha. Les sites sur la côte sud Bretagne sont assez nombreux dans cette catégorie en mai. La surface des sites de mai, en dehors des 2 secteurs de Saint Briec et de la « Fresnaye », a augmenté d'un facteur 20 entre avril et mai, signe de conditions de croissance particulièrement favorables encore en 2022 (notamment l'ensoleillement, potentiellement facteur limitant à cette saison qui est, sur mars, avril et mai, nettement supérieur aux normales, entre 30 et 40 % sur la somme de ces trois mois, suivant les stations météo).
- **En juin**, les surfaces sur la baie de Saint Briec progressent encore (+15 %) alors qu'elles **régressent sur la « Fresnaye »** (-20 %). Ces deux secteurs **totalisent encore les deux tiers** (66 %) de la surface totale régionale. La carte de juin montre cependant la **forte croissance de certains sites**, en premier lieu de la baie de « **Saint Michel en Grève** » (qui passe de 2 ha à 80 ha), « **Guissény** », de « **Binic/Etables sur Mer** » de « **l'Horn/Guillec** » et de « **Locquirec** ». Ces 5 sites représentent 81 % du total « hors Saint Briec et Fresnaye » (et 27 % du total régional).
- **En juillet**, les **deux premiers secteurs touchés voient leur surface diminuer fortement** (-52 % sur la baie de Saint Briec et -47 % sur la « Fresnaye »), ce qui est aussi le cas d'autres secteurs (« Saint Michel en Grève » avec -11 % et sites de la baie de Douarnenez et de la baie de la Forêt qui ne sont plus concernés en juillet). Alors que **d'autres sites voient leur surface augmenter** (« Binic/Etables sur mer », « Horn/Guillec », « Locquirec », Guissény »). En juillet, les deux premiers secteurs touchés voient leur part décroître fortement et représenter moins de la moitié de la surface régionale des sites sableux (46%).
- **En août**, les surfaces **régressent sur quasiment tous les sites** et disparaissent même de la « Fresnaye » (les Ulvaria ne sont plus que marginalement présentes, et les Ectocarpales se sont imposées). Les sites de plus grandes surfaces sont tous au nord mais, excepté « Saint Michel en Grève » (avec 60 ha), tous les sites présentent des surfaces de moins de 50 ha.



- **En Septembre** la situation **évolue assez peu**, mais partout à la baisse. Les 4 sites qui se démarquent par leurs surfaces sont « Saint Miche en Grève », « Morieux, » « Guissény » et l' « Horn/Guillec ». On distingue aussi des sites sur le littoral sud, mais tous de superficie modeste (tous inférieurs à 3 ha).
- **En Octobre**, l'élément le plus marquant **est l'augmentation importante et inhabituelle des surfaces sur « Morieux »** (multipliées par 2.6 contre une quasi stabilité sur la moyenne pluriannuelle). **Cette remontée des surfaces peut être expliquée** par des **flux qui remontent fortement dès la fin septembre** (forte remontée des débits à partir du 22 septembre) dans un contexte 2022 de **lumière favorable**. Les autres sites poursuivent leur régression, attendue à cette période.

#### ➤ Des profils de sites différents

Les sites se distinguent par l'évolution, au cours de la saison, des surfaces en ulves. 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 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 2022 ; cela permet, pour ces sites, de percevoir le profil de la prolifération et de comparer les surfaces d'échouages mois par mois. Par ailleurs, les histogrammes parce qu'ils gardent des proportions conformes, permettent d'évaluer visuellement l'importance relative des sites les uns par rapport aux autres. La carte des surfaces mensuelles moyennes inter annuelles présentée en **annexe 5** permet de percevoir le profil « moyen » sur les années 2002-2013 des différents sites suivis mensuellement (les 9 dernières années de prolifération aux profils atypiques n'ont pas été intégrées dans cette représentation).

Cela permet de distinguer :

#### ▪ Les sites précoces :

Les sites **costarmoricains sont habituellement plutôt précoces ainsi que la baie de Douarnenez**. Le site de « **Bréhec** » était même, il y a quelques années considéré comme le plus précoce (avec surtout la particularité d'un démarrage précoce suivi de surfaces, le plus souvent, très limitées ensuite). L'année 2022 ayant été assez atypique, précoce sur la baie de Saint Brieuc et la « Fresnaye » mais tardive ailleurs, on trouve donc en 2022 que ces deux sites qui ont été réellement précoces. Les baies de « Saint Michel en Grève » et de Douarnenez ne peuvent être considérées comme précoces cette année (échouages très faibles jusqu'en juin sur la baie de « Saint Michel en Grève » et quasi absence de prolifération d'ulves sur la baie de Douarnenez en 2022).

La précocité des sites est très probablement à relier au maintien, à proximité de ces sites, de **stocks infralittoraux hivernaux importants**. Et la plus ou moins **grande précocité d'une année** est ensuite liée **aux conditions hivernales et à l'importance de la prolifération de l'année précédente** (cf. paragraphe 3.2.3). Ainsi, au printemps, lorsque les conditions de lumière et de température deviennent progressivement favorables, **l'existence de stocks résiduels** importants devant ces sites provoque une **explosion des quantités** d'ulves en situation environnementale saisonnière de non limitation de la croissance des algues par l'azote. La configuration de ces sites, constitués de grandes baies peu profondes, induit probablement également un **réchauffement de l'eau** plus important qu'ailleurs ce qui est favorable à la croissance des ulves en début de saison. Pour ce qui est du **démarrage particulièrement tardif sur les grandes baies** (à reconduction), certaines années, il est à mettre en lien avec le **caractère dispersif de l'hiver** et à l'exposition plus ou moins importantes des baies **à la houle**. Pour les « plus petits sites », dont l'amorçage est lié aux arrachages d'ulves des platiers, leur importance, cette année en début de saison, est à mettre en relation avec la lumière particulièrement abondante sur mars à mai 2022 (30 à 40 % d'excédent, suivant les stations météo, sur la somme de ces trois mois) par rapport à d'autres années pour lesquelles la prolifération met plusieurs mois à s'installer



véritablement (croissance rapide des algues sur platier puis leur arrachage du fait d'une plus forte sensibilité à l'arrachage quand les algues sont grandes). C'est aussi le cas des sites de plus grande taille comme « **Guissény** » ou « **Horn/Guillec** » qui sont habituellement tardifs mais ont été plutôt « précoce » cette année.

▪ **Les sites tardifs :**

Les sites du nord Finistère sont dans l'ensemble concernés par des échouages que l'on peut qualifier de tardifs (« Horn/Guillec », « Guissény », « Pors-Guen/Pors-Meur », « Keremma » et « Locquirec », principalement). Les premiers mois du suivi y sont généralement caractérisés par une **augmentation lente des surfaces couvertes** par les ulves et une augmentation progressive des ulves (**part de goémons** souvent importante en début de saison). Contrairement aux sites précoces, la marée verte des sites tardifs se reconstitue très probablement à partir de **stocks hivernaux réduits** (donc pas ou peu d'impact de la houle hivernale sur le report interannuel des algues), dans certains cas à partir d'algues commençant leur croissance fixée sur platier ; **l'ensoleillement** important en fin d'hiver et au printemps semble pouvoir favoriser ces sites ; **la température de l'eau**, souvent réchauffée plus tardivement sur ces sites semble pouvoir également jouer un rôle important dans ce démarrage retardé. En 2022, **ces sites ont été plutôt précoces** du fait des conditions d'éclairement favorables (cf. ci-dessus). Ce fort éclairement printanier pourrait induire un « pré développement » des ulves sur platier (et un réchauffement prématuré des masses d'eau dans les baies peu profondes aux abords des platiers) puis une croissance accélérée des algues, une fois arrachée des platiers.

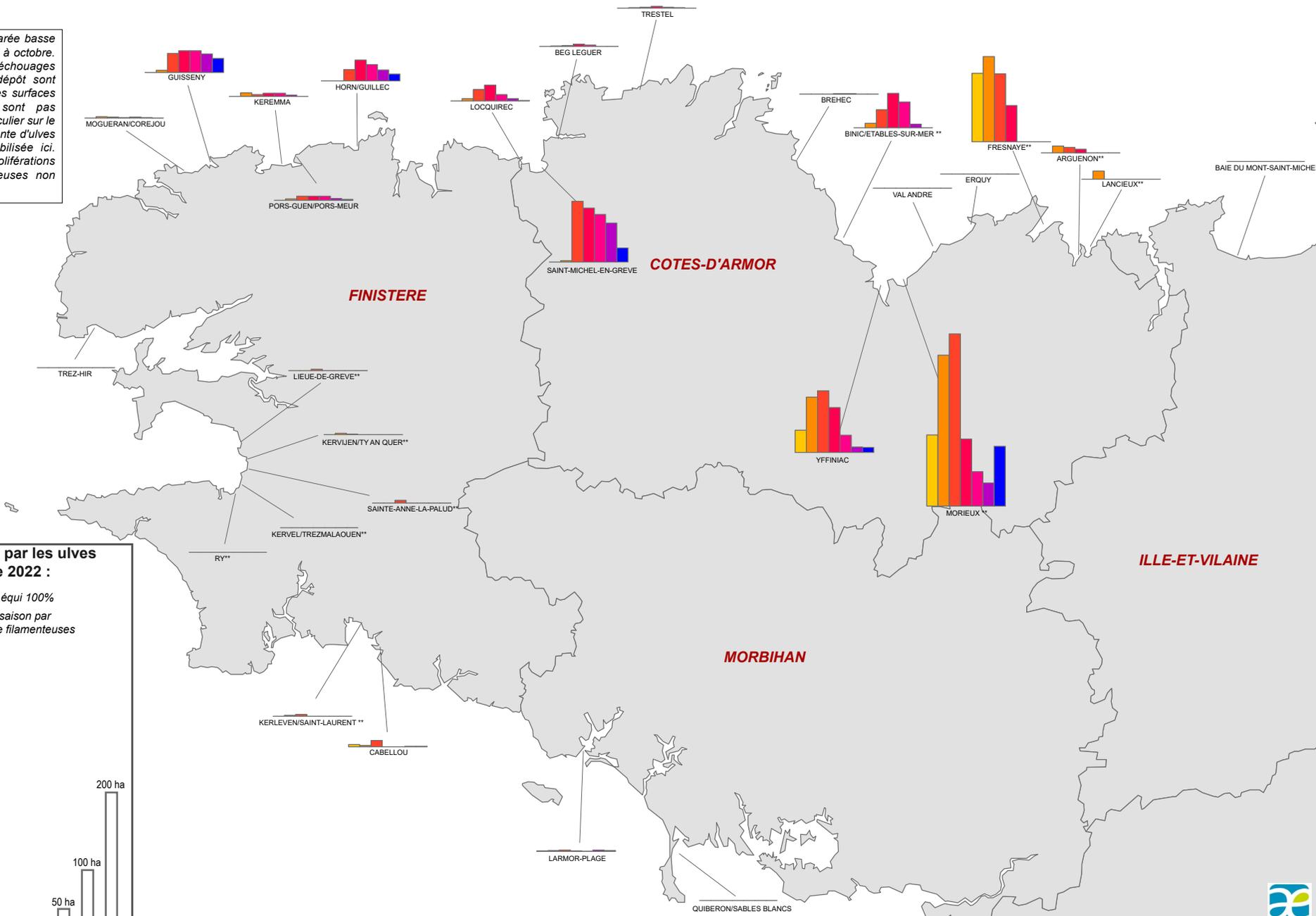
Une piste complémentaire peut être avancée pour expliquer les marées vertes tardives. Les séquences de démarrage de sites voisins (le fait qu'une marée verte relativement importante apparaisse après une marée verte observée sur un site voisin) peut nous permettre de suggérer une connexion inter-sites (certains sites pourraient faire l'objet d'un ensemencement provenant d'un site proche). Certaines observations (masse d'algues dérivantes au gré des courants) lors des survols viennent étayer cette hypothèse. Des sites tels que « Locquirec » ou « Binic/Etables-sur-Mer » sont concernés par cette hypothèse d'ensemencement par un site voisin. Leurs marées vertes seraient donc dépendantes, au moins en début de saison, des proliférations des sites voisins (« Saint-Michel-en-Grève » pour « Locquirec » et « Yffiniac/Morieux » pour « Binic/Etables »). La situation mesurée en 2014 semble encore conforter cette hypothèse avec des proliférations qui ont été presque inexistantes sur Locquirec lors d'une prolifération 2014 extrêmement tardive sur « Saint Michel en Grève » et une prolifération très retardée sur « Binic/Etables » pour des échouages également tardif sur la baie de « Saint Briec ». Les séquences de démarrage de ces sites en 2015 et en 2016 viennent encore conforter cette analyse (démarrage rapide en juillet sur « Locquirec » après l'installation massive sur « Saint Michel en Grève » en juin 2015 et juillet 2016 et idem pour « Binic/Etables » après l'installation importante en juin 2015 et juillet 2016 sur la baie de Saint Briec). Cette description de séquence de démarrage semble en partie contredite pour la baie de « Locquirec » sur les années 2019, 2020 et 2022 pour lesquelles le démarrage des échouages semble avoir été d'abord sur « Locquirec » avant que nous ne le percevions sur « Saint Michel en Grève ». Il se pourrait que pour ces trois années, marquées par un fort ensoleillement de sortie d'hiver, les arrachages d'ulves des platiers (importants autour de la baie de « Locquirec ») aient permis un démarrage plus précoce des échouages avant l'intervention du démarrage sur la baie de « Saint Michel en Grève » par ses stocks, bien dispersés par les conditions hivernales agitées.

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

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

# Variation des échouages d'ulves en 2022 entre avril et octobre

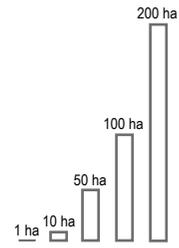
Les sites principaux sont survolés à marée basse de fort coefficient mensuellement d'avril à octobre. Pour tous les sites présentant des échouages d'ulves sur sable, les surfaces de dépôt sont mesurées sur les photos aériennes. Les surfaces de dépôts sur les vasières ne sont pas représentées ici. Certains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



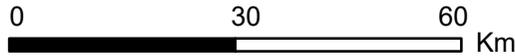
## Surfaces\* couvertes (en hectares) par les ulves pour les 7 inventaires de 2022 :

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

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



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



Carte 10



### 3.2.3. Evolutions de la marée verte sur la période 2002-2022

De 2002 à 2006 dans le cadre de Prolittoral puis de 2007 à 2022, dans le cadre du Cimav (suivis complémentaires du CEVA intégrés en 2017 dans le suivi RCO de l'AELB) et de la DCE les suivis ont été réalisés par le CEVA en suivant **la même méthodologie pour ce qui est des sites « sableux »**. De 2007 à 2022, les suivis Cimav/RCO (suivis complémentaires) et DCE surveillance combinés permettent, sur les principaux sites sableux de Bretagne, une perception identique à celle permise par les suivis 2002-2006 (1 donnée mensuelle d'avril à octobre). **Il est donc possible de comparer les surfaces mesurées depuis 2007 aux mesures des années antérieures 2002-2006** (méthodes et nombre d'observations identiques).

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

L'annexe 7 propose pour chaque année de 2002 à 2020 une description des principales caractéristiques des proliférations mesurées.

Les suivis **de la saison 2021** avaient permis de décrire :

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



## Évolutions surfaciques relevées en 2022 :

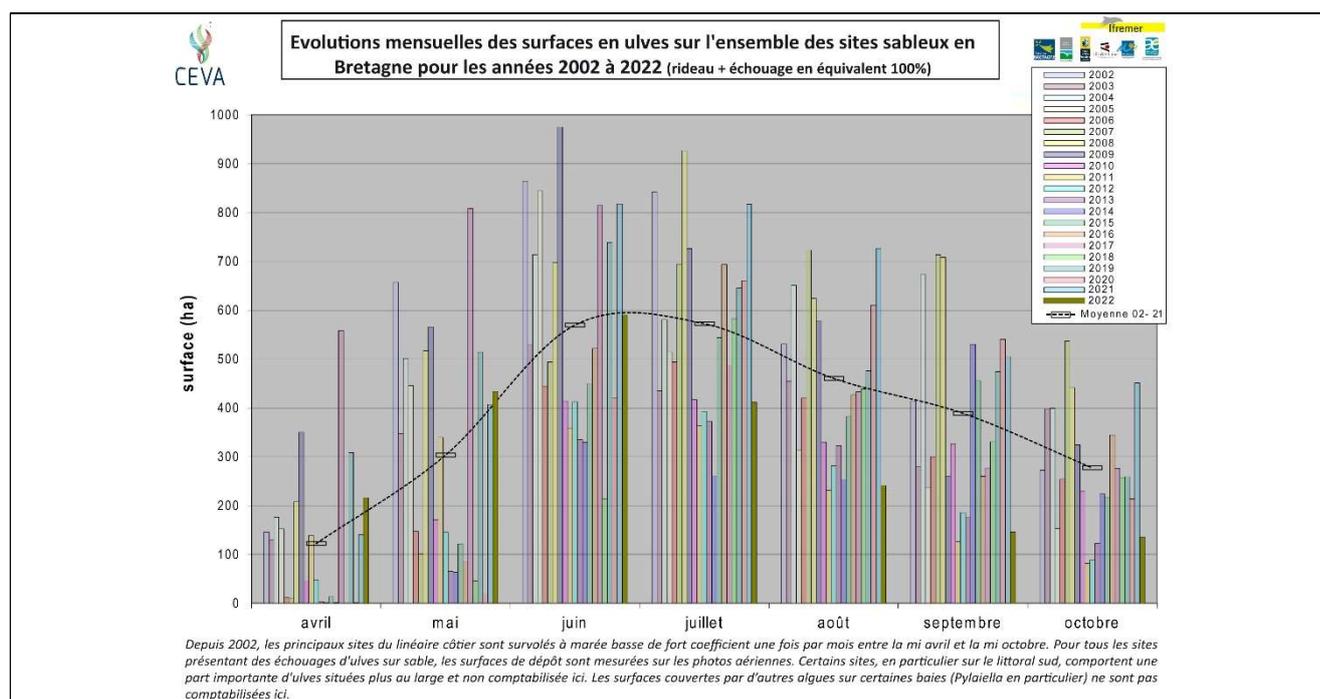


Figure 14 : évolutions mensuelles des surfaces en ulves sur l'ensemble des sites sableux en Bretagne faisant l'objet de suivis mensuels sur la période 2002-2022.

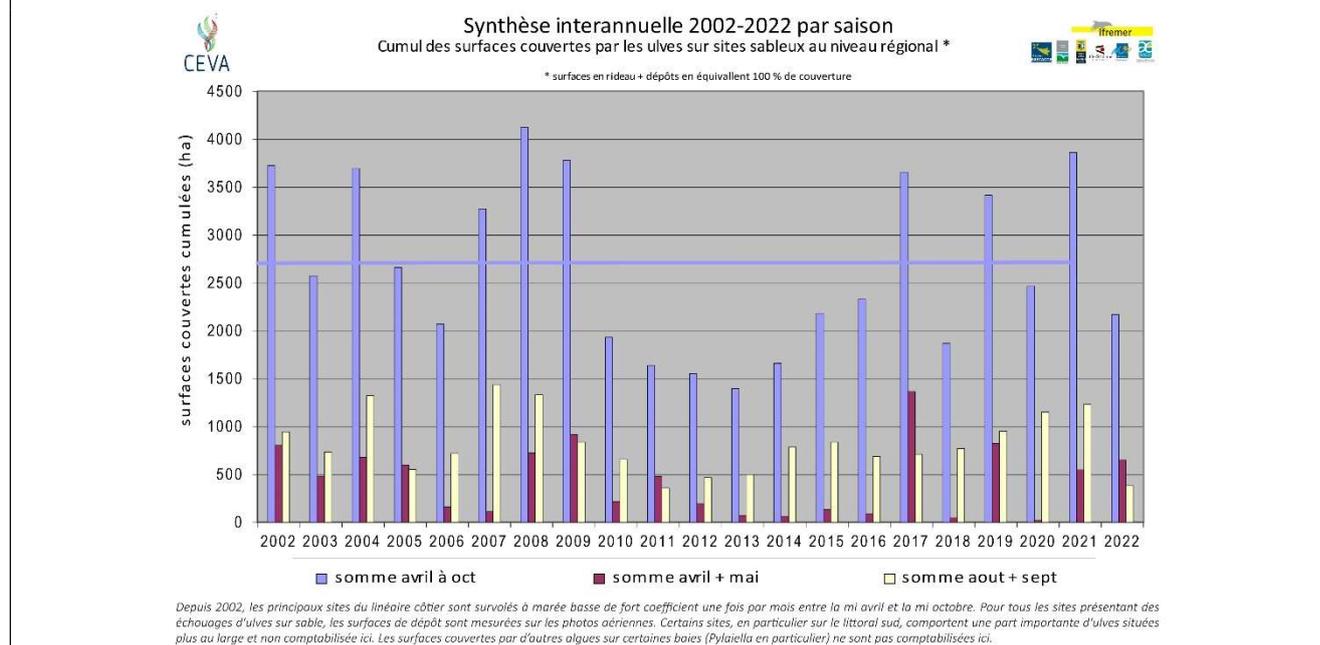


Figure 15 : évolutions annuelles et par saison des surfaces en ulves sur l'ensemble des sites sableux en Bretagne faisant l'objet de suivis mensuels sur la période 2002-2022

Les suivis surfaciques réalisés sur **les principaux sites sableux bretons** (suivis mensuellement d'avril à octobre) permettent d'établir pour 2022 :

- Au **niveau régional**, le démarrage de la **prolifération est précoce** : la somme « avril + mai » (utilisée pour caractériser la précocité annuelle) pour l'ensemble des sites sableux **est 50 % plus élevée que le niveau moyen 2002-2021 et 30 fois plus que le niveau de l'année 2020**, la plus tardive de la série. Dans le détail, ce démarrage « précoce » est en réalité dû très largement à **2 secteurs des Côtes d'Armor** : les surfaces mesurées sur les

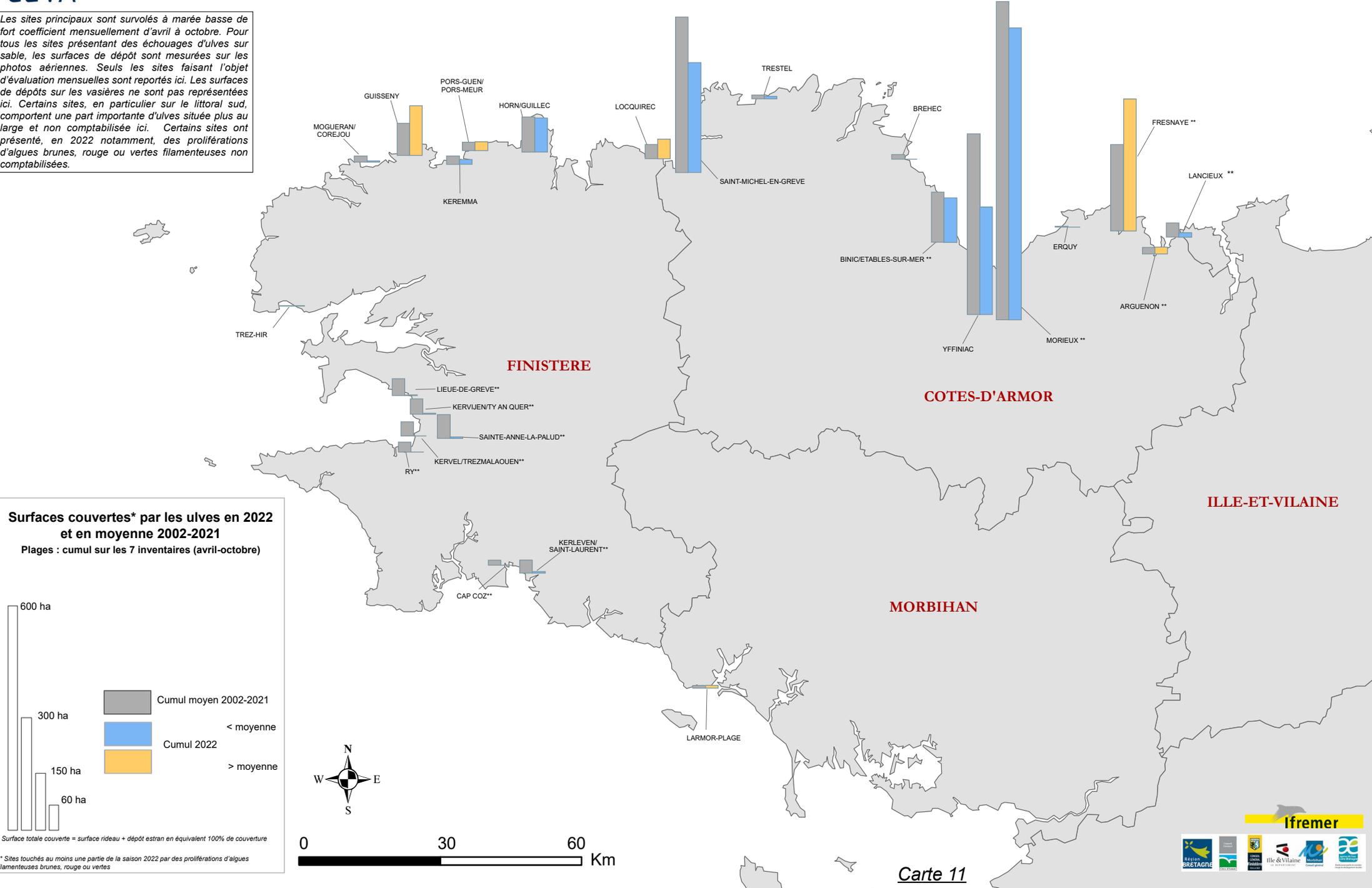


- baies de Saint-Brieuc et de la « Fresnaye » représentent en effet **93 % du total régional**, les autres sites étant peu touchés.
- Les surfaces augmentent fortement en juin pour atteindre leur maximum annuel, conforme au niveau moyen 2002-2021, puis **diminuent sensiblement à partir de juillet**, en particulier du fait de fortes diminutions de surfaces sur les baies de la « Fresnaye » et de Saint-Brieuc (non compensées par les augmentations des sites du nord Finistère). La diminution de surface est forte chaque mois jusqu'en septembre et la décroissance est moindre en octobre du fait de la **remontée des surfaces en baie de Saint-Brieuc** (plus que doublement, sur cette baie).
  - Cette **année atypique** (très précoce sur 2 sites puis diminution rapide des proliférations sur ces deux mêmes sites) engendre un **cumul annuel 2022 qui est 20 % inférieur au niveau pluriannuel 2002-2021 et 45 % inférieur à l'année 2021**, de forte prolifération.
  - Cette situation « régionale » recouvre des **situations locales très différentes**. Certains secteurs **ont été très peu touchés par des proliférations d'ulves** (baie de la Forêt, baie de Douarnenez ; mais présences d'autres algues filamenteuses), d'autres **ont vu des proliférations inférieures** au niveau moyen (baie de Saint Michel en Grève, du fait d'un démarrage tardif ; baie de Saint-Brieuc, malgré un démarrage précoce et du fait d'un effondrement en saison estivale) et d'autres enfin **des proliférations plus soutenues** (baie de « Guissény », baie de « Locquirec », baie de la « Fresnaye », du fait de son démarrage très précoce).
  - Cette **prolifération 2022 résulte de démarrages très hétérogènes suivant les sites** (très forte reconduction sur 2 sites et quasi absence de reconduction d'ulves sur d'autres) **puis de conditions de croissance en saison printanière et estivale très contrastées** (liées à des flux plus ou moins soutenus arrivant dans des baies plus ou moins saturées).

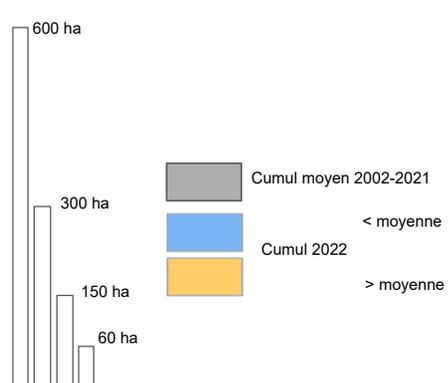
La **carte 11** permet de situer l'importance de la prolifération sur l'ensemble de la saison sur chacun des sites faisant l'objet d'une surveillance mensuelle par rapport à la situation moyenne 2002-2021 et la **carte 10** permet de visualiser le détail des surfaces mensuelles sur ces mêmes sites pour l'année 2022.

# Surfaces couvertes par les ulves sur les principaux sites sableux cumul des 7 inventaires de la saison 2022 et moyenne 2002-2021

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. 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. Certains sites ont présenté, en 2022 notamment, des proliférations d'algues brunes, rouge ou vertes filamenteuses non comptabilisées.



**Surfaces couvertes\* par les ulves en 2022 et en moyenne 2002-2021**  
Plages : cumul sur les 7 inventaires (avril-octobre)



\* Surface totale couverte = surface rideau + dépôt estran en équivalent 100% de couverture  
\*\* Sites touchés au moins une partie de la saison 2022 par des proliférations d'algues filamenteuses brunes, rouge ou vertes



### Éléments d'explication des caractéristiques régionales de la marée verte observée en 2022 :

Les suivis mis en place en 2002 mettent en évidence des proliférations très différentes entre années. Ainsi sur la prolifération totale (cumul des 7 inventaires sur les principaux sites) les surfaces d'échouage **mesurées en 2013 sont trois fois moins importantes** (66 % de moins) que **celles mesurées en 2008**. L'analyse de la prolifération 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 prolifération** (évaluée en sommant les surfaces couvertes en avril+mai), **l'année 2017, année la plus précoce, présente 65 fois plus de surface** en avril+mai **que l'année 2020**, la moins précoce (et 29 fois plus de surfaces couvertes que l'année 2018, deuxième année la plus tardive).

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

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



## Reconduction interannuelle et dispersion hivernale :

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

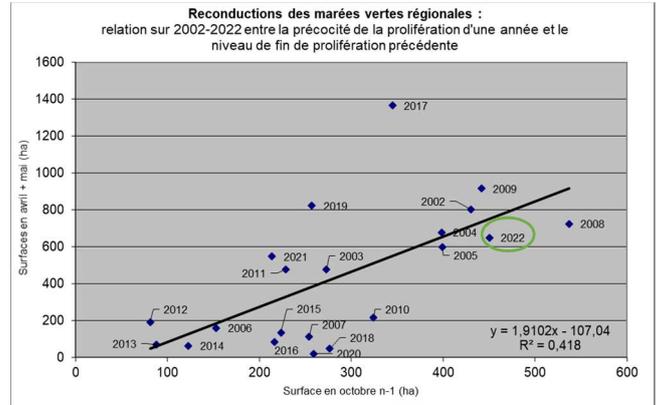
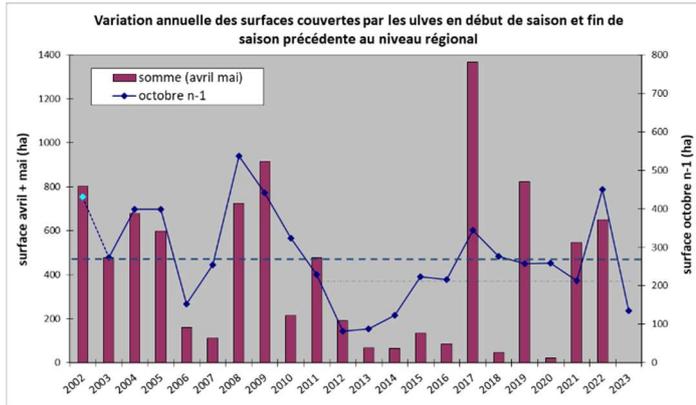


Figure 16 : Surfaces couvertes par les ulves en début de saison (avril+mai) et lien avec le niveau de couverture de la fin de l'année n-1. Les niveaux plus faibles qu'attendus en 2006, 2007, 2010, 2013, 2014, 2015, 2016, 2018 et 2020 s'expliquent par : des températures de l'eau plus froides en hiver/printemps que la moyenne (environ 1 mois de retard sur les températures de l'eau sur avril-mai-juin pour 2006, 2010 et 2013) ; le caractère particulièrement dispersif de l'hiver (pour 2007, 2013, 2014, 2015, 2016, 2018 et 2020). Le caractère plus précoce qu'attendu en 2017 s'explique par l'hiver le moins dispersif et parmi les plus lumineux. La position de 2022 (cercle vert) est liée en majorité aux surfaces importantes sur les baies de Saint Brieuc et Fresnaye (70 % des surfaces d'octobre et 93 % des surfaces avril+mai).

Le niveau de la fin 2001 a été estimé en se basant sur les suivis qui ne portaient, à cette époque, que sur le littoral des Côtes d'Armor (suivis réalisés par le CEVA sur financement du Conseil Général des Côtes d'Armor). La méthode d'estimation était différente : pour rendre compatibles les méthodes, c'est le ratio de la mesure de mi-octobre 2001 sur le maximum annuel de 2001 qui a été utilisé.

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

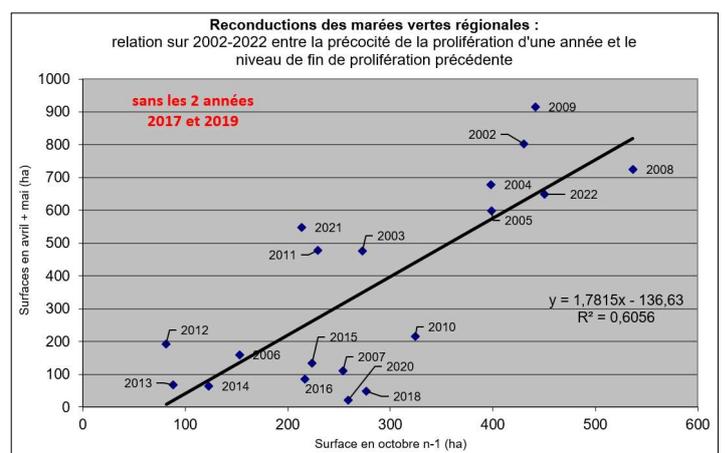
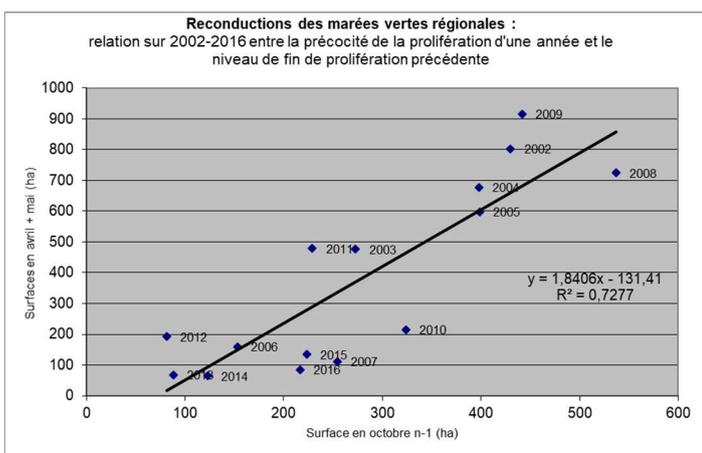


Figure 17 : relation entre les surfaces avril+mai d'une année n avec le niveau d'octobre n-1 sur la période 2002-2016 (figure de gauche) et sur 2002-2022, en retirant les 2 années particulièrement précoces sur la baie de Saint Brieuc 2017 et 2019 (figure de droite)

Pour ce qui est du report sur 2022, les **quantités d'ulves présentes en fin 2021 sont très élevées** : les surfaces en octobre sont **68 % supérieures au niveau de 2002-2020**. Ces stocks d'octobre sont surtout importants sur la baie de Saint Brieuc, de la « Fresnaye » et de « Binic/Etables sur Mer » (83 % de la surface régionale



d'octobre sur ces sites). Donc sur ce paramètre la **configuration fin 2021 est favorable à un redémarrage précoce sur les baies de Saint Brieu et « Fresnaye »** (mais pas sur les autres baies « à reconduction », peu chargées).

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

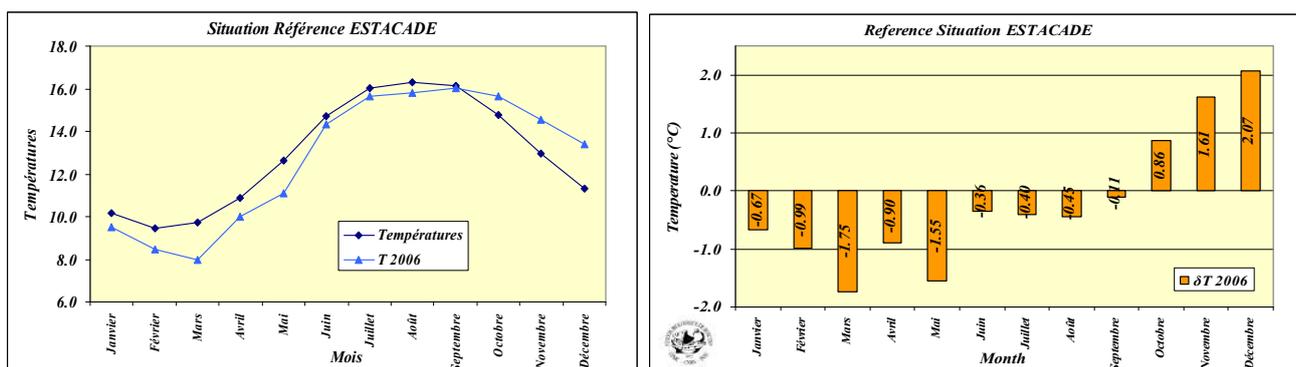


Figure 18 : données de température de l'eau en baie de Morlaix en 2006 par rapport à la moyenne 1985-2006 (données SOMLIT fournies par la Station Biologique de Roscoff)

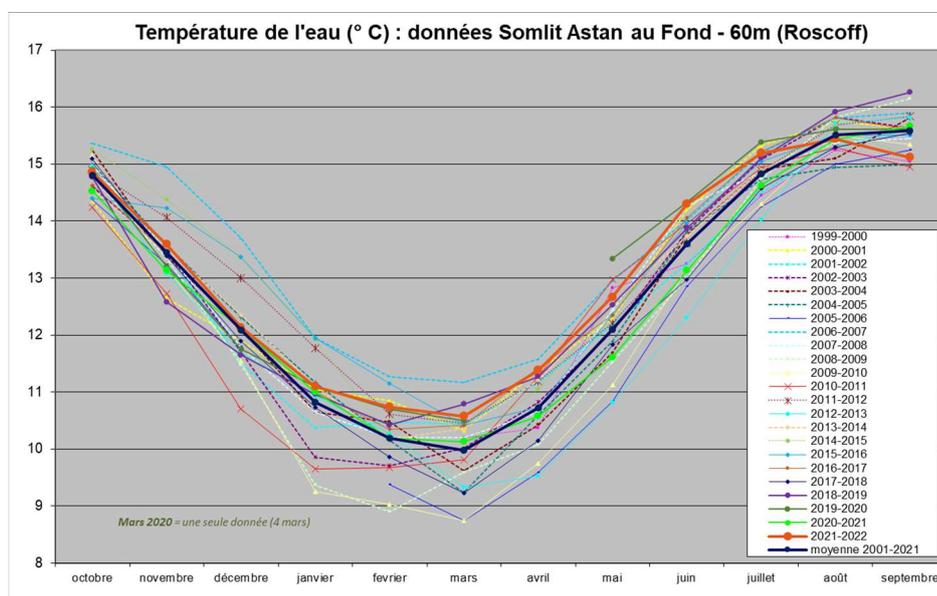


Figure 19 : données de température de l'eau en baie de Morlaix entre 2000 et septembre 2023 sur le point Astan au fond -60m (données SOMLIT fournies par la Station Biologique de Roscoff). On distingue les années 2006, 2010 et 2013 dont les profil sont quasiment identiques avec des température de l'eau, à partir de mars et jusqu'en juin voire juillet, qui restent très inférieures aux moyennes pluriannuelles (plus de 1 degré inférieur soit un mois de retard sur le réchauffement printannier). Les hivers 2006-2007, 2011-2012, 2013-2014, 2014-2015, 2015-2016, 2016-2017, 2018-2019, 2019-2020 et 2021-2022 présentent, des températures de l'eau demeurées élevées.

La saison hivernale 2021-2022 a présenté des **températures supérieures aux normales** (Figure 19), **chaque mois d'hiver et du printemps** (de 0.55 à 0.7 °C de plus, chaque mois entre février et juin). Ces températures



du « large » (hors phénomène local de réchauffement des masses d'eau des baies), plus élevées qu'en moyenne ne peuvent donc impliquer de retard dans les proliférations printanières.

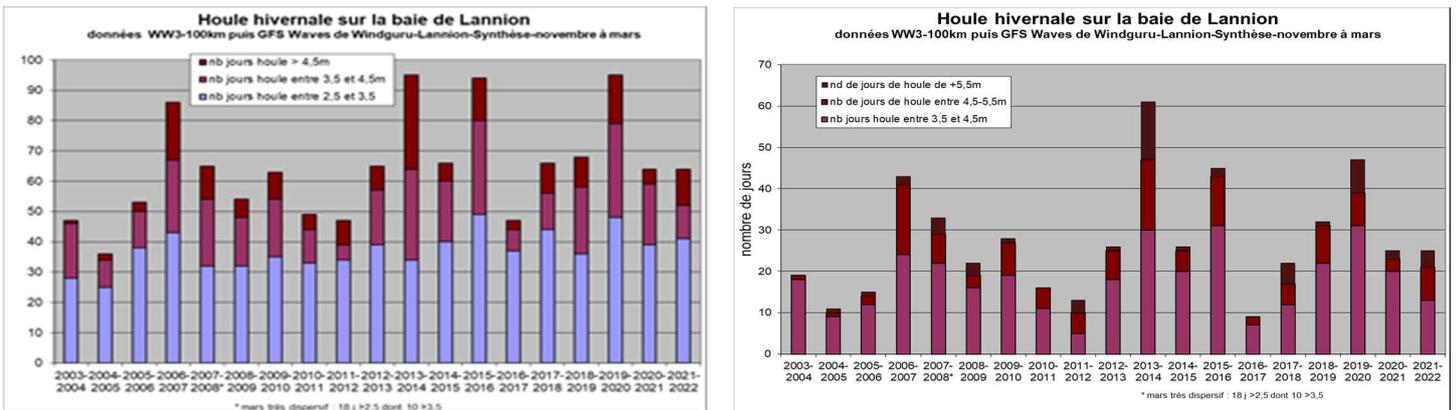


Figure 20 (a) et (b) : statistiques de houle du modèle GFS stockées sur le site Internet Windguru pour le site de Lannion (archivage de la dernière prévision tri-horaire) et compilation par catégorie de hauteur de vague pour la période de novembre à mars. (a), à gauche pour les houles de plus de 2.5 m et (b), à droite pour les houles de plus de 3,5 m. On distingue les hivers 2006-2007, 2013-2014 (le plus dispersif), 2015-2016 et 2019-2020, particulièrement dispersifs dans la série analysée (série la plus longue disponible). L'hiver 2016-2017 est le moins dispersif.

L'hiver 2021-2022 (novembre à mars) est proche du précédent, légèrement plus dispersif et assez proche du niveau moyen : + 5 % de jours de 2,5 m que la moyenne 2003-2021, mais – 10 % pour les jours de + 3,5 m. L'hiver est donc « moyennement dispersif » à « plutôt calme ». Un tel hiver pourrait donc être « suffisant » pour limiter la reconduction des sites peu chargés en octobre 2021 et exposés à la houle mais insuffisant pour les plus gros sites, moins exposés et chargés en octobre 2021 (Saint Briec et la « Fresnaye »).

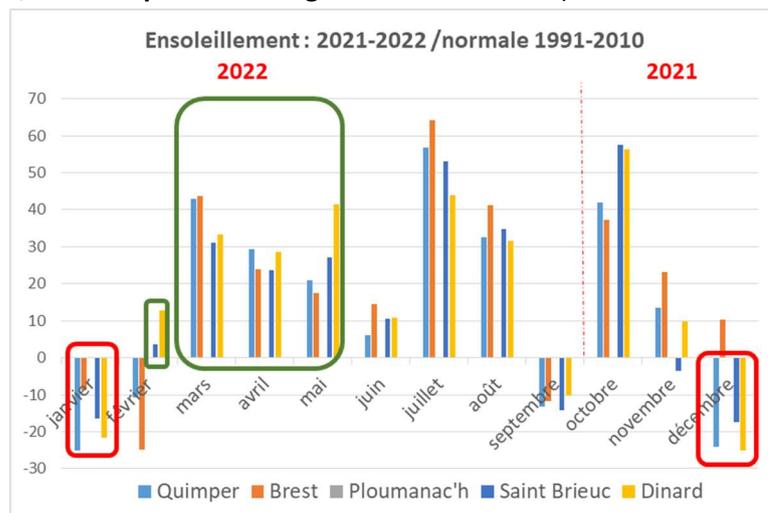


Figure 21 : écart (pourcentage) entre les heures d'ensoleillement sur les stations MétéoFrance littorales suivies et les normales pour ces stations.

Après des mois de décembre à février plutôt sombres, l'ensoleillement en sortie d'hiver (Figure 21) a été, sur toutes les stations météo suivies, nettement supérieur aux normales (mars à mai) et plus particulièrement en mars sur l'ouest Bretagne (en mars : + 33 % d'heures de soleil sur St Briec et Dinard ; + 45 % sur Brest et Quimper et sur avril de 25 à 30 %). Ce paramètre est donc favorable au redémarrage printanier (paramètre habituellement limitant à cette saison) sur les sites qui ont gardé des stocks d'ulves.



**En conclusion**, pour ce qui est de la reconduction de la marée verte sur **l'hiver 2021-2022**, les éléments principaux sont :

- Au « niveau régional », les **stocks présents en automne 2021 sont très élevés**. En octobre les surfaces d'ulves mesurées sur l'ensemble des sites étaient de **68 % supérieures au niveau** de 2002-2020. Ces stocks d'octobre sont surtout importants sur la **baie de Saint Brieuç, de la « Fresnaye »** et de « Binic/Etables sur Mer » (83 % de la surface régionale d'octobre sur ces sites). Donc, sur ce paramètre la **configuration fin 2021 est favorable à un redémarrage précoce sur les baies de Saint Brieuç et « Fresnaye »** (mais pas sur les autres baies « à reconduction », peu chargées).
- **L'hiver 2021-2022** (novembre à mars) est **proche du précédent, et assez proche du niveau moyen** : + 5 % de jours de 2,5 m que la moyenne 2003-2021, mais – 10 % pour les jours de + 3,5 m. **L'hiver est donc « moyennement dispersif »** à « plutôt calme ». **Un tel hiver pourrait donc être « suffisant » pour limiter la reconduction des sites peu chargés en octobre 2021 et exposés à la houle mais insuffisant pour les plus gros sites, moins exposés et chargés en octobre 2021** (Saint Brieuç et la « Fresnaye »).
- La saison hivernale 2021-2022 a présenté des **températures de l'eau supérieures aux normales, chaque mois d'hiver et du printemps** (de 0.55 à 0.7 °C de plus, chaque mois entre février et juin). Ces températures, plus élevées qu'en moyenne ne peuvent donc impliquer de retard dans les proliférations printanières.
- **L'ensoleillement en sortie d'hiver** a été, sur toutes les stations météo suivies, **nettement supérieur aux normales** (mars à mai). Ce paramètre est donc favorable au redémarrage printanier (paramètre habituellement limitant à cette saison) sur les sites qui ont gardé des stocks d'ulves.

**Pour ce qui est de la baie de Saint Brieuç, dont le démarrage dépend fortement du niveau des stocks en entrée d'hiver, la situation est donc assez défavorable** (surface d'octobre 2021 92 % au-dessus de la moyenne 2002-2020). **La baie de la Fresnaye présentait elle aussi des surfaces très importantes en octobre 2021** (4 fois le niveau pluriannuel et proche du niveau des 4 années de plus forte reconduction). Sur ces deux secteurs, **les plus vastes et les plus abrités, les stocks importants associés à un hiver « plutôt peu dispersif » risquent donc d'entraîner un redémarrage précoce** des proliférations quand les **baies plus abritées, plus facilement destockables et qui présentaient pas ou peu d'ulves devraient connaître un démarrage tardif**.

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

*Aucune mission d'estimation n'a été réalisée entre octobre et fin février. Des prospections très locales montraient cependant des stocks encore bien présents en janvier en baie de Saint Brieuç (mais quantification impossible sans perception aérienne de l'ensemble de la baie), en particulier sur certaines des anses de la façade ouest d'Hillion. C'était encore massivement le cas début février et les stocks perçus étaient très importants et inquiétants (annonciateurs de prolifération très précoce).*

*Une prospection plus limitée avait pu être réalisée le 18 janvier (grand coefficient, base mer) sur la baie de Saint Michel en Grève. Sur cette baie et à cette date, nous n'avons pas perçu des stocks du tout comparables à la situation reportée ci-dessus en baie de Saint Brieuç. Mais, malgré la présence de biomasses semblant faibles, des fragments d'ulves, de très petites tailles (de quelques mm à quelques cm) étaient perçus en léger rideau et en petits dépôts mêlés à d'autres algues. Après plusieurs reports du fait de conditions « peu favorables aux dépôts » et au survol, et malgré des conditions qui n'étaient pas totalement « idéales » pour percevoir des dépôts (vent NNO de 20-30 km/h et houle non négligeable), un vol partiel des côtes a été réalisé le **4 mars 2022**, sur un grand coefficient (103). Ce vol a permis de constater :*

- des échouages faibles et probablement dominés par des algues brunes sur la baie de la Forêt (Cabellou et anse du Saint Jean et Saint Laurent mais pas de perception de terrain pour confirmer l'absence d'ulves),
- pas d'échouages sur la baie de Douarnenez (léger rideau brun/rouge, sans vert devant le Ry et Sainte Anne la Palud)
- plage du Moulin Blanc qui semble indemne (légère présence infralittorale ?) mais tapis présents sur le fond de Rade (Tibidy)
- R.a.s. sur Guissény et anse du Dossen (goémon présent mais a priori sans ulves)



- Anse de Locquirec indemne d'échouage
- Aucune ulve présente sur la baie de Saint Michel en Grève : lors du vol, une perception fine de l'estran (guidée par l'aérien), n'a pas permis de déceler d'ulves (très léger dépôt de fragments de goémon et autres débris végétaux). Les conditions (vent « de mer » et déferlements de vagues/turbidité) n'étaient cependant pas optimales pour une perception des algues.
- De façon assez exceptionnelle, présence de léger échouage et rideau bien formé sur Binic (plage des Godelins) : les contrôles de terrain, le jour du vol, ont permis de confirmer que c'était bien des ulves, majoritairement.
- Sur la baie de Saint Briec, le survol a permis de percevoir quelques très rares dépôts, en bas d'estran. Extrêmement localisés et de faible extension ; les 10 jours de « tempête » ont manifestement été très efficaces pour déstocker les algues encore massivement présentes 15 jours plus tôt. Les contrôles de terrain, le jour du vol, ont permis de trouver quelques petits secteurs présentant de petits fragments d'ulves en mélanges avec des débris végétaux. Il convient de bien noter que le jour du vol, le vent de NNO générait un état de mer probablement peu propice à l'échouage d'algues de petite taille. Par ailleurs, la turbidité très forte engendrée par le déferlement des vagues interdit la perception de la présence d'algues un peu plus loin, dans la colonne d'eau. Il est donc possible que les conditions lors de l'acquisition n'aient pas permis de percevoir l'ensemble des algues de la baie. Enfin, la configuration de la baie (vaste et en « V ») pourrait aussi permettre, plus qu'ailleurs, un retour d'algues qui auraient été éloignées de « quelques miles » au large mais pas suffisamment pour ne plus se ré-échouer sur la baie à la faveur de temps plus calme.
- De très vastes étendues d'algues vertes sont présentes sur la baie de la Fresnaye. Les quantités en place sont de l'ordre de celles (très importantes) perçues lors du dernier vol d'octobre. Un contrôle de terrain le 7 mars sur l'ensemble de ces dépôts de la baie ont montré que les *Ulvaria* constituaient la quasi-totalité de la biomasse perçue en aérien. Cette situation n'avait pas été observée depuis de nombreuses années (a priori depuis le mars 2004 avec environ 40 ha/1600 T d'ulves estimée le 25 mars). Les conditions de l'année semblent donc, sur cette baie très abritée, ne pas avoir permis de destockage jusqu'à ce mois de mars. Ces biomasses déjà très importantes risquent donc (sauf conditions devenant très dispersives) de provoquer une prolifération très rapide et très précoce sur cette baie, habituée à des proliférations précoces.

Les données de survol et de contrôle de terrain associés indiquent donc une faible présence d'ulves y compris sur la baie de Saint Briec, à l'exception de biomasse d'*Ulvaria* très importantes en baie de la Fresnaye. Il convient toutefois de noter que les conditions (vent « de mer ») lors du survol pourraient entraîner une sous-estimation (moins de dépôt + turbidité du milieu) des biomasses en place. Et notamment en baie de Saint Briec, il n'est pas exclu que les biomasses aient été éloignées de façon limitée de la baie ce qui rendrait leur retour en baie possible sous condition de temps calme.



### Les flux de nutriments :

Depuis 2011, les principaux cours d'eau parvenant aux différentes baies du Plan de lutte contre les algues vertes font l'objet d'évaluation de flux (au moins un cours d'eau par baie de sorte à avoir la « tendance nutritionnelle locale » de l'année par rapport aux années antérieures et moyennes).

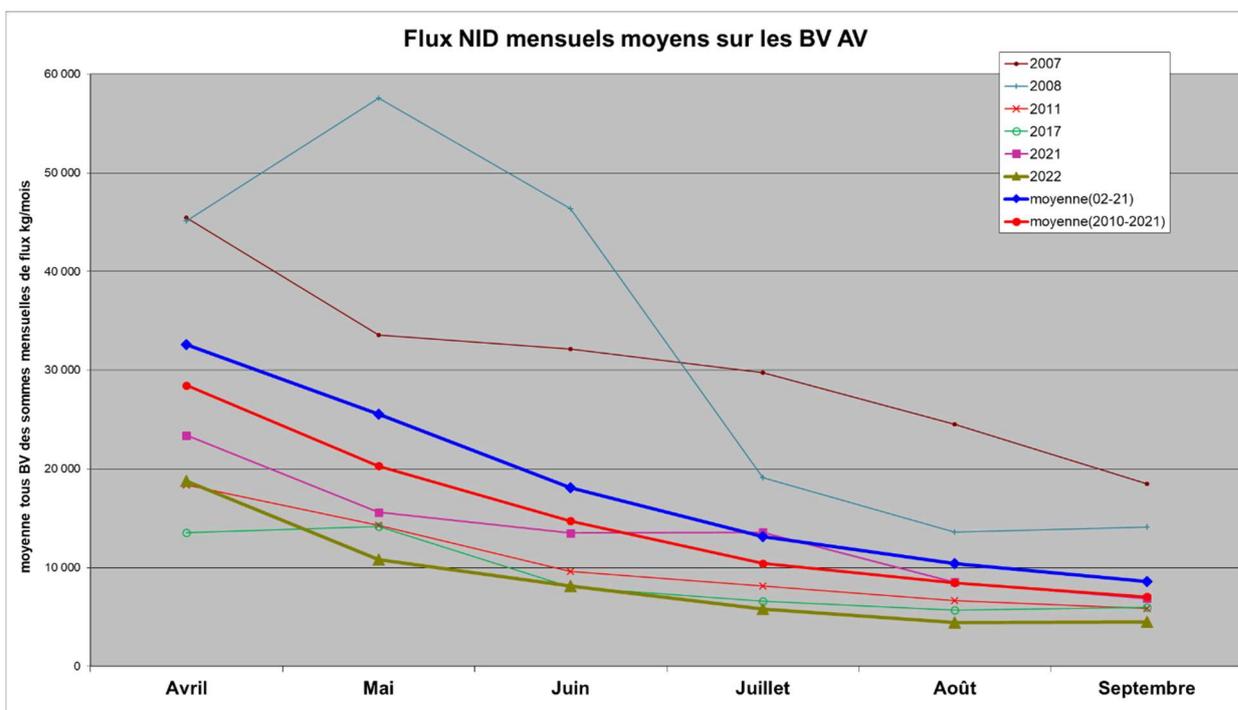
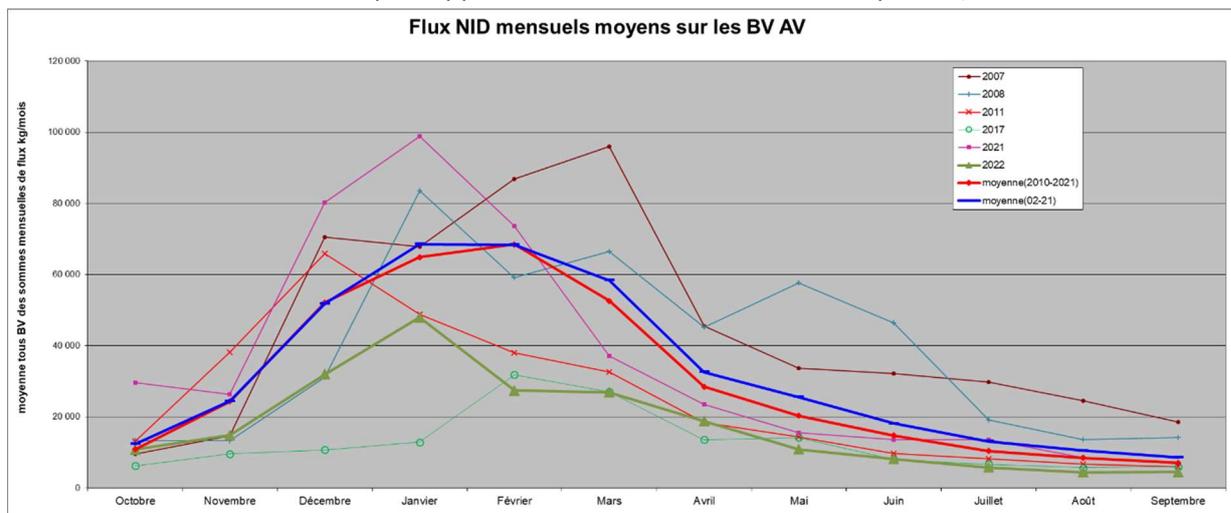


Figure 22 (a) et (b) : flux moyens mensuels à l'exutoire des bassins versants PLAV concernés par les proliférations (moyenne des flux mensuels des 7 cours d'eau alimentant les sites du programme « Prolittoral 2002-2006 » + flux des trois cours d'eau du fond de baie de Saint Briec : Gouessant, Urne et Gouet + flux de l'Horn + Guillec). Seules certaines années ont été sélectionnées sur ces graphiques, ainsi que les moyennes pluriannuelles 2002-2021 et 2010-2021 (flux des années les plus récentes dont le niveau moyen est moins élevé). La figure du haut (a) présente les flux sur l'ensemble de l'année tandis que la figure du bas (b) présente les flux sur la période la plus sensible.

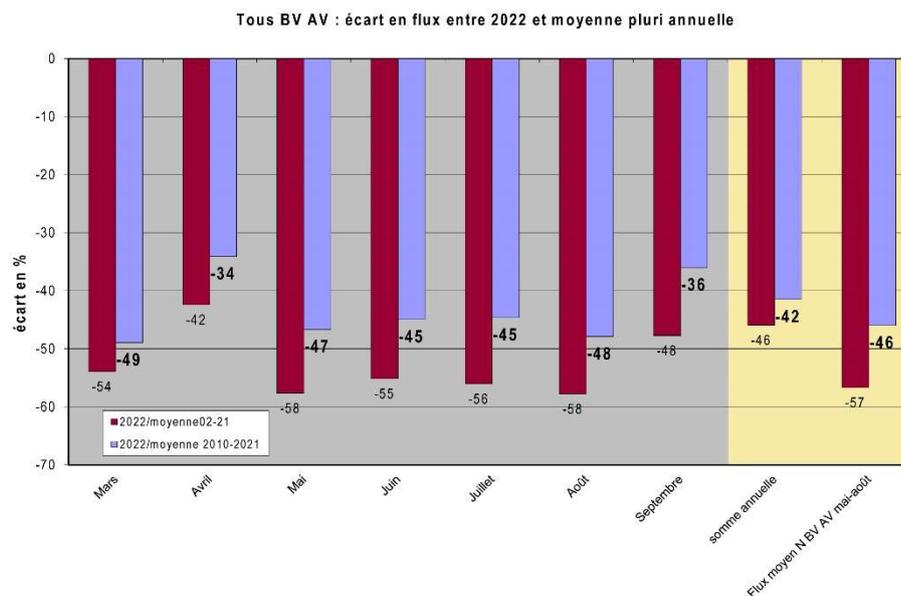


Figure 23 : Ecart des flux mensuels, annuels et saisonniers aux exutoires des BV AV par rapport aux années antérieures (moyenne des sommes mensuelles pour tous les BV). Sur l'ensemble de la période annuelle, le flux est de 42 % inférieur à la moyenne 2010-2021 (valeur d'octobre conforme à la moyenne et valeur de février, la plus écartée avec - 60 % de flux) ; sur la période sensible « mai-août » le flux est inférieur à la moyenne 2010-2021 de 46 % ; les mois de mai à août étant tous compris entre -45 et - 48%. Ces « valeurs régionales » sont cependant très variables selon les territoires : défaut de flux très élevé sur l'est des Côtes d'Armor et la baie de Douarnenez (de - 72 à - 55 %) et plus proche des moyennes sur les bassins granitiques (autour de 30 à 40 % de défaut de flux).

Les données de pluviométrie fournies par Météo France (cf. rapport CIMAV P1 et Figure 24) montrent un déficit pluviométrique **sur novembre** (sauf station de Saint Briec) **puis chaque mois jusqu'en mai** (déficit en mai très élevé avec des valeurs comprises en - 61 % à Saint Briec et - 89 % à Quimper). **Sur la période « novembre à mai » le déficit pluviométrique est compris entre - 18 % sur Saint Briec et - 46 % sur Quimper et Lorient.** Le mois de juin est **le seul mois excédentaire** (+ 12 % sur Saint Briec à + 52 % sur Quimper). **Le mois de juillet est extrêmement sec** (1 mm à Dinard et 9 mm à Brest soit entre 82 et 98 % de pluie en moins que la normale), **ce qui est encore le cas du moins d'août** (entre 33 % et 63 % de pluie en moins que la normale, suivant les stations). Septembre redevient excédentaire, sur l'Est Bretagne avec des pluies abondantes en début et fin de mois. **Excepté le mois de juin plutôt pluvieux, on a donc un hiver/printemps et surtout un été 2022 qui ont été particulièrement secs.**

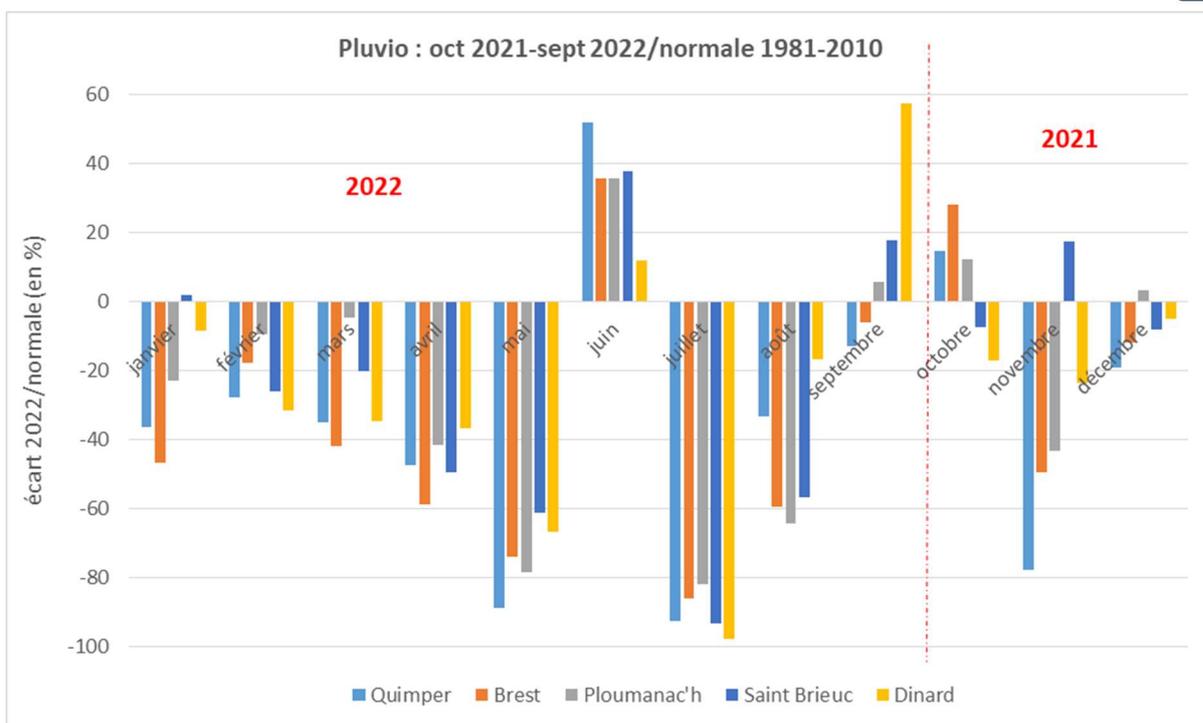


Figure 24 : pluviosité sur les stations Météo France suivies entre octobre 2021 et septembre 2022 comparée au niveau moyen des années 1981-2010

Ce déficit généralisé de pluviosité explique un déficit de flux total sur l'année hydrologique : -42 % sur l'année hydrologique (octobre 2021 à septembre 2022) par rapport à la moyenne 2010-2021. Les différences de pluviosité locale et les caractéristiques des bassins versants engendrent cependant des contrastes dans les niveaux des flux de l'année. Avec notamment les bassins versant granitiques sur lesquels les **étiages sont plus soutenus et les défauts de flux moins prononcés en période estivale** que sur les bassins versants schisteux. La Figure 25 montre des situations sur la saison mai-août qui sont assez proches de ce qui est retrouvé en détail mensuel (figure de droite) à l'exception du mois d'avril dont les écarts à la moyenne sont plus faibles (-18% pour le Yar et -40% pour la baie de Saint Brieuc). Le mois de septembre montre aussi la particularité d'écarts de flux moins importants et surtout pour les BV de la baie de Saint Brieuc (-20 % en septembre contre -44 % en août). On voit aussi que les pluies plus importantes de juin ont limité l'accroissement du défaut de flux en juin et juillet mais **sans que ces apports pluviométriques soient en mesure de réellement compenser les déficits antérieurs** (probablement la grande majorité des apports est restée dans les sols, les pluies ayant été régulières sur l'ensemble du mois).

Et enfin, l'évolution des teneurs moyennes en nutriments (cf. rapport CIMAV P1) ces dernières années jouent également, à la baisse, sur le flux pour les dernières années (les **concentrations ont été divisées par deux sur certains cours d'eau en une quinzaine d'années**). Le cas particulier de la baie de Saint Brieuc **dont les flux domestiques** étaient importants, notamment en période sensible de prolifération, doit être rappelé : la STEP depuis 2006 rejette beaucoup moins d'azote (ammonium), ce qui implique des apports d'azote inorganique dissous très inférieurs, les années sèches, aux années antérieures à 2006 (environ 550 kg N/jour en moins sur la moyenne 2000-2004 sur mai-septembre et 700 kg/jour sur l'année). Les contextes de bassins versants schisteux de l'Est de la baie engendre quant à lui des débits très faibles les étés secs comme 2022 et cet effet sur les débit est renforcé par des concentrations en années sèches qui sont très nettement en baisse (probablement accentué par l'eutrophisation des eaux plus ou moins stagnantes : les 3 valeurs mesurées en fin août et en septembre 2022 sont en dessous d'1 mg/l de  $\text{NO}_3^-$  mais les valeurs en  $\text{NH}_4^+$  entre 2 et 6 mg/l attestant d'une situation « anormale »).

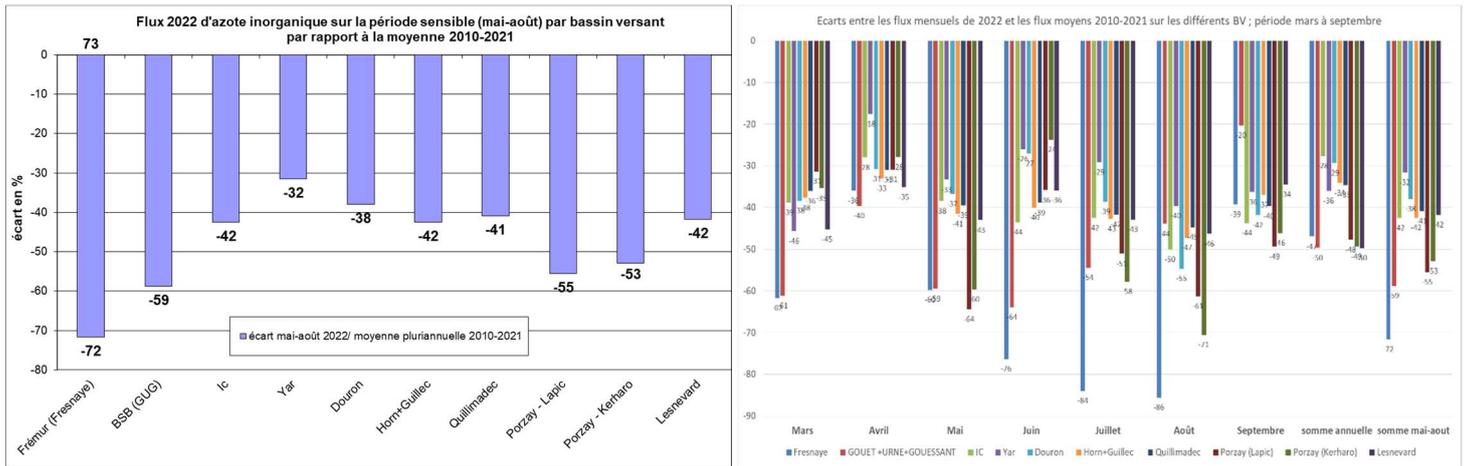


Figure 25 : (gauche) Écarts, par BV, entre flux d'azote inorganique dissous sur mai-août 2022 et le flux pluriannuel 2010-2021 et (droite) détails des écarts mensuels sur mars à septembre 2022, et écart au flux annuel 2022 (octobre 2021-septembre 2022) et sur la période « sensible » (mai-août 2022) et les flux pluriannuels 2010-2021. Les différences observées s'expliquent principalement par les différences locales de pluviosité et les contextes géologiques locaux.

La Figure 26 montre, pour chaque année depuis 2016, des situations de fort excès pluviométrique en juin (ou mai) sur l'est des Côtes d'Armor (exemple de la station de Saint Briec/Trémuson). C'est moins le cas de l'année 2022 (excès pluviométrique de « seulement » 40 % en juin 2022) et la pluviosité ayant été assez régulièrement répartie semble avoir engendré des remontées limitées des débits (la majeure partie des précipitations de juin stockée dans les sols et impact du barrage de Ploufragan qui a stocké ces apports de juin, en grande partie). Les 7 dernières années et tout particulièrement l'année 2021 auront donc présenté **des profils « très défavorables » avec des pluies très soutenues en juin**, période durant laquelle les ulves sont **potentiellement limitées par l'azote et donc sensibles** à ces apports excédentaires (refertilisation importante à une période clé). D'après les spécialistes de météo France, cette situation relève du « hasard » et n'est pas une tendance liée au changement global (pas décrite par les modèles locaux du changement climatique). Pour 2022, les débits et flux étant déjà tellement bas en mai et la pluie n'ayant pas entraîné de remontée significative des débits, ces phénomènes orageux n'ont visiblement pas joué un rôle trop négatif sur la prolifération estivale.

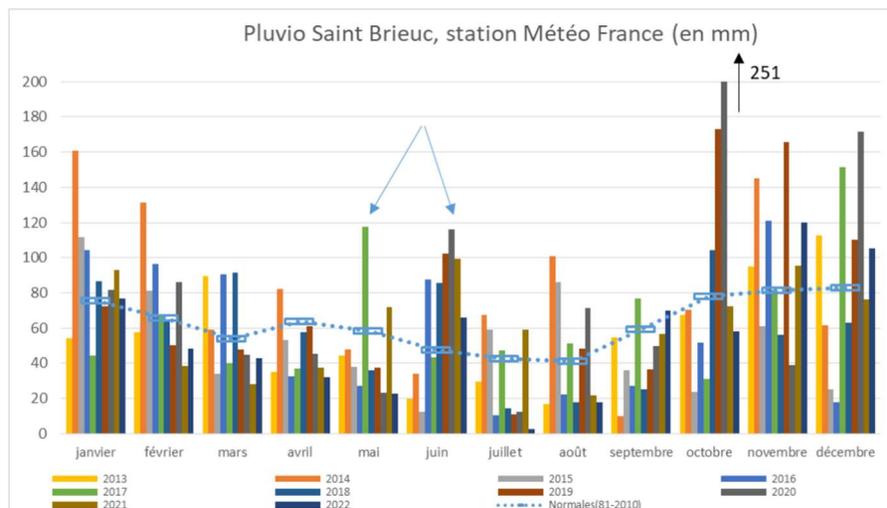


Figure 26 : Données de MétéoFrance de pluviosité mesurée sur la station de Saint Briec de 2013 à 2022

La Figure 21 présente les données d'ensoleillement mesurées par Météo-France. On perçoit un ensoleillement sur toutes les stations météo suivies, **nettement supérieur aux normales** (mars à mai) et plus particulièrement en mars sur l'ouest Bretagne (en mars : + 33 % d'heures de soleil sur St Briec et Dinard ; + 45 % sur Brest et



Quimper et sur avril de 25 à 30 % d'excédent). Pour **cette période de l'année durant laquelle la lumière est a priori** (avec la température) **le facteur le plus limitant, ces excédents d'ensoleillement sont très impactants sur les croissances algales**. Les excédents d'ensoleillement sont encore plus forts en juillet (+44 % à Saint Briec à +64 % sur Brest) et en août (+30 à +40 %).

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

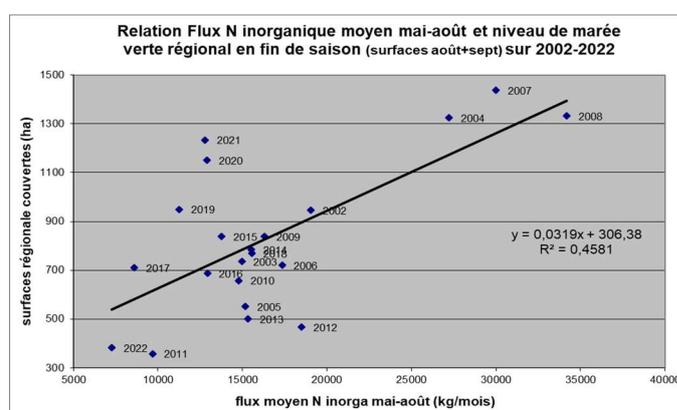
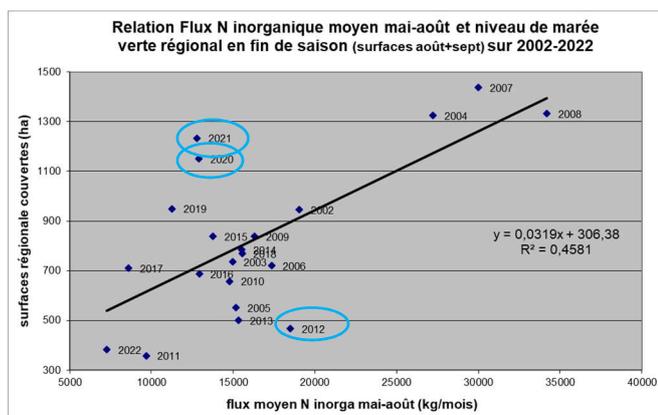
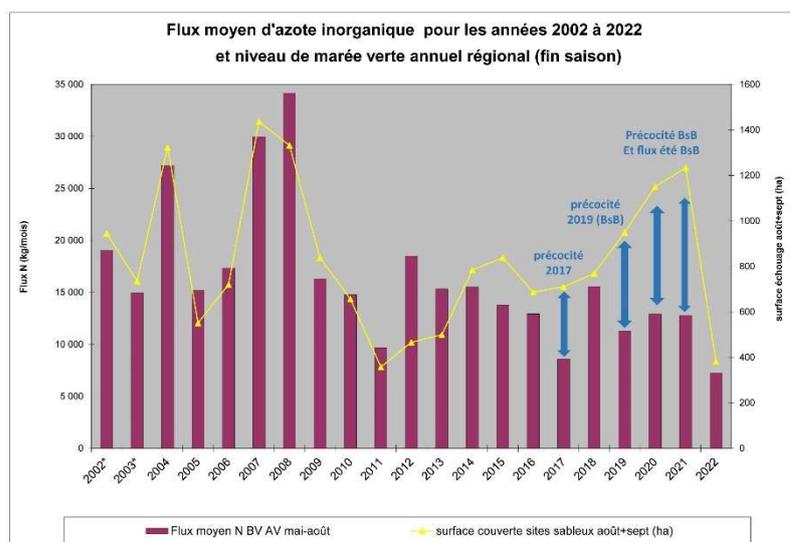


Figure 27 (a), (b) et (c) : Flux d'azote sur la période sensible (moyenne des flux de mai à août sur 8 baies du PLAV) et niveau de surfaces couvertes par les algues vertes en fin de saison (surface en août + septembre sur les plages bretonnes). Les surfaces couvertes par des algues brunes (ou rouges)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

Les flux de l'année 2022, bas sur mai-août (-46 % par rapport à la moyenne) ont engendré **une prolifération régionale très diminuée** avec 2.2 fois moins de surface en août+septembre qu'en moyenne 2002-2021. Les flux sur le Frémur et la baie de Saint Briec sont encore plus bas qu'au niveau régional avec respectivement -72 % et -59 % par rapport à la moyenne 2010-2021. Ces défauts de flux ont engendré des **proliférations d'ulves nulles sur août-septembre en baie de la Fresnaye** (mais algues brunes filamenteuses en substitution à partir de juillet) et **très faible sur la baie de Saint Briec** (3.6 fois moins de surface qu'en moyenne 2002-2021). Il est clair que l'analyse « régionale », qui moyenne les flux de chaque bassin versant et la réponse algale de chaque baie, permet de percevoir les grands déterminants, mais que l'analyse des réactions doit plus **rigoureusement être réalisée par baie**.



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

**La carte 12** présente, sur les sites de type « plage » faisant l'objet d'un suivi mensuel, le cumul annuel (7 inventaires) par site pour chacune des années de suivi depuis 2002 ce qui permet de comparer rapidement la prolifération 2022 pour chaque site aux années antérieures. **La carte 11** permet de comparer l'année 2022 à la moyenne pluriannuelle 2002-2021. Ces cartes permettent de bien illustrer que la situation « régionale » est en **réalité liée à des situations locales très différentes** :

- Certains secteurs ont été **très peu touchés par les proliférations d'ulves : baie de la Forêt, baie de Douarnenez** (mais autres algues filamenteuses présentes). Sur ces secteurs, la faible reconduction (peu ou pas d'ulves en fin 2021) explique le retard de démarrage puis les flux bas au printemps auraient pris le relai (la présence d'autres algues filamenteuses jouent également un rôle de protection vis-à-vis des ulves).
- d'autres secteurs ont été **concernés par des proliférations inférieures au niveau moyen : baie de « Saint-Michel-en-Grève »** (du fait d'un démarrage tardif, puis flux assez modérés), **baie de Saint Briec** (malgré un démarrage très précoce, cette précocité ayant été contrebalancée par un effondrement des surfaces en saison estivale, en lien avec des flux très inférieurs au niveau pluriannuel),
- enfin d'autres secteurs ont connu **des proliférations soutenues : baie de « Guissény », de « Locquirec », baie de la « Fresnaye »** (en lien, sur cette dernière, avec un démarrage très précoce et malgré un effondrement des biomasses d'ulves dès juin). Sur des secteurs comme « Guissény », l'anse du Dossen ou « Locquirec », les paramètres de fort éclaircissement en fin d'hiver puis au printemps et en été permettent probablement d'expliquer une croissance plus importante qu'en année moyenne dans un contexte de baies saturées habituellement par les flux d'azote (donc peu sensibles à de « faibles » abattements).

Ces **réactions différenciées** des sites en fonction des caractéristiques météorologiques annuelles (précocité et soutien des flux estivaux plus ou moins forts) génèrent des **poids relatifs des sites différents** suivant les années : 2020 avait été une année de « relativement faible prolifération » sur la baie de Saint Briec (tardive et « relativement peu intense » qui **représentait, en cumul, 40 % de l'échouage régional** alors qu'en 2021, cette baie, **très fortement touchée représente 57 %** (63 % en ajoutant le site de « Binic/Etables sur Mer »). En 2022, le démarrage précoce puis la « faible prolifération estivale » génère un poids de la baie de Saint Briec de 48 % ce qui est conforme à la **moyenne 2002-2020** (48% et 53 % avec « Binic/Etables sur Mer »).

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



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

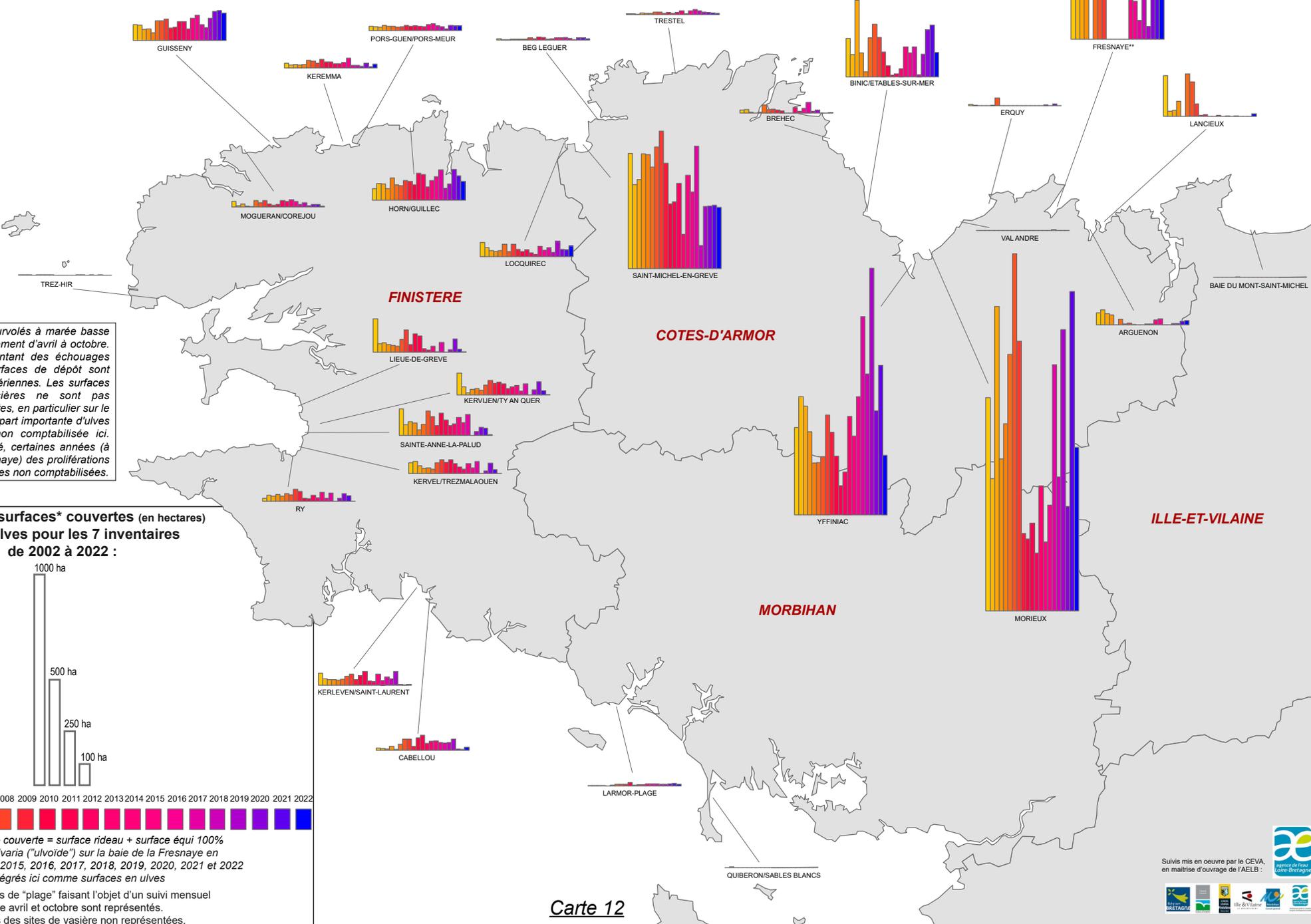
En 2017, la très **forte reconduction des ulves présentes en fin 2016 a impliqué une prolifération très soutenue** sur la plupart des sites en juin. Ces biomasses importantes ont ensuite, suivant les secteurs, plus ou moins rapidement décliné mais il est clair que le **contrôle par les nutriments est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

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

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

Les fiches de **l'annexe 7** permettent pour chaque site de visualiser en quelques photos les caractéristiques de l'année. Les histogrammes des surfaces couvertes au niveau saisonnier et annuel permettent de distinguer la part qui revient au démarrage de la saison (précocité) de ce qui est lié à la croissance estivale. Les histogrammes par mois pour chaque site (non présentés ici) permettent de mieux détailler, par site, les évolutions des couvertures.

# Surfaces annuelles d'échouage d'ulves sur les principaux sites entre 2002 et 2022 (cumul annuel)



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

### Somme des surfaces\* couvertes (en hectares) par les ulves pour les 7 inventaires de 2002 à 2022 :

\* surface totale couverte = surface rideau + surface équi 100%  
 \*\* dépôts d'Ulvaria ("ulvoïde") sur la baie de la Fresnaye en 2007, 2008, 2009, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021 et 2022 intégrés ici comme surfaces en ulves

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



### 3.2.5. Conclusions

Les principales conclusions qui ressortent des suivis surfaciques de 2022 des sites de plage, concernés par le programme RCO (suivi renforcé), sont :

- Un **démarrage au niveau régional qui est « précoce »** : la surface « avril + mai » **est 50 % supérieure au niveau moyen 2002-2021 et 30 fois supérieure au niveau de 2020**. Cette précocité **est le fait de deux secteurs de l'Est des Côtes d'Armor** (Baie de Saint Briec et baie de la « Fresnaye ») **qui concentrent 93 % des surfaces mesurées sur l'ensemble des sites sableux** (contre 57 % en moyenne 2002-2021). En complément de cette situation mesurée sur les sites sableux, il est à noter (situation rencontrée aussi en 2019, 2020 et 2021 et dans des conditions météorologiques proches) que les **vasières du Golfe du Morbihan et de la Ria d'Étel** sont fortement couvertes d'algues vertes en avril et mai et présentent en certains points des putréfactions.
- La surface « régionale » couverte **augmente nettement en juin** (+ 36 %) et est conforme à la moyenne 2002-2021. Après cette mesure de juin, maximum annuel, les surfaces diminuent sensiblement en juillet (forte diminution sur la baie de la « Fresnaye » et de Saint Briec, non compensée par les augmentations des sites du nord Finistère). La diminution est ensuite forte chaque mois jusqu'en septembre puis la décroissance est moindre en octobre du fait de la remontée des surfaces sur la baie de Saint Briec (plus que doublement des surfaces sur cette baie). Cette diminution forte des surfaces d'échouage à partir de juin peut être mise en lien avec les flux d'azote, très bas notamment sur les baies de la « Fresnaye » et de Saint Briec (sécheresse printemps/été 2022 engendrant des flux respectivement de 72 et 59 % inférieurs aux moyennes pluriannuelles sur mai-août) et la reprise d'octobre des surfaces sur la baie de Saint Briec, avec la reprise des écoulements et des flux, dès la fin septembre.
- Cette année atypique (très précoce sur 2 sites puis diminution rapide des proliférations sur ces deux mêmes sites) engendre **un cumul annuel 2022 qui est 20 % inférieur au niveau pluriannuel 2002-2021** et 45 % inférieur à l'année 2021, de forte prolifération.
- Cette situation « régionale » recouvre des **situations locales très différentes**. Certains secteurs ont été **très peu touchés par des proliférations d'ulves** (baie de la Forêt, baie de Douarnenez), d'autres ont vu des **proliférations inférieures au niveau moyen** (baie de « Saint-Michel-en-Grève » ; baie de Saint-Briec et **d'autres enfin des proliférations plus soutenues** (baie de « Guissény », baie de « Locquirec », baie de la « Fresnaye »)
- Cette prolifération 2022 résulte de **démarrages très hétérogènes** suivant les sites (**très forte reconduction** sur 2 sites, « baie de la « Fresnaye » et de Saint Briec et **quasi absence de reconduction d'ulves** sur d'autres) puis de conditions de croissance en saison printanière et estivale très contrastées (liées à des flux plus ou moins soutenus arrivant dans des baies plus ou moins saturées).
- Les suivis des **surfaces d'algues vertes sur vasières** sont conduits en dehors du présent programme (cf. rapport RCS LB 2022). Les mesures réalisées ne concernaient, en 2022, qu'un « échantillon » de 11 masses d'eau (ME), a priori les plus concernées. Sur les 10 ME suivies tous les ans depuis 2008, les mesures portent **sur le niveau maximal annuel** de couverture (surface). Les mesures réalisées en 2022 montrent une légère diminution (-5 %) par rapport à 2021 mais une valeur cumulée qui est cependant de 25 % supérieur au niveau moyen 2008-2021, ce qui est en grande partie lié au niveau de la FRGC39 (+50 % par rapport à la moyenne et représentant en 2022 35 % de la surface cumulée des 10 ME évaluées). **Ces niveaux élevés, sur la plupart des ME** peuvent probablement être en partie expliqués, comme en 2021, 2020 ou 2019, par les conditions de lumière intense en fin d'hiver/début de printemps (fort ensoleillement de mars à mai) qui permettent un accroissement précoce des biomasses, dans des conditions de flux encore soutenus.



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

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

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

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

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

- (1) d'une disponibilité naturellement élevée des sels nutritifs à la sortie de l'hiver en tout point du littoral,
- (2) d'une 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 des besoins** en sels nutritifs des algues (baisse progressive de la croissance en relation avec celles de la lumière et de la température) ainsi qu'avec le **début de reminéralisation en mer** de la production phytoplanctonique de l'été puis, plus tard en saison, **la reprise des écoulements des cours d'eau**.

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

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

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



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

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

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

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

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

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



### 3.3.3. Résultats

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

#### *Caractéristiques de l'année 2022 :*

**Les flux sur l'année hydrologique 2022 sont, sur tous les bassins versants, déficitaires par rapport à la moyenne 2010-2021. Sur la moyenne des cours d'eau analysés, le déficit sur octobre 2021-septembre 2022 est de 42 %. Il est même de 46 % sur la période la plus sensible « mai-août ». Le flux de 2022, sur la période « mai-août » est au plus bas niveau mesuré de la série 1993-2022 (plus bas que les précédentes années de référence 2017 et 2011 avec respectivement -16 % et -25 % de moins que ces deux années). Ces flux déficitaires sont surtout liés à des apports pluviométriques inférieurs aux normales (-46 % sur novembre 2021-mai 2022 pour Lorient et Quimper, -40 % pour Brest, -26 % pour Ploumanac'h, -18 % pour Saint Briec et -28 % pour Dinard) à quoi s'ajoutent des concentrations en nitrates qui sont également largement en baisse à l'échelle des 15 dernières années. Plus en détail, les défauts de flux sur la période sensible « mai-août » sont particulièrement importants sur les bassins versants de la baie de la « Fresnaye » (-72 %) de la baie de Saint Briec (-59 %) et du centre et nord de la baie de Douarnenez (Lapic ou Kerharo autour de -55 %). Sur les autres bassins versants (à dominante granitique), les étiages sont globalement beaucoup plus soutenus, et les défauts de flux de 2022, sur la période « mai-août » sont compris entre 32 % (Yar) à 42 % (« Horn/Guillec » ou Lesnevard). Plus de détail sur ces flux par bassin et par mois en annexe 9.**

**L'annexe 9 présente le flux régional, par mois et sur la période sensible, ainsi que le détail par baie. On note dans le détail, malgré des tendances assez homogènes, des différences de comportement des bassins versants (défauts de flux plus marqués de mai à août sur le Frémur et la baie de Saint Briec, sur le Nord de la baie de Douarnenez sauf remontée en juin ; écarts plus constant sur le Lesnevard,...). Ces différences saisonnières et territoriales sont liées à des contextes géologiques différents (qui conditionnent les étiages) mais aussi à des distributions des pluies qui ne sont pas totalement homogènes, même si en 2022 nous n'avons pas connu de très gros orages comme les années antérieures sur l'est des Côtes d'Armor. Orages qui avaient généré des situations très particulières (apports de flux beaucoup plus soutenus en juin/juillet, notamment) sur le centre et l'Est des Côtes d'Armor. On relève toutefois des écarts de pluviosité par rapport à la normale qui sont plus faibles sur la station de Dinard en juin (excédent de 12 % contre 35 à 52 % sur les autres stations), ce qui est aussi le cas des déficits de pluie de cette même station sur août (-17 % contre -57 % sur la station de Saint Briec) et de l'excédent de septembre (+ 57 % sur Dinard contre 18 % sur Saint Briec). Les apports de pluie sur l'Est des Côtes d'Armor (donc probablement sur l'est de la baie de Saint Briec) ont donc été assez différents de ce que le reste de la Bretagne a connu sur les mois de juin, d'août et de septembre.**

Concernant les **conditions météorologiques** (annexe 8), le rayonnement global enregistré à Saint-Cast-le-Guildo (pris comme indicateur du niveau « moyen régional ») est **très légèrement supérieur à la normale sur l'année** (1259 J/cm<sup>2</sup> contre 1180 sur 2002-2021 soit 7 % d'excédent) **ce qui se retrouve sur la période avril-septembre** (1914 J/cm<sup>2</sup> contre 1810 sur 2002-2021 soit 6 % d'excédent). Ces valeurs annuelles et « avril-septembre » sont donc supérieures mais assez proches des normales (calculées ici sur 2002-2021). Elles recouvrent en réalité **de fortes hétérogénéités** : sur la station de Saint-Cast-le-Guildo, le **rayonnement moyen mensuel** (Figure 28, bas) **est supérieur aux normales sur mars à août** (très fortement sur juillet) **puis déficitaire en septembre pour redevenir fortement excédentaire sur novembre. On peut, plus en détail, relever qu'à la fin février-début mars et ensuite du 12 au 27 mars l'éclairement est particulièrement élevé** (certaines semaines, jusqu'à + 35% de rayonnement qu'en moyenne 2002-2021). Sur cette période « habituellement sombre » de l'année cet excédent de **rayonnement est très certainement très favorable à la croissance des ulves** (effet lumière et aussi réchauffement de l'eau). Les données **en nombre d'heures d'ensoleillement proposées par Météo France** (Figure 28, haut) permettent de retrouver les tendances proposées ci-dessus sur la station de Saint-Cast-le-Guildo et de « régionaliser » le constat local. On y perçoit



**nettement et en encore plus accentué, les anomalies positives du début de printemps** (avec des écarts, en nombre d'heures de soleil, entre 30 et 40 % sur le mois de mars et de 25 à 30 sur avril). Sur Juillet et août l'anomalie en nombre d'heures de soleil est encore plus importante (45 à 65 % pour juillet). Les différences entre la mesure du rayonnement et du « nombre d'heures de soleil » est lié au seuillage en « heure de soleil » que l'on ne retrouve pas avec les données en rayonnement global, non nul même en cas d'ennuage important (ex. du 3 mars avec 0 h de soleil à Dinard et 507 J/cm<sup>2</sup>).

Pour ce qui est du vent (détail annexe 8), les enregistrements des moyennes hebdomadaires des vitesses maximales journalières (issues de moyennes sur 10 minutes) permettent de **distinguer des conditions nettement dispersives en fin février** (ce qui explique la faible détection d'ulves lors du vol de repérage en « fin d'hiver », le 4 mars), un épisode, plus modeste en début avril, et des conditions devenant **nettement dispersives en début septembre** puis **fin septembre** (moyenne des maxima journaliers sur la semaine de 9 m/s en début septembre et près de 10 m/s en fin septembre). Ces différents « petits coups de vent » peuvent avoir un impact sur les dépôts perçus lors des vols quelques jours plus tard (dispersion à quelques centaines de mètres puis retour en baie lors de conditions redevenant plus calmes).

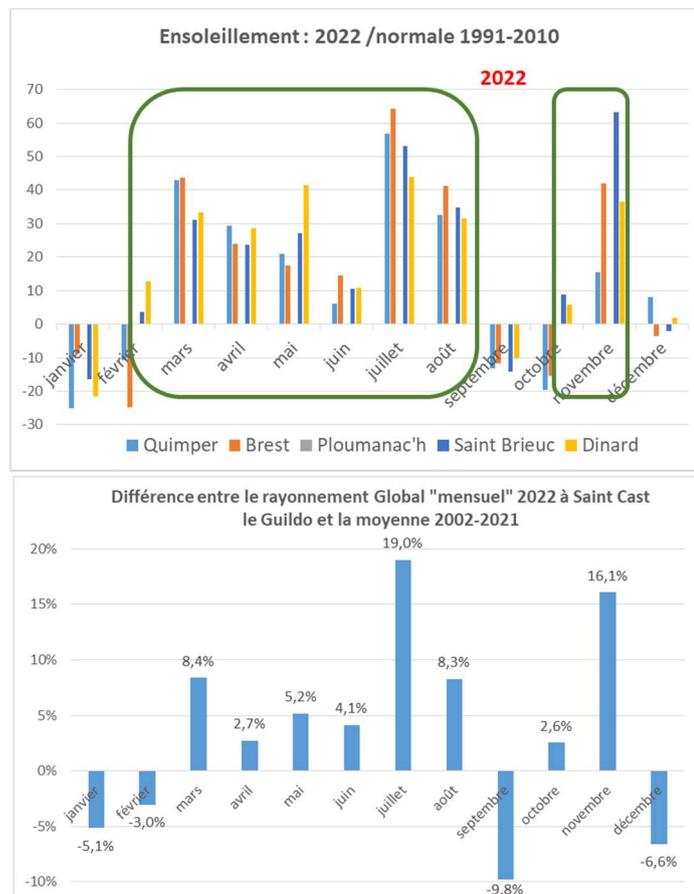


Figure 28 : en haut, ensoleillement sur les stations Météo France suivies sur la période janvier à décembre 2022 ; bas, écarts mensuels (%) entre le rayonnement global mesuré par MétéoFrance à Saint-Cast-le-Guildo et la moyenne 2002-2021

### Analyse de l'évolution des quotas :

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



### ➤ **Sites de vasières**

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

Sur **l'estuaire de la Rance – Saint-Jouan-des-Guérets** (Figure 29), comme c'est le cas la plupart du temps depuis des années (le site a été classé pour des tapis d'ulves en lame lors de 2 inventaires sur les 11 dernières années soit 33 dates potentielles), les ulves étaient nettement minoritaires sur les algues vertes filamenteuses (« ulves éparses » sur tapis d'algues filamenteuses). Il a toutefois été possible de faire des prélèvements sur la plupart des dates prévues (sauf pour la mi-juillet et début août). On ne peut parler d'une réelle prolifération des ulves (ulves minoritaires et site non classé pour les ulves) ; la pertinence de l'indicateur nutritionnel basé sur les ulves pourrait, en ce genre de configuration, être moindre. L'indice d'eutrophisation par l'azote est sous le seuil Q1N de limitation (2%) au 15 juin (1.5 %) puis remonte légèrement au-dessus de ce seuil en fin juin (mais l'observateur relève que les ulves sont accumulées, en un tapis dense, en un seul endroit ce qui pourrait expliquer des valeurs plus fortes en lien avec de l'auto-ombrage) avant que les ulves ne soient plus prélevées car en quantité trop faible pour réaliser un échantillonnage. Ces valeurs basses, puis l'absence d'ulves, est en ligne avec des flux sur la Rance probablement faibles depuis avril (base flux du Frémur d'Henanbihen, cours d'eau proche). A partir de la mi-août, les ulves restent très peu présentes mais les prélèvements ont cependant pu être réalisés et conduisent à des teneurs plus élevées en azote. Il convient de noter que les photos de terrain montrent, à cette date, la présence d'ulves, rares, de couleur plus foncée et uniquement dans de petites filières ce qui pourrait expliquer ces valeurs plus élevées, malgré la très faible présence d'ulves. Sur ce point de prélèvement, on note que **les teneurs en phosphore, basses lors du premier prélèvement augmentent régulièrement** pour être, dès la fin mai au-dessus de la valeur de limitation (probable relargage sédimentaire tôt en saison en lien avec des eaux réchauffées d'autant que l'ensoleillement était abondant).

Sur le secteur de Keridaouen (Figure 40) **dans l'Aber Wrac'h**, le **phosphore est en position de limitation** (légère) du début mai à la mi-août. La limitation est assez franche de la mi-mai à la mi-juillet. La valeur la plus basse est mesurée en fin juin (0.06 %). Ces relativement faibles niveaux en phosphore avaient déjà été relevés les années antérieures et semblent être liés à **des fournitures locales sédimentaires** peu élevées sur l'anse de Kéridaouen (les données du programme IMPRO montrent des fournitures sédimentaires environ deux fois plus faibles que la moyenne des mesures réalisées sur les vasières bretonnes). Les teneurs de 2022 semblent particulièrement basses pour ce site. Pour ce qui est des teneurs en azote, les courbes montrent **une quasi absence de limitation**. Excepté mi-mai (1.5 %) qui présente une limitation franche, les autres dates montrent des valeurs proches des limitations (le 2 août) ou très nettement au-dessus des limitations. Ces teneurs élevées interviennent alors que les flux de l'Aber Wrac'h sont vraisemblablement (sur la base des flux mesurés sur le cours du Quillimadec, d'eau voisin) particulièrement bas (-30 à -45 % de flux par rapport aux moyennes pluriannuelles). Comme c'est le cas du site de « Saint-Jouan-des-Guérets », sur la Rance, il faut noter que la prolifération d'ulves y est relativement peu intense et que **les ulves sont pour la plupart prélevées là où elles peuvent l'être, c'est-à-dire dans les mini talwegs formés par les filières**. Les ulves y paraissent plus sombres que sur les zones plus éloignées de ces filières sur lesquelles on trouve, cette année, à certaines dates, uniquement des algues vertes filamenteuse.

Sur la **vasière du Quélisoy** (Figure 46), en rade de Lorient, les teneurs en azote, assez élevées en début de saison, **étaient à leur minimum en juin-juillet** (2,1 et 2,15 % au 15 juin puis 15 juillet), légèrement au-dessus



du seuil de limitation. Ces valeurs, quoique non limitantes pour la croissance, sont **nettement plus basses qu'en 2020 ou 2021** (environ 3 % sur toute la saison, excepté une valeur en août 2020). Les flux très bas de 2022 expliquent ce niveau relatif plus bas, même si l'accumulation importante de biomasse (ulves en lame et ulves filamenteuses « entéromorphes ») permet d'expliquer des valeurs qui demeurent élevées (auto-ombrage). Pour ce qui est des teneurs en phosphore, en 2022, **aucune valeur n'est proche des limitations**. Les valeurs les plus basses (autour de 0.15 %) se retrouvent en mai et juin. Ces **valeurs minimales moins basses que les années antérieures** peuvent être liées à des paramètres de température de l'eau (et vases) plus élevées qui engendrent potentiellement des relargages accrus. Les valeurs deviennent ensuite, à partir de juillet, très élevées (0.28 % le 14 juillet) ce qui peut être lié à une charge plus importante en ulves et des relargages encore plus intenses (auto ombrage, anoxie, et températures élevées engendrent des teneurs plus élevées). A noter que les mesures de relargage sédimentaire (programme IMPRO) montraient, pour ce secteur, les **valeurs de relargage les plus élevées** (pour la médiane des mesures) et près de deux fois plus élevées que sur la moyenne des prélèvements en Bretagne.

La prolifération **sur Arcal** a été très particulière en 2022 : en effet, de façon exceptionnelle, lors des premiers inventaires, les tapis d'algues vertes présents n'étaient pas composés **d'ulves mais d'*Ulvaria obscura*** (avril à juin). Progressivement les *Ulvaria* ont déclinées et, pendant plusieurs mois, seules des algues vertes filamenteuses étaient présentes (avec quelques rares ulves). Les teneurs en azote sur **Arcal** (Figure 47) sont donc à lire en sachant que ce ne sont pas des ulves mais de l'*Ulvaria* qui a été dosé. Or, d'après les suivis d'autres sites sur lesquels des proliférations d'*Ulvaria* sont relevées (par ex. la Fresnaye) on observe que les teneurs dans les *Ulvaria* ne sont jamais aussi basses que celles des ulves (différences écophysologiques). Pour 2022, les quatre premiers points correspondent donc à de l'*Ulvaria*, ce qui peut expliquer des valeurs qui restent élevées (plus de 2.5 %). Mais, malgré ces teneurs « relativement élevées », le tapis d'*Ulvaria* a progressivement diminué pour disparaître au profit des algues vertes filamenteuses. Aucun prélèvement n'a pu être réalisé entre le 15 juin et le 14 août (pas d'algue verte en lame). Fin août quelques ulves ont pu être prélevées (« rares ulves ») et **montraient des teneurs internes limitantes** (1.6%) ; teneurs plus élevées lors du prélèvement suivant (« tapis d'entéromorphes avec quelques tapis d'ulves bien vertes »). En Septembre, aucune ulve n'a pu être prélevée (trop peu de présence). Pour ce qui est des **teneurs en phosphore**, elles sont très élevées depuis le début de la saison (0.25 % en début mai) et ne présentaient pas les valeurs limitantes souvent rencontrées lorsque les eaux sont encore froides (moindre relargage sédimentaire). Il se peut que le réchauffement précoce des eaux explique cela (température au large + fort ensoleillement qui réchauffe rapidement sédiment et faibles lames d'eau), même si le dosage des *Ulvaria* plutôt que des ulves peut aussi expliquer des teneurs plus élevées (comme c'est le cas sur la Fresnaye par exemple quand ce sont des *Ulvaria* plutôt que des ulves). Pour les prélèvements sur le site voisin de **Séné** (Figure 48) le profil des teneurs en azote est assez différent de celui relevé à Arcal : **les teneurs internes en azote y sont à un niveau plus bas et même sous les seuils de limitation sur les deux prélèvements de mai**. Les observations en mai montrent la présence de tapis d'*Ulvaria* mais il semble que ce sont bien des ulves qui ont été prélevées et dosées. Ensuite, à partir de fin juin, les ulves sont « trop dégradées » pour être prélevées et il reste surtout des tapis d'algues vertes filamenteuses, d'où l'absence de valeurs sur fin juin, juillet et début août. Plus tard, les observateurs relèvent la présence d'ulves en mélange avec les algues filamenteuses et les analyses montrent des teneurs qui sont juste sous le seuil de limitation avant une forte remontée mi-septembre. Cela est donc assez contradictoire avec ce qui était relevé par exemple en 2021 et avec des teneurs de relargage de NH<sub>4</sub> par le sédiment (rapport IMPRO) qui sont environ 4 fois plus élevées que pour le site voisin d'Arcal et que le niveau moyen régional. Cette fourniture additionnelle par le sédiment peut s'expliquer par des apports locaux plus élevés, par des courants résiduels plus faibles ou favorisant la sédimentation (teneurs mesurées en NT par IMPRO dans le sédiment deux fois plus élevées que pour Arcal) et par la présence de biomasses importantes régulièrement (augmentation des teneurs sédimentaires et des conditions de relargage du fait de l'anoxie générée).



### ➤ Sites de plage

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

La baie de la « **Fresnaye** », a connu une **prolifération d'*Ulvaria obscura*** (algue verte en lame, d'aspect très proche des ulves) particulièrement précoce (niveau proche de 2009, année record de précocité) puis un effondrement des *Ulvaria* à partir de juin, pour ne présenter plus que des algues brunes filamenteuses brunes en août (Ectocarpales principalement, mais en mélange avec d'autres algues rouges filamenteuses). Cette très forte précocité est clairement liée au report des stocks importants, encore présents en fin octobre 2021 comme le montre l'observation du maintien de quantités équivalentes d'*Ulvaria* lors du survol « d'avant saison », le 4 mars. D'avril à juin les surfaces couvertes par l'*Ulvaria* sont très au-dessus de la situation moyenne (de près de 5 fois en avril à 60 % de plus en juin ; la moyenne étant affectée par de nombreuses années sans algues vertes en prolifération) mais ces surfaces sont en **forte diminution dès le mois de mai** (-20 % puis -50 % entre juin et juillet). L'analyse des flux du Frémur (comme indicateur des apports locaux à la baie) montre dès avril un déficit important (-36 % par rapport à 2010-2021) ; défaut de flux qui se creuse encore jusqu'en août (de -60 % en mai à -86 % en août) ce qui est lié à des débits très bas (pluviosité très basse sur février-août : environ 40 % de pluie en moins qu'en normale saisonnière) et des **concentrations en nitrates en baisse** depuis une quinzaine d'années (50 % en moins sur la concentration moyenne annuelle entre les années hydrologiques 2008 et 2022). Dans ce contexte de flux bas, les proliférations d'*Ulvaria* sont en forte diminution dès le mois de mai (avec des flux de mai de 60 % inférieurs au niveau 2010-2021). La **Figure 30** présente les teneurs en N et P de l'*Ulvaria*. La valeur minimale relevée est au 17 mai et l'opérateur note que les *Ulvaria* sont de couleur claire, parfois noircies, signe de nécrose des tissus et mortalité. La remontée des teneurs lors des dates ultérieures jusqu'à la fin juin ne coïncide pas avec des flux en hausse (ils restent extrêmement bas, au-dessous de 30 ou 40 kg/j en général et même de 20 kg/j en fin juin). Pour ce qui est de la teneur mesurée le 28 juin, en hausse par rapport aux précédents prélèvements, il faut noter qu'elle provient de mesure en « micro-analyse » ne nécessitant qu'un minimum de biomasse (du fait de la forte fragmentation de la biomasse, il était trop difficile de constituer un échantillon suffisant pour une « macroanalyse ») et qui dose toutes les formes de l'azote, y compris NO<sub>3</sub> intra tissulaire et est donc logiquement plus élevé qu'en cas de macro-analyse (N Kjeldahl ; cf. matériel et méthodes). Lors des prélèvements les opérateurs notent que les *Ulvaria* sont en « petits fragments » avec progressivement présence de *Pylaiella* en mélange. Le dernier prélèvement possible (13 juillet) montre toutefois des valeurs sous le quota critique, sur des *Ulvaria* « de petite taille » (1-2 cm). Cet effondrement des *Ulvaria* (en surface mesurée et lors des observations de terrain) ne se traduit pas, contrairement au cas des ulves, par des teneurs très basses en azote dans leurs tissus même si, les quotas critique et de subsistance ont été établis comme similaires à *Ulva* dans de précédents programme (CIMAV P3). La détermination de ces indices ayant été effectuée en laboratoire en conditions contrôlées, on peut imaginer un biais expérimental par rapport aux conditions *in situ*. Ainsi, des **expérimentations complémentaires** sur des algues, prélevées en pleine période de flux bas en azote (donc en état physiologique dégradé) ou soumises à un dispositif expérimental *in situ* **pourrait permettre de confirmer, ou non, cette hypothèse**. Cela semble confirmé par les deux mesures de teneurs en azote dans les ulves (très faiblement présentes), valeurs qui pour une même date sont très différentes et nettement plus basses pour le cas des ulves (28/06 avec 0.94 % pour les ulves contre 2.31 % pour l'*Ulvaria* / « microanalyse » prélevées au même point). Le même indicateur sur les *Ulvaria* avait montré en 2021 des augmentations très importantes lors de la remontée des flux (suite aux pluies d'orages et flux devenant très élevés pour la saison) et des surfaces en *Ulvaria* qui étaient restées très élevées jusqu'à l'hiver. L'indicateur nutritionnel semble donc moins pertinent, pour l'*Ulvaria*, dans le cas de prolifération « stoppées nette » par le manque de nutriment comme en 2022. Des expériences complémentaires semblent donc nécessaires pour consolider les indices nutritionnels établis



lors d'un premier programme. Pour ce qui est **du phosphore**, il montre des oscillations globalement parallèles à l'azote mais avec des valeurs nettement plus élevées (en relatif) et une augmentation qui se poursuit jusqu'au dernier prélèvement. Ces **teneurs qui deviennent très élevées dès la mi-juin** sont très probablement liées à son relargage plus important quand les températures sont élevées et en situation d'anoxie.

La **figure 30** présente aussi les valeurs relevées sur le *Pylaiella littoralis* (*Ectocarpale*). Cette algue (et d'autres algues rouges filamenteuses) s'est progressivement imposée sur les *Ulvaria* présentes seules (ou à 95 %) en début de saison, jusqu'en fin juin. Un dosage a cependant pu être réalisé le 30 mai sur le *Pylaiella* et l'*Ulvaria* et révèle des teneurs en N et P nettement plus élevées dans le cas du *Pylaiella* (3.06 vs 2.11 % pour N). Cela semble indiquer que ces algues sont en meilleur état physiologique dans ces conditions de flux bas que ne le sont les *Ulvaria*. Plus tard en saison, les teneurs en N des *Pylaiella* sont en nette baisse ce qui semble attester d'un milieu de croissance très appauvri. On note aussi, qu'à la date (fin août) pour laquelle des ulves et du *Pylaiella*, ont pu être prélevées, les teneurs dans les ulves sont nettement plus basses que pour le *Pylaiella* et très limitantes, ce qui ne serait peut-être pas le cas pour le *Pylaiella*. Enfin on note aussi, pour cette dernière, un niveau de P qui est en baisse en fin d'été mais « relativement plus élevé » que ne niveau de N.

En **baie de Saint-Brieuc**, la prolifération d'ulves a été **extrêmement précoce en lien avec le niveau très élevé d'octobre 2021** et un hiver « trop peu dispersif » pour déstocker un tel site. **Les surfaces sont, en avril, déjà 125 % plus élevées qu'en moyenne** pluriannuelle 2002-2021, ce qui est **encore le cas sur mai** (+100 %). Entre mai et juin, les surfaces évoluent peu et le niveau de juin devient alors proche de la moyenne 2002-2021 (+6%). Plus tard en saison, comme cela était relevé sur la baie de la Fresnaye, les **surfaces s'effondrent pour devenir très faibles en septembre** (-78 % par rapport à 2002-2021 soit 4.6 fois moins de surface). En revanche, le mois **d'octobre voit ses surfaces augmenter** (2.3 fois plus de surface qu'en septembre) mais elles demeurent cependant sous les valeurs pluriannuelles (-40 %). Concernant les flux d'azote inorganiques dissous, comme pour la Fresnaye, on relève des flux qui sont **très bas dès le mois d'avril** (-40 % par rapport à 2010-2021 sur la somme des apports « Gouet-Urne-Gouessant »). Le **défaut de flux augmente les mois suivants** et est compris entre -55% et -65 % sur mai à juillet puis -45 % sur août et -20 % en septembre. La **figure 31** propose les teneurs en N et P des ulves et pour les *Pylaiella littoralis* (*Ectocarpale*), présents de façon significative dès la fin mai. La première mesure de teneur en azote dans les ulves est encore relativement élevée (3.1 % le 2 mai) mais, dès le mois suivant, les valeurs **chutent nettement sous le quota critique** (1.4 % le 16 mai) pour se maintenir ensuite **juste au-dessus du quota de subsistance** (1.08% en début puis mi-août) et descendre **le 29 août sous le quota de subsistance** (0.78 %) puis s'y maintenir (1 % le 12 septembre). Sur cette baie on a **donc une très bonne concordance entre des quotas très bas, un effondrement de la croissance lors de cet été aux flux particulièrement bas** (calculés en juin autour de 460 kg/j puis sous les 300 kg/j en juillet et 210 kg/j en août). Par ailleurs, les flux sont en **forte augmentation dès le 24 septembre** (débits multipliés par 3 en 2 jours et devenant supérieurs au niveau pluriannuel) ce qui est bien en ligne avec la reprise de surfaces relevées mi-octobre (le dernier prélèvement du 12 septembre est antérieur à cette remontée des flux). La courbe des **teneurs en phosphore montre, encore en 2022, une absence totale de limitation de la croissance** par ce nutriment. Les valeurs sont relativement basses en début de prolifération (classique et *a priori* en lien avec une plus faible fourniture sédimentaire en période d'eaux encore fraîches et de forte croissance de la biomasse). **Dès la mi-mai les teneurs dans les algues s'élèvent pour culminer** en plein été (0.45 le 14 août soit 4 fois le niveau critique). Le relargage sédimentaire, important à cette saison, ainsi que la faible croissance due au manque d'azote explique *a priori* bien ces valeurs très élevées. La descente des teneurs en P sur les 2 derniers prélèvements (29 août et 12 septembre) pourrait être liée à un niveau de teneurs internes en azote sous le quota critique qui pourrait aussi affecter le pompage de cet élément par les ulves.

Les courbes pour le *Pylaiella*, comme c'est souvent le cas, montrent des **évolutions totalement parallèles entre elles pour les 2 nutriments**. En début de saison les teneurs N pour le *Pylaiella* **sont nettement au-dessus de celles de l'ulve** mais en fin juillet et mi-août les teneurs sont similaires pour les 2 algues avant que les teneurs des *Pylaiella* ne remontent en fin août et mi-septembre. Globalement les *Pylaiella* semblent donc moins limitées que les ulves par le manque d'azote, ce qui est **concordant avec leur montée en puissance au**



**fil du déclin des ulves.** Pour ce qui est du phosphore, les choses sont assez différentes entre les deux algues. Les teneurs dans les *Pylaiella* chutent parallèlement à la montée des teneurs dans les ulves (à partir de fin juin). Comme pour l'azote, les teneurs remontent à partir de la mi-août. Ces évolutions parallèles entre N et P de *Pylaiella* semblent suggérer un lien avec la croissance des algues plutôt que l'abondance des nutriments ou alors une relation étroite entre l'assimilation de ces deux éléments.

Sur l'anse de « **Binic/Etables su Mer** », le démarrage de la prolifération d'ulves a été « conforme » à la moyenne (avril et mai) puis les couvertures d'ulves ont été **supérieures aux moyennes en juin et juillet** (respectivement + 20 et + 40 %) pour ensuite laisser la place **aux algues vertes filamenteuses (*Cladophora*)**, signe en général d'un niveau nutritionnel insuffisant pour le maintien des ulves. Les *Cladophora*, repérées en juin n'étaient plus reportées sur les inventaires de juillet mais cela est probablement dû au fait que ces deux espèces quand elles coexistent sur cette baie peuvent avoir des répartitions spatialement hétérogènes (les *Cladophora* auraient été présentes mais non observées). Côté flux, l'Ic a présenté des **flux bas depuis avril** (-26 %) et en forte diminution sur mai à août (déficit de flux en mai-juillet de -40 % et même -50 % en août). Les teneurs en N (**Figure 32**) dans les ulves **sont limitantes dès le premier prélèvement** (2 mai) et **jusqu'à la fin août** et plus **fortement sur la fin juillet et le mois d'août**. Cela semble donc bien être le manque d'azote qui explique le fléchissement aux cours des mois des ulves au profit des *Cladophora*, moins exigeantes en nutriments. La **remontée des teneurs sur le prélèvement du 16 juin** (confirmée par un second dosage) n'est pas liée à une remontée des flux mais très probablement (souvent observé sur cette baie) à **des débarquements d'ulves ayant séjourné plus au large**. En effet les photos du prélèvement montrent clairement des *Cladophora* très claires (presque jaunes) et, parmi ces algues filamenteuses, quelques ulves bien vertes. Pour ce qui est des **teneurs en phosphore**, on note des valeurs, contrairement aux mesures de la baie de Saint Briec, qui sont **limitantes en début de saison** (avril à fin juin) puis remontent à partir de juillet. Ces co-limitations par N et P ont souvent été observées sur cette baie et **pourraient être dues à des moindres fournitures sédimentaires** en P et des conditions de croissances très favorables sur le site (croissance rapide allant avec des besoins élevés).

**Sur l'anse de « Bréhec »**, comme en 2020 et 2021 la prolifération 2022 a été très faible, presque insignifiante (très faibles surfaces mesurées en juillet et août et un total annuel 15 fois inférieur au niveau pluriannuel). On ne peut donc pas parler de réelle prolifération d'ulves en 2022, même si des algues ont pu être prélevées sur la plupart des dates prévues. Sur ce site, le démarrage de la prolifération est en général très précoce mais certaines années ne présentent aucune prolifération (hypothèse, depuis de nombreuses années émise, d'un lien avec la « grande baie de Saint Briec » pour l'amorçage de ce site). Pour ce qui est des **teneurs internes en azote** (Figure 33) elles sont sur la plupart des dates **très basses, au niveau du quota de subsistance**. Le 15 juin la mesure est un peu plus élevée (mais inférieure au quota critique) et les algues prélevées sont assez foncées en mélanges avec diverses algues rouges, **visiblement en provenance d'arrachage récent** (très peu d'algues et donc pas de prolifération sur la plage). Les teneurs en phosphore semblent, elles aussi, limitantes et ont tendance à remonter en fin de saison ce qui n'est pas le cas des teneurs en azote.

Sur l'anse de « **Trestel** » la prolifération a été relativement tardive et peu intense en saison (cumul annuel de 35 % inférieur à la moyenne 2002-2021). Les teneurs en azote (**Figure 34**) sont **nettement limitante en mai et début juin** (croissance rapide et flux probablement relativement bas). De mi-juin à mi-juillet les teneurs remontent ce qui peut être lié à un éloignement des algues vers l'infralittoral (moins de lumière donc moins de besoin de croissance) pour redevenir **limitantes en août et minimales le 1<sup>er</sup> septembre** (1.3 %), ce qui est bien en ligne avec des apports probablement faibles en cet été sec. Sur ce site aussi, on relève des teneurs en P qui sont limitantes en 2022, surtout en mai et juin (température de l'eau plus fraîche bridant les relargages sédimentaires) pour remonter ensuite proche du quota critique et le dépasser en septembre.

**Sur la baie de Saint-Michel-en-Grève**, la prolifération a été, à l'image des 4 saisons précédentes, **très tardive** (lien avec des biomasses relativement faibles en automne 2021 puis des conditions suffisamment dispersives pour ce site exposé à la houle). Les surfaces sont nulles en avril et très faibles en mai (35 fois inférieures à la moyenne) pour devenir conforme à la moyenne en juin (énorme croissance : surfaces multipliées par 45 entre



ces deux mois) et même légèrement (+20 %) supérieures à la moyenne en juillet. Les flux d'azote apportés par le Yar (indicateurs du flux moyen apporté à la baie) ont été globalement bas en 2022. Ils sont 18 % inférieurs à la moyenne 2010-2021 en avril pour représenter un défaut de flux ensuite plus important compris entre 26 % (mai) et 40 % (août) sur la période de mai à septembre. Le **défaut de flux n'y est donc pas aussi élevé que sur les baies de l'Est des côtes d'Armor**, en lien avec des débits qui se maintiennent mieux et des concentrations estivales souvent plus élevées (tout particulièrement les années sèches : en moyenne 27 mg/l de juin à septembre 2022). Les **teneurs en azote dans les ulves (Figure 35) montrent une limitation assez prononcée** (1.6 %) pour ce site (valeurs classiquement élevées, ce qui est probablement renforcé par le fait de prélèvements dans l'axe des filières d'eau douce). La forte remontée en mi-juin / fin juin pourrait être liée à la très forte densité à cette période du rideau (facteur d'auto ombrage). Le fait que le prélèvement, à cette date, a été fait sur l'est de la Baie (Toul Ar Vilin, car pas d'algues au point habituel de quota, sur la partie centrale de la baie) peut aussi expliquer des valeurs plus élevées (cf. rapport 2017 qui montrait, pour une même date, des valeurs plus élevées pour ce secteur). A partir du 15 juillet et jusqu'à début septembre, **les teneurs dans les algues sont nettement limitantes et les biomasses régressent en parallèle**. Les apports plus bas en azote, s'ils ont tout de même permis la prolifération d'ulves, semblent bien responsables d'une diminution des biomasses au cours de la saison. Pour ce qui est du phosphore, excepté le prélèvement du but juin (eaux encore fraîches et croissance probablement très soutenue du petit noyau d'ulves de la mi-mai), **toutes les valeurs sont au-dessus du quota critique** et en hausse régulière au fil des semaines, très probablement en lien avec la montée des températures et de l'anoxie du milieu (favorables à un relargage amplifié du phosphore sédimentaire). A noter que le point de prélèvement (le même secteur tous les ans, sous réserve de présence d'algues au point prévu) au droit de la filière du Yar peut expliquer des teneurs rarement très basses sur ce site, quand un point plus à l'ouest de la baie (Beg Douar) pourrait donner des résultats proches mais à un niveau systématiquement inférieur.

Sur l'**Anse de Locquirec**, la prolifération **d'ulves a été précoce** (+ 60 % en mai par rapport à 2002-2021) et **intense** (+165 et + 110 % en juin et juillet) pour ensuite **décliner fortement** (niveau conforme à la moyenne en août puis nettement inférieur en septembre puis octobre). Les flux, à l'image du cours d'eau voisin du Yar, sont, sur toute la saison, **nettement inférieurs au niveau moyen** (- 30 % en avril à - 55 % en août). Malgré ces flux bas, les teneurs en azote dans les algues (**Figure 36**) sont **restées élevées sur mai à juillet**, ce qui peut s'expliquer par une charge très élevée en ulves à ces dates (facteur d'auto ombrage). En revanche, mi-août les teneurs sont fortement limitantes (l'opérateur note des « ulves claires en rideau »). La forte remontée, en début septembre, est probablement liée à des algues d'arrachage (« rideau peu dense d'ulves attachées en mélange avec quelques algues rouges »). Quant aux **teneurs en phosphore**, elles semblent **en position de faible limitation** mais plus que l'azote, en début de saison (mai-juillet) ce qui pourrait être lié à une **saturation par les flux d'azote et une faible fourniture sédimentaire** à cette période de l'année, alors que la croissance très soutenue demande des apports importants. Il semble donc se confirmer que la fourniture de cet élément sur cette anse seraient « juste suffisante » pour alimenter les algues (mais ces fournitures sont non contrôlables et donc pas utilisables comme facteur de maîtrise). La composition sédimentaire probablement moins limoneuse et plus sableuse de cette baie exposée pourrait expliquer des fournitures sédimentaires moindres que dans d'autres baies plus abritées.

Sur l'**anse du Dossen**, après un **démarrage tardif** (classique sur ce site mais accentué en 2022), la prolifération a été assez **soutenue en juin et juillet** (supérieures aux moyennes) pour ensuite devenir légèrement inférieures. Concernant les flux, ils sont en 2022 (à l'image des constats sur le Yar ou le Douron) **nettement inférieurs aux moyennes** (de -33 % en avril à -47 % en août). Mais, malgré ces niveaux inférieurs aux moyennes, les **flux y sont très élevés** (environ 4 fois les flux du Yar, sur un site de petite superficie et deux fois supérieurs à la somme des flux arrivant en baie de Saint Brieuc au mois de mai ou juin 2022, par exemple). La **Figure 37** montre globalement des teneurs en azote dans les ulves qui sont **très nettement au-dessus des seuils de limitation de la croissance**. Excepté un prélèvement, le 2 août (2.2 % d'azote dans les tissus, valeur vérifiée par un second dosage) pour toutes les dates les teneurs sont au-dessus de 3 % voire 3.5 %. La teneur relevée le 2 août intervient alors que sur le site en plus des ulves on note (quelques jours plus tard, lors du vol)



une prolifération de phytoplancton. Il est possible que cette prolifération ait transitoirement retiré une part des apports azotés présents en baie. On peut donc parler, comme les années antérieures **de saturation forte par les flux d'azote**, malgré une année dont les flux sont de 30 à 40 % inférieurs à leur niveau pluriannuel. Etant donné les apports, en valeur absolue, relevés, et la taille du site relativement modeste, cette saturation n'est pas très surprenante. Comme cela était décrit les années précédentes, ce site reste et de loin, le **site le plus saturé par l'azote**. On doit donc s'attendre à des baisses importantes avant d'arriver à limiter la croissance des ulves par les apports azotés. Pour ce qui est des teneurs en phosphore dans les algues elles paraissent « relativement » plus basse que les teneurs en azote mais restent cependant, durant toute la saison, au-dessus des seuils de limitation de la croissance.

Sur la **baie de « Guissény »**, malgré un **démarrage plutôt tardif** (site habituellement tardif mais encore plus tardif en 2022 avec des surfaces en avril et mai inférieures aux moyennes de -75 % et -25 %), les surfaces sont à partir de juin à un niveau très élevé (+100 % par rapport à 2002-2021) et le restent jusqu'en octobre (chaque mois entre 35 et 100 % de plus et un cumul annuel qui totalise 55 % de surface en plus ; troisième année la plus forte en 21 ans juste derrière 2021 et 2020). Comme sur la baie voisine du Dossen, les **flux d'azote sont, chaque mois, inférieurs à leur niveau pluriannuel** (de -30 % en avril à -45 % en août). Comme pour 2020 et 2021, les conditions de croissance (lumière notamment et température de l'eau des faibles lames d'eau dans la baie, probablement) du début de saison expliquent probablement cette installation rapide de la prolifération sur mai et juin. **La figure 38** présente les courbes en 2 points de prélèvement. Le point « club nautique », suivi depuis des années, présente comme les années précédentes **des valeurs plus basses** (plus loin du panache du cours d'eau) que le point « centre baie » et les **courbes évoluent de manière relativement parallèle**. Le 2 juin les teneurs remontent (ce qui est confirmé par une double analyse) ce qui pourrait être lié à **une saturation de l'anse du Club nautique par les biomasses** (on ne retrouve pas cette remontée au centre de la baie). Mais ensuite, en juillet puis à la mi-août, les **valeurs redescendent nettement** (1.5 % le 15 août) et **sont limitantes pour la croissance**. Pour ce qui est du point « centre baie » qui est au niveau du panache du Quillimadec, **les teneurs sont nettement plus élevées**, ce qui est logique, et ne sont limitantes que sur le prélèvement de fin août (31 août). Les flux, pourtant particulièrement bas en 2022 par rapport à la moyenne pluriannuelle sur toute la saison, devront donc être encore abattus davantage pour permettre une limitation forte de la croissance des algues par l'azote. Cette difficulté du contrôle de la prolifération par les flux est liée à des **débits d'étiages qui sont soutenus sur cette baie et des concentrations estivales qui demeurent élevées** (38 mg/l en moyenne sur avril-septembre 2022). Quant aux **teneurs en phosphore, elles sont, sur mai à septembre, légèrement limitantes** sur le point « Club nautique » (minimum à 0.09 % le 14 juillet). Elles sont à des niveaux proches mais légèrement plus élevées sur le point « centre baie » ce qui permet de confirmer l'hypothèse de **l'origine largement sédimentaire et/ou « colonne d'eau » pour ce nutriment puisque la proximité à la filière ne semble pas ou peu jouer**. Ce niveau de limitation, même peu marqué ne peut, *a priori*, pas être utilisé comme facteur de contrôle, ces flux n'étant pas maîtrisables localement (pour autant, il sera toujours favorable de retirer au maximum les apports qui peuvent être évités).

La prolifération d'*Ulves* **sur Moguéran/Coréjou**, contrairement à la baie de Guissény, a été **très peu intense en 2022**. Sur tous les inventaires (sauf mai, à un niveau proche de la moyenne) les surfaces ont été inférieures à très inférieures au niveau moyen (15 fois inférieur en juillet et 4.2 fois moins sur le cumul annuel). **La Figure 39** montre des **teneurs internes en azote qui sont limitantes** depuis le premier prélèvement, le 4 mai et jusqu'à la mi-août. De façon assez surprenante et malgré des biomasses restées faibles, les teneurs augmentent sensiblement à la mi-août pour culminer à 3 % fin août. Les teneurs en P, légèrement limitantes en début de saison (mai) deviennent élevées sur juillet, au moment où les teneurs en azote sont minimales. Une faible croissance sur cette période associée à des relargages sédimentaires pourraient expliquer ces valeurs plus élevées. Il est difficile de relier la prolifération observée avec les flux de l'année, n'ayant pas d'information locale. Il serait **intéressant de valider la diminution éventuelle**, ces dernières années, des apports d'azote à cette petite baie (lien avec des cultures sous serre ou assainissement ?), les proliférations étant depuis 2017 **significativement plus basses que les années antérieures** et avec des teneurs en azote dans les tissus des algues qui sont basses.



Sur la baie de **Douarnenez**, les proliférations ont, encore en 2022 (cas depuis 2016), été composées de diverses algues proliférantes filamenteuses brunes, rouges et vertes (Ectocarpales, Cladophora, Falkenbergia, Aglaothamnion, ...) et de très faibles quantités d'ulves. Ce ne sont donc pas majoritairement les ulves qui ont généré de la biomasse et leur faible présence induit des **difficultés à les utiliser comme indicatrices du niveau trophique**. Cependant le fait que les autres algues se soient imposées « à la place » des ulves indique une situation nutritionnelle plus pauvre (sans quoi les ulves, plus compétitives dans un milieu riche s'imposent). L'analyse des flux montre, sur les cours d'eau du nord de la baie des **déficits de flux par rapport au niveau moyen 2010-2021 très prononcés** (-35 % en avril et de -50 à -70 % sur mai à août excepté en juin avec un défaut de flux plus modeste de 30 à 40 % respectivement sur le Kerharo et le Lopic). Sur les cours d'eau du sud de la baie (Stalas et Ris) les étiages sont plus soutenus mais les déficits de flux semblent assez proches de ceux relevés plus au nord. La **Figure 41** présente les teneurs sur le site de « Sainte-Anne-la-Palud » : **un seul prélèvement d'ulves a pu y être réalisé**, le 1<sup>er</sup> juin. Pour les autres dates soit les ulves étaient absentes soit inaccessibles (plus loin en arrière rideau). Si les teneurs mesurées sont **nettement limitantes** pour l'azote (proches de la limitation pour le phosphore), il est difficile de tirer des conclusions sur ce seul point. Sur l'anse du Ry, malgré des prélèvements plus nombreux, les **ulves ont été rares toute la saison 2022**. Le plus souvent, les tapis étaient constitués d'autres algues avec quelques « rares ulves » (le site n'a pas fait l'objet de classement pour des proliférations d'ulves en 2022). Dans les prélèvements réalisés (**Figure 42**) on note une **limitation par l'azote mi-juin et une valeur très basse le 31 août**. Mais pour ce prélèvement l'opérateur relevait « dépôt de Cladophora principalement en mélange avec quelques ulves arrachées ». Les teneurs en phosphore mesurées **sont assez parallèles à celles de l'azote** mais à un niveau qui serait moins limitant. Les indications par les indices d'eutrophisation sont donc assez pauvres du fait de cette quasi absence d'ulves, mais il **semble toutefois que l'azote permet d'expliquer ce profil atypique avec très peu d'ulves** et d'autres algues en prolifération.

Sur la **baie de la Forêt**, en 2022, pour la troisième année consécutive, les ulves ont été quasiment absentes. Dans ce contexte, l'indicateur « nutritionnel » a probablement moins de sens, les *Ulves* qui peuvent être prélevées n'étant pas représentatives d'une masse homogène en croissance. La prolifération, extrêmement limitée est probablement **principalement liée à l'absence de reconduction d'Ulves** de la prolifération précédente, elle-même très limitée voire nulle. Et la mauvaise reconduction sur 2019 – 2020 est très probablement surtout liée à des **conditions très dispersives de l'hiver précédent**. Cependant, **les flux d'azote apportés par les cours d'eau qui sont bas** depuis plusieurs années (2019 à 2022) vont également dans le sens d'une difficulté pour les ulves de s'imposer à nouveau. En 2022 les flux sont inférieurs, chaque mois au niveau moyen 2010-2021 (entre 35 % et 45 %). La courbe **Figure 43** présente un niveau **nettement limitant par l'azote**, ce qui est généralement mesuré sur ce site. Ces teneurs sont, dès le 20 mai, **très limitantes** (1.3 %) et atteignent une **valeur minimale sous le quota de subsistance** le 29 juin (0.8 %). La remontée à 2.6 % le 3 août est assez surprenante et pourrait être liée à un retour d'algues de l'infralittoral (l'opérateur note « très rares ulves, limite pour faire un sac » et leur aspect vert foncé laisse penser à un retour d'algues stockées en infralittoral). La faible prolifération, du fait de l'ambiance plus lumineuse qu'elle engendre, va aussi dans le sens **d'une diminution des teneurs en N et P**. Les teneurs en **phosphore dans les algues ont, elles aussi, été basses**, surtout en début de saison (lien probable avec les températures encore basses) et remontent assez fortement en juin puis juillet pour atteindre une valeur élevée le 2 août et se maintenir jusqu'en fin août au-dessus des seuils de limitation. On peut donc suggérer une **co-limitation en début de saison puis une limitation plus franche par l'azote en 2022**.

Sur le site de **Fort Bloqué (Figure 44)**, l'azote a été limitant à partir de mi-juin et de façon marquée du 15 juillet (1.2 %) à la fin août (1.2 %). Le niveau de **limitation est nettement plus élevé que les années précédentes** probablement du fait d'apports nettement diminués en 2022 par le Blavet/Scorff et la Laïta (site *a priori* sous l'influence des panaches de ces deux cours d'eau). Comme cela est relevé chaque année, les **teneurs en phosphore, sont basses**, depuis le début de saison et jusqu'en août. Les fluctuations parallèles des courbes de teneurs en azote et phosphore suggèrent des variations des conditions de croissance de la biomasse et le croisement des deux courbes en juillet, des apports devenant faibles en azote alors que la fourniture de



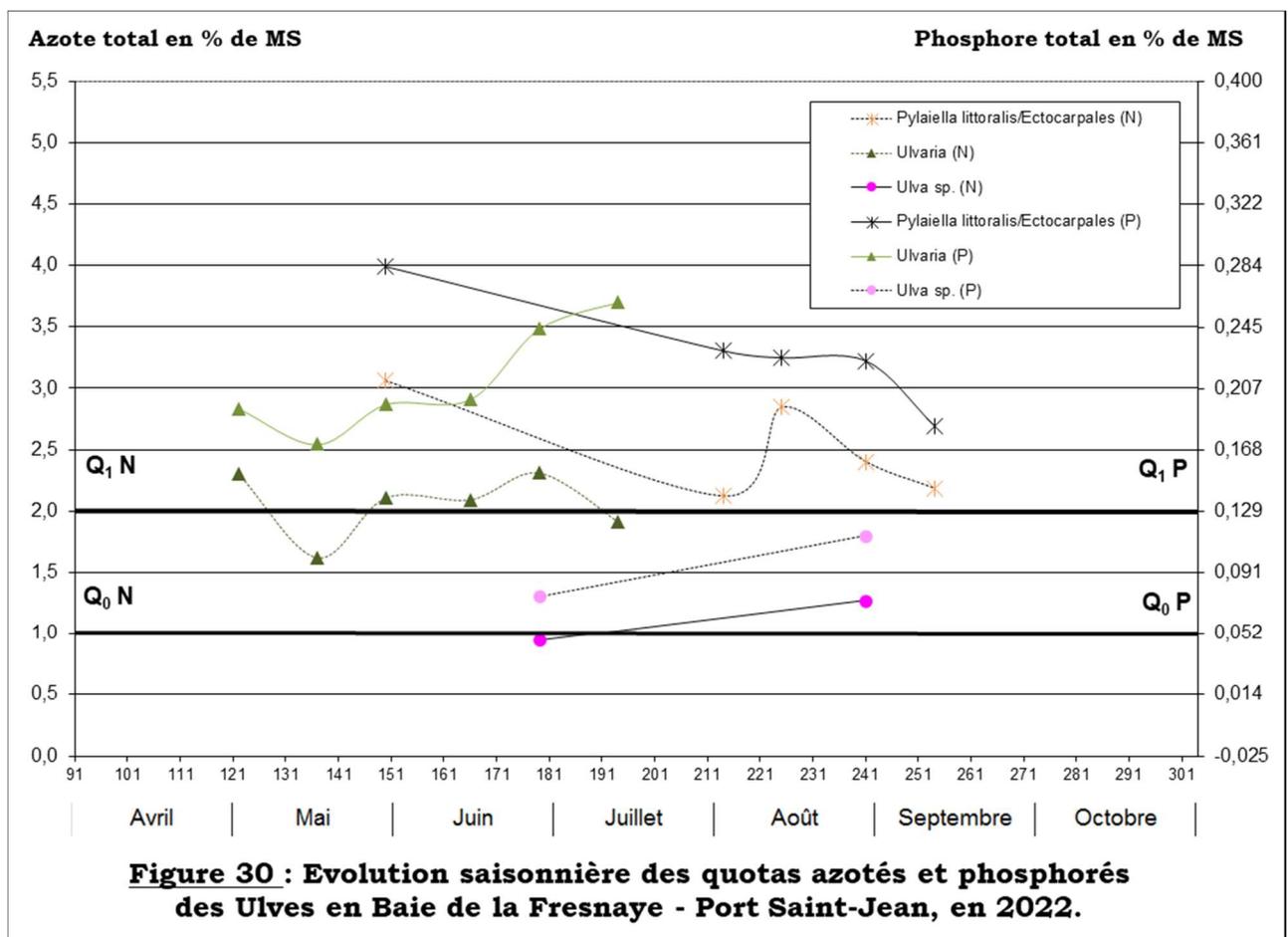
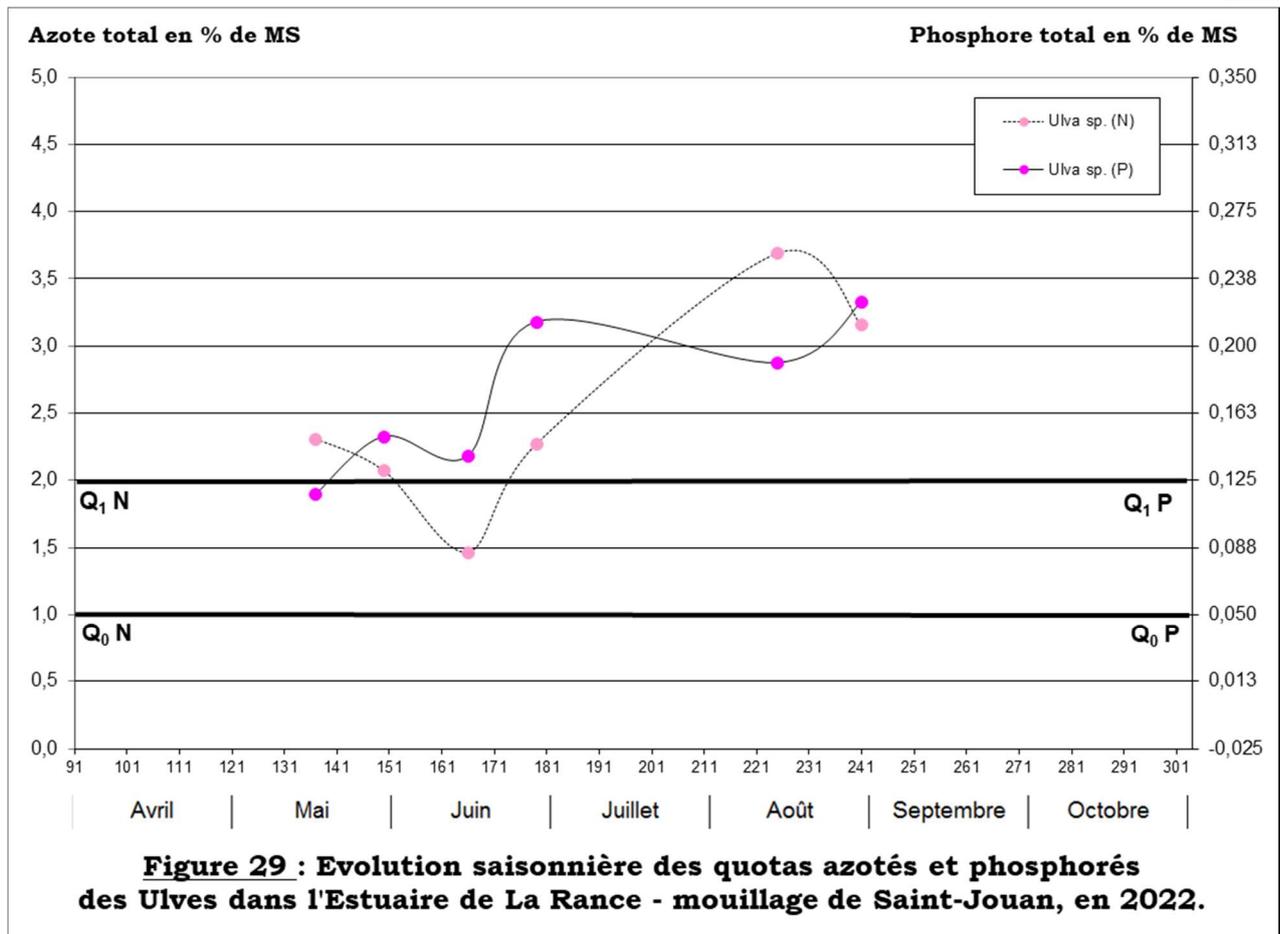
phosphore serait plus constante. La nature de ce site « d'arrachage » (la croissance des algues, au moins en partie sur platier), ce que confirme les biomasses d'ulves souvent en mélange avec diverses algues d'arrachage (« goémons »), permet probablement aussi d'expliquer **les niveaux plus faibles des teneurs internes en phosphore** des *Ulves* (éloignement au moins en partie des ulves du sédiment lors de leur croissance fixée).

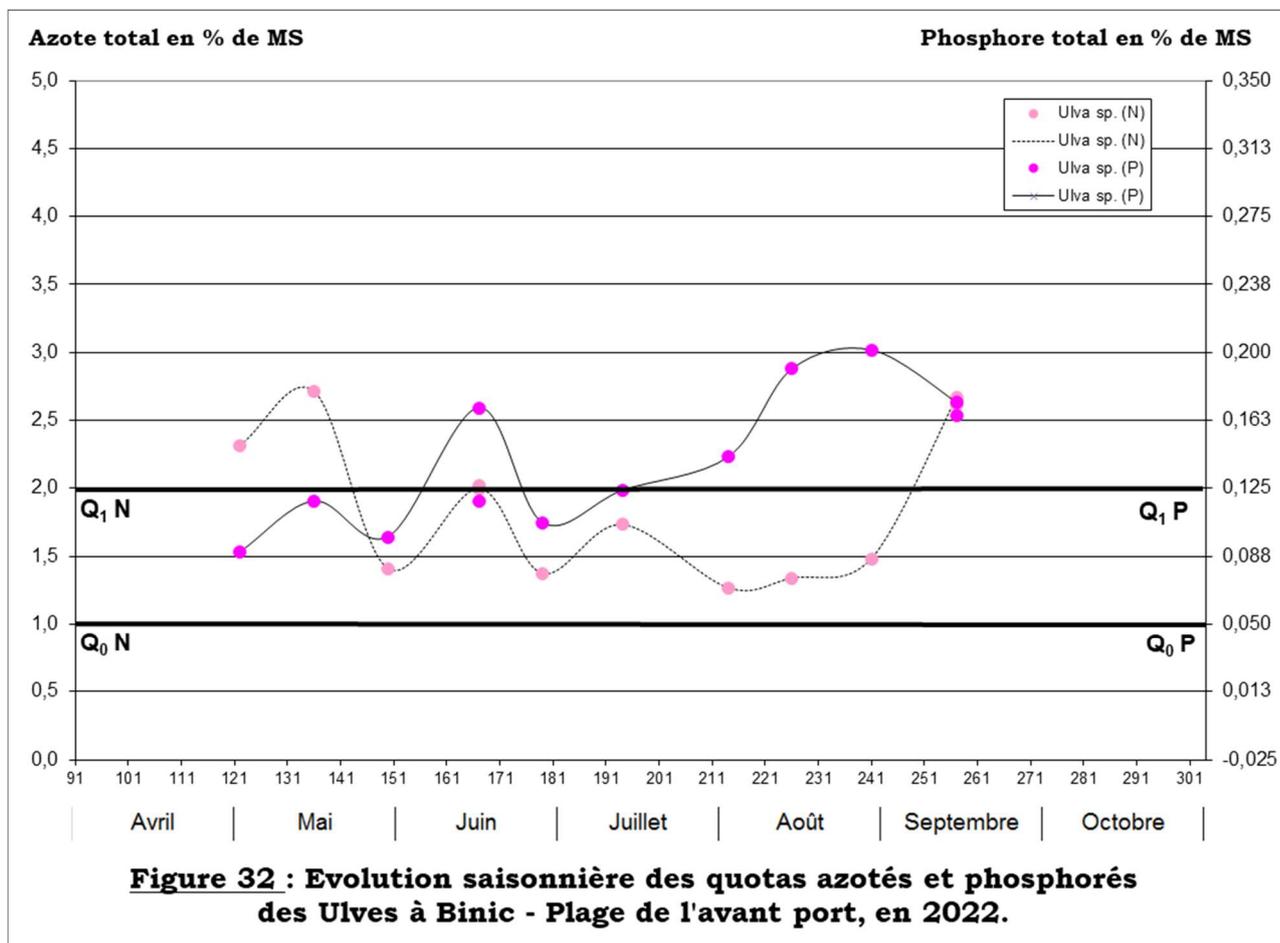
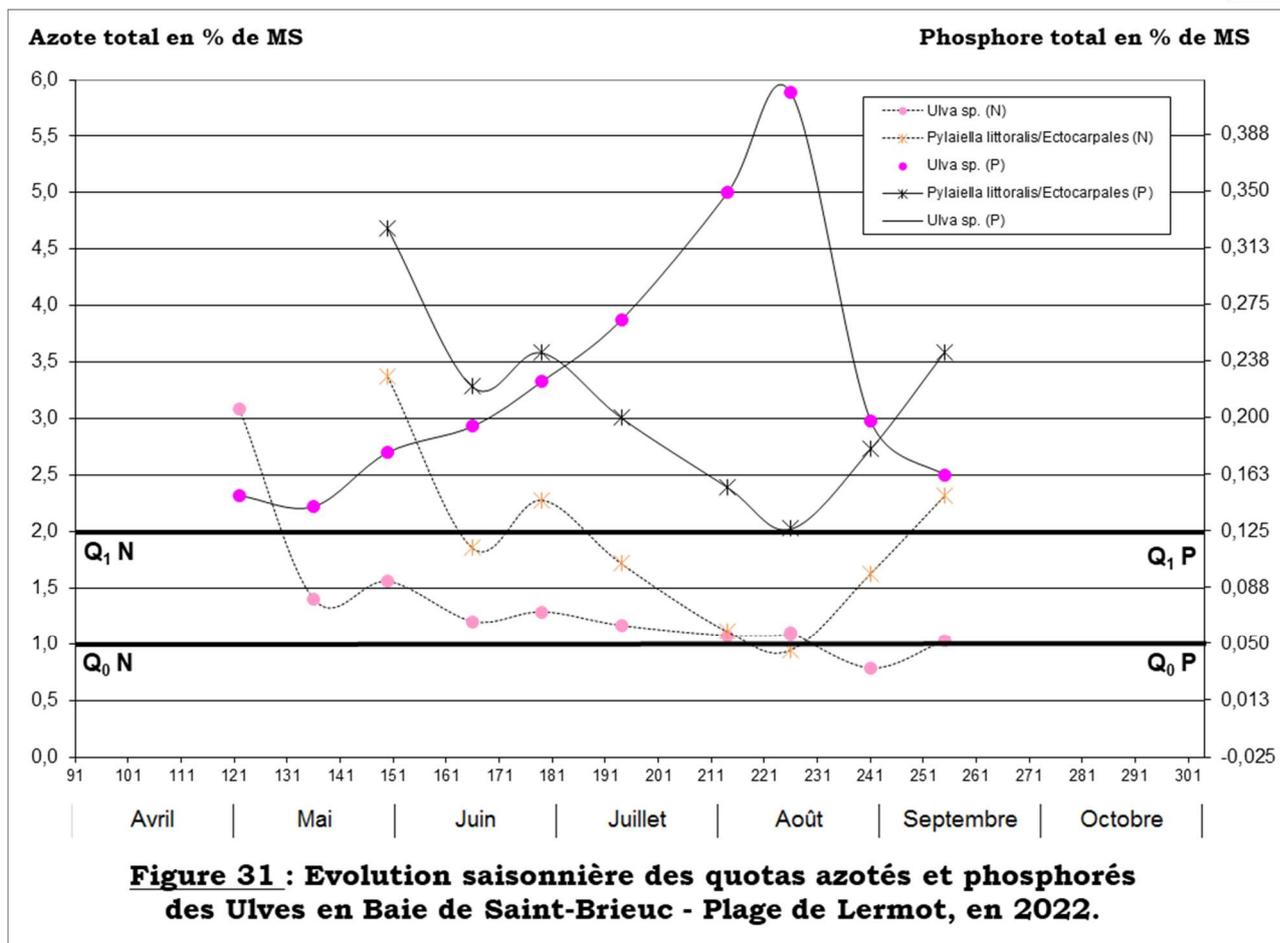
Sur **Larmor Plage**, la prolifération en 2022 a été précoce (supérieure à la moyenne pluriannuelle d'avril à juin puis faible en été (juillet et août avec -35 % puis -90 % de couverture). La **Figure 45** montre que **les teneurs en azote** étaient très élevées en début de saison (4 % le 19 mai) puis, à partir de ce niveau, sont en baisse régulière, jusqu'à montrer une franche limitation sur juillet puis début août. Les teneurs remontent ensuite légèrement ce qui peut être induit par des croissances moindres à cette période de l'année. Pour ce qui est du phosphore, **cet élément apparaît légèrement limitant sur l'ensemble de la saison** et assez peu variable. La position du site, à l'exutoire du Blavet (panache en nutriment et en turbidité) permet de comprendre la difficulté de limiter la croissance des *Ulves* par l'azote en année « moyenne ». Les mesures de 2022, année de faible flux montrent toutefois des limitations assez franches par l'azote. Il se peut aussi qu'une partie **des algues retrouvées sur les plages proviennent d'expulsion** des vasières de la rade (tapis épais donc valeurs d'autant plus élevées que cela génère un auto ombrage) ou d'algues d'arrachage des platiers voisins.

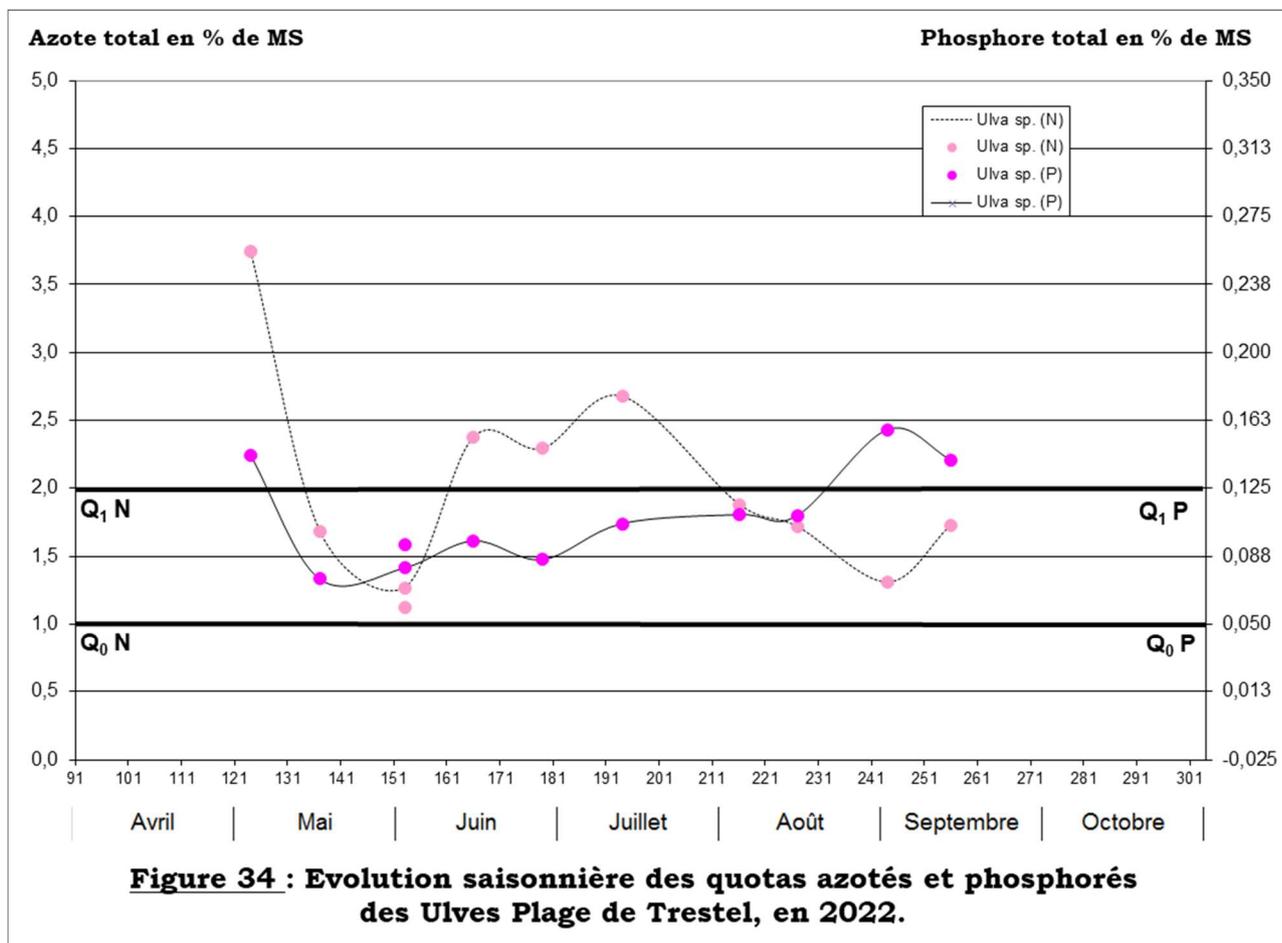
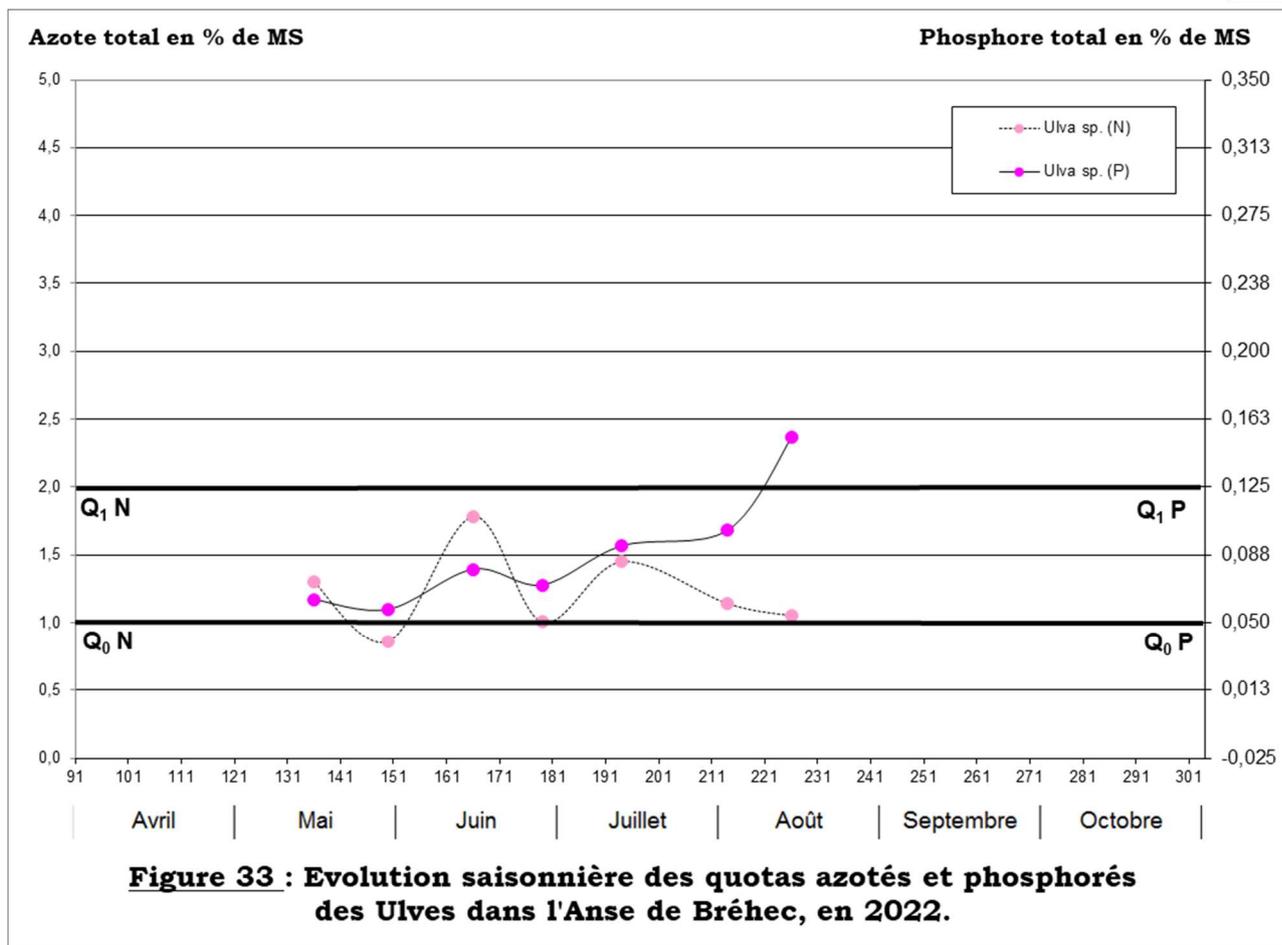
Sur le **site de Penvins**, les échouages ont été très peu importants en 2022 (principalement en mai et cumul sur 3 inventaires 60 % inférieur à la moyenne 2008-2021) et souvent **en mélange avec d'autres algues** (autres algues brunes et rouges, mais aussi algues vertes filamenteuses en mai et juillet). La courbe **Figure 49** indique une limitation par l'azote dès le mois de mai et très prononcée en juin et juillet (sous le quota de subsistance : 0.8 % le 15 juillet). Cet indicateur confirme donc que la **très faible présence d'ulves en 2022 est bien en ligne avec une très forte limitation par l'azote**. Pour ce qui est des teneurs en phosphore, **elles sont basses en début de saison** mais dès la fin mai **cet élément serait moins limitant que ne l'était l'azote**, pour ne plus être limitant du tout en août et septembre (lien probablement avec des relargages sédimentaires accentués et une faible croissance des ulves, en lien avec la limitation par l'azote).

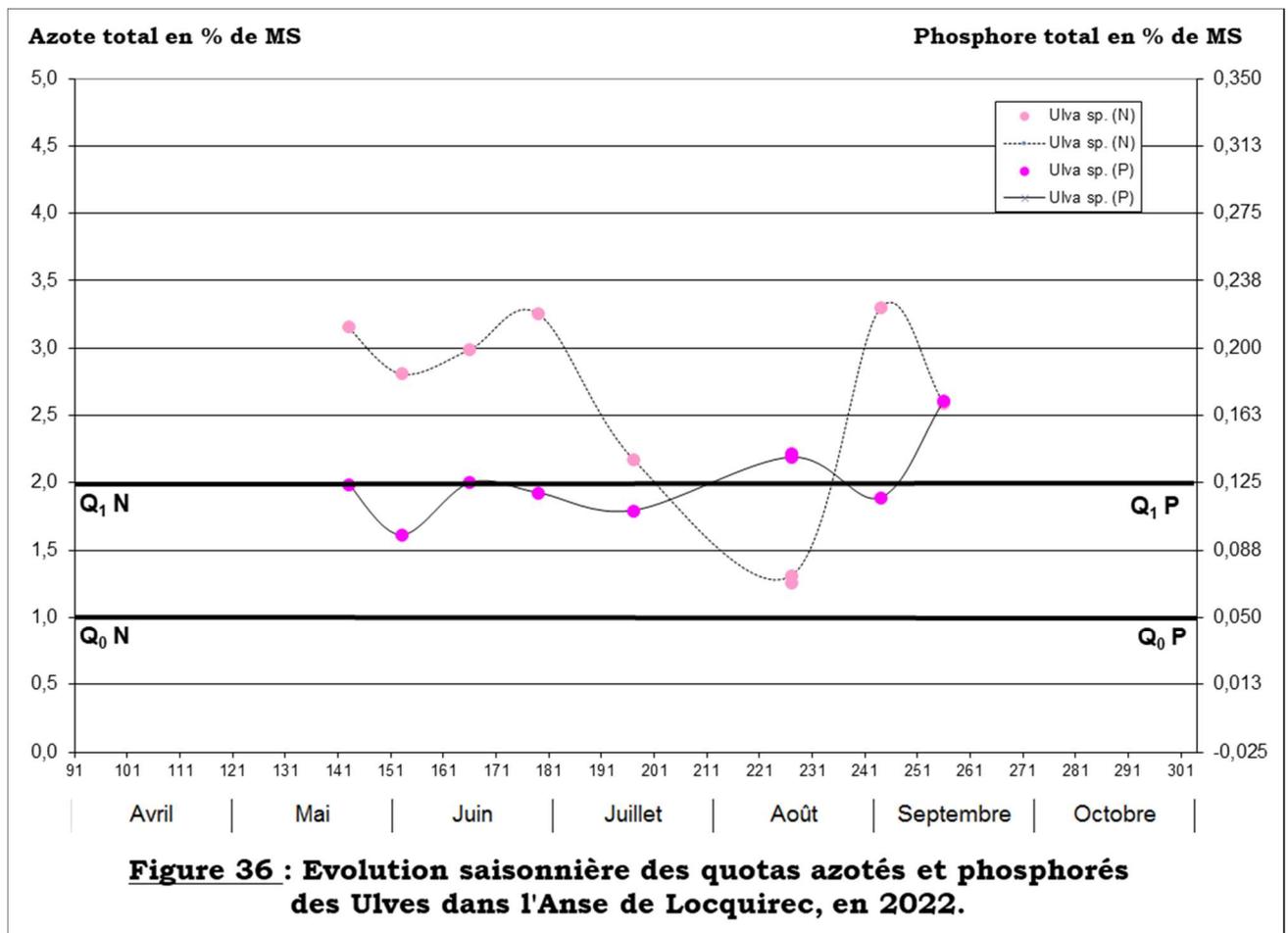
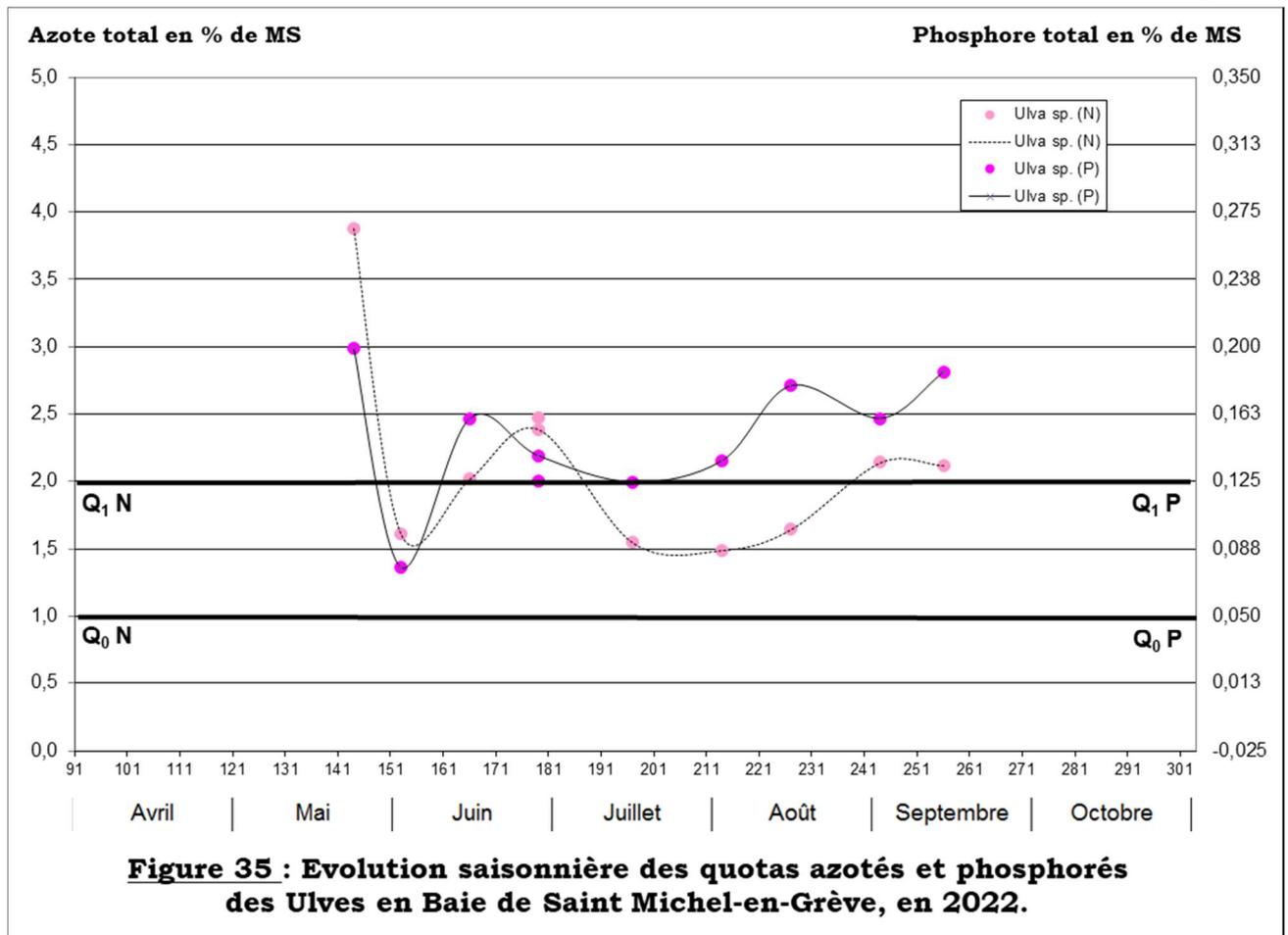
Sur le site de la **Mine d'Or (Penestin)**, **aucune prolifération d'ulves** n'a été observée (pas d'échouage lors des 3 vols régionaux et pas de classement du site). Pour chaque date prévue, le site a été visité et malgré l'absence de gros échouage, **des ulves ont pu être prélevés pour la plupart des dates** à partir du 30 mai. La **Figure 50** montre, comme pour Penvins **des teneurs en azote très basses en juillet et août** (inférieures au quota de subsistance) et donc **l'azote serait bien trop peu présent dans le milieu pour permettre une réelle prolifération** dans le contexte de l'année 2022. Les teneurs en phosphore, basse en début de saison s'élèvent à partir de fin juin, probablement en lien avec des relargages sédimentaires accentués.

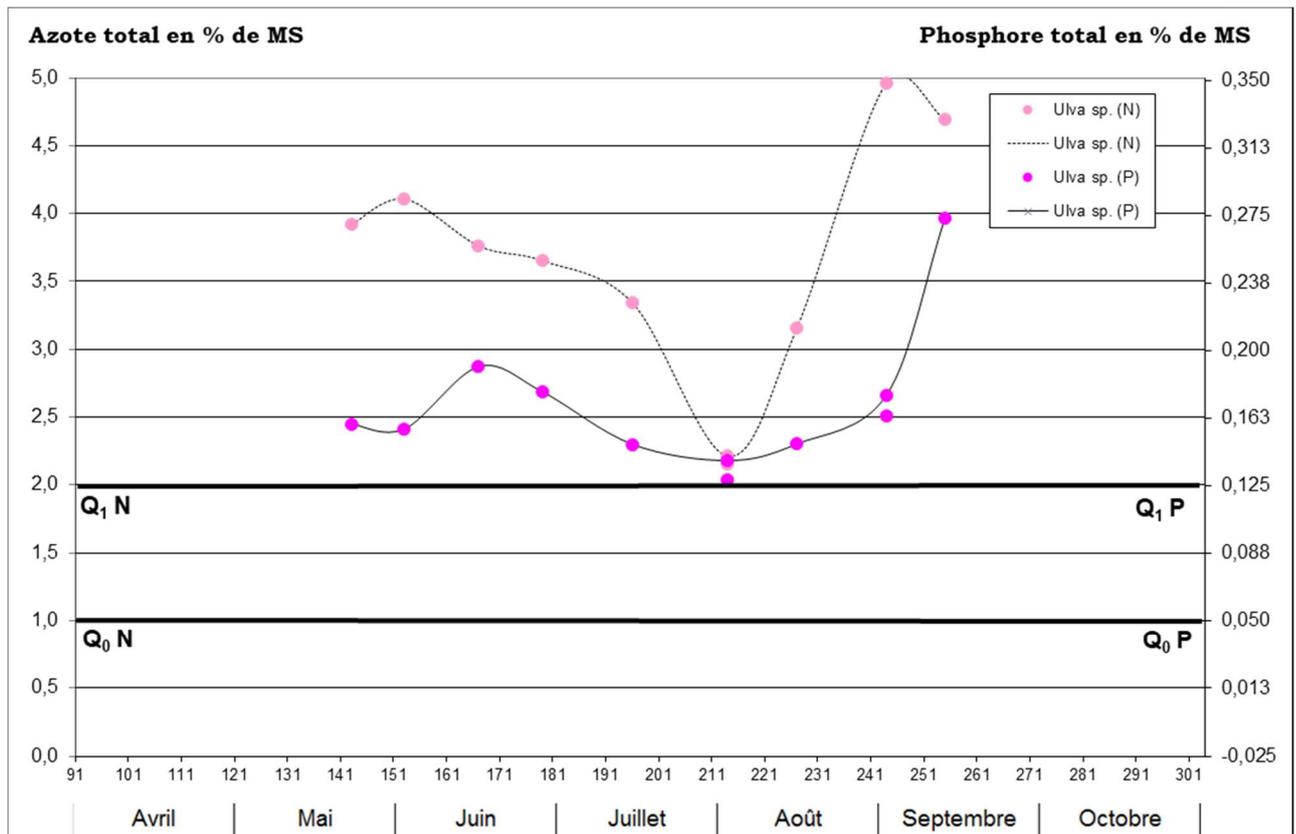
*La présentation ci-dessus des facteurs limitant des proliférations des algues en 2022 doit être distinguée du statut de ces nutriments en termes de facteur de contrôle de l'eutrophisation. Les comportements différents de ces deux nutriments et notamment le stockage / relargage important du phosphore dans le sédiment proche littoral conduit à estimer que malgré des limitations ponctuelles éventuellement observées sur certains sites, ce facteur ne pourra être, à court ou moyen terme, utilisé comme facteur de contrôle des proliférations (cf. site internet CEVA <https://www.ceva-algues.com/document/mecanismes-et-causes-des-marees-vertes-a-ulves-derivantes/>)*



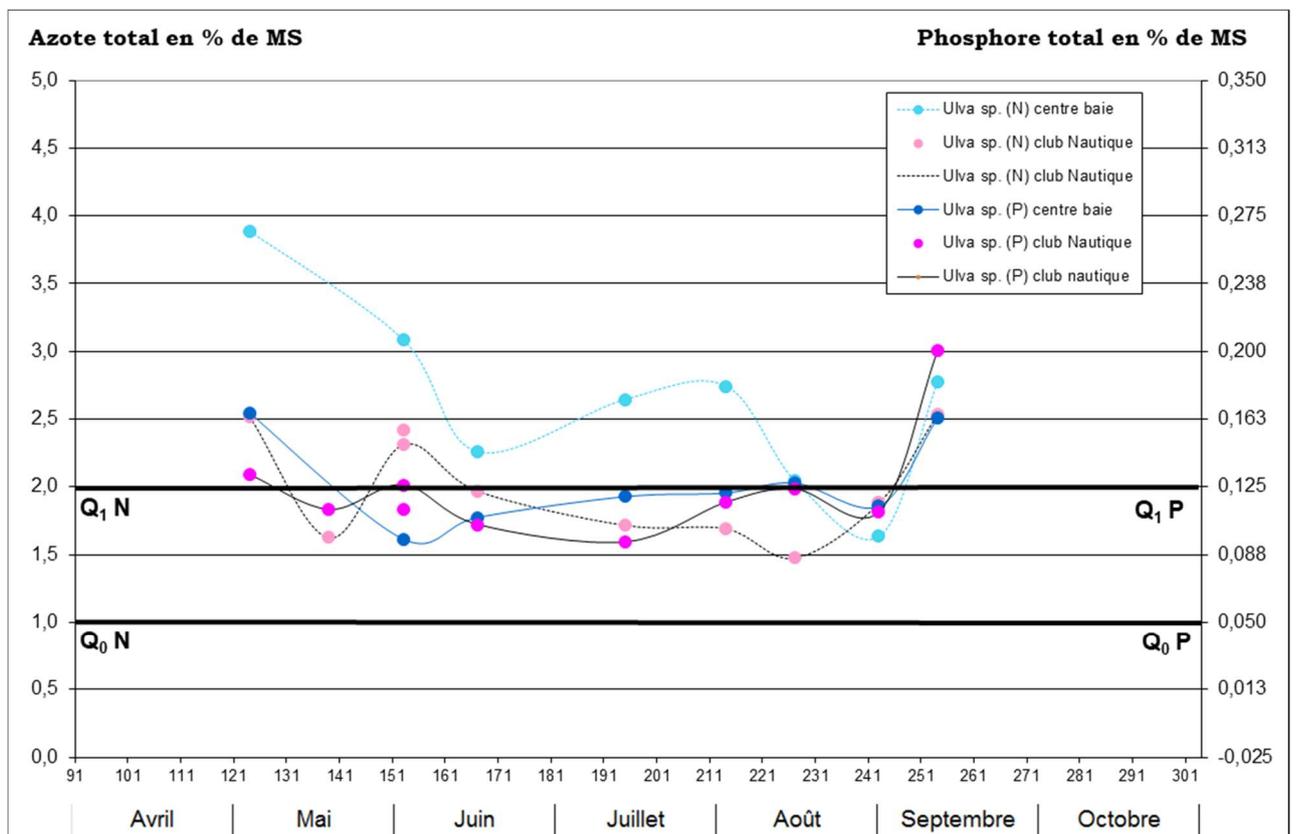




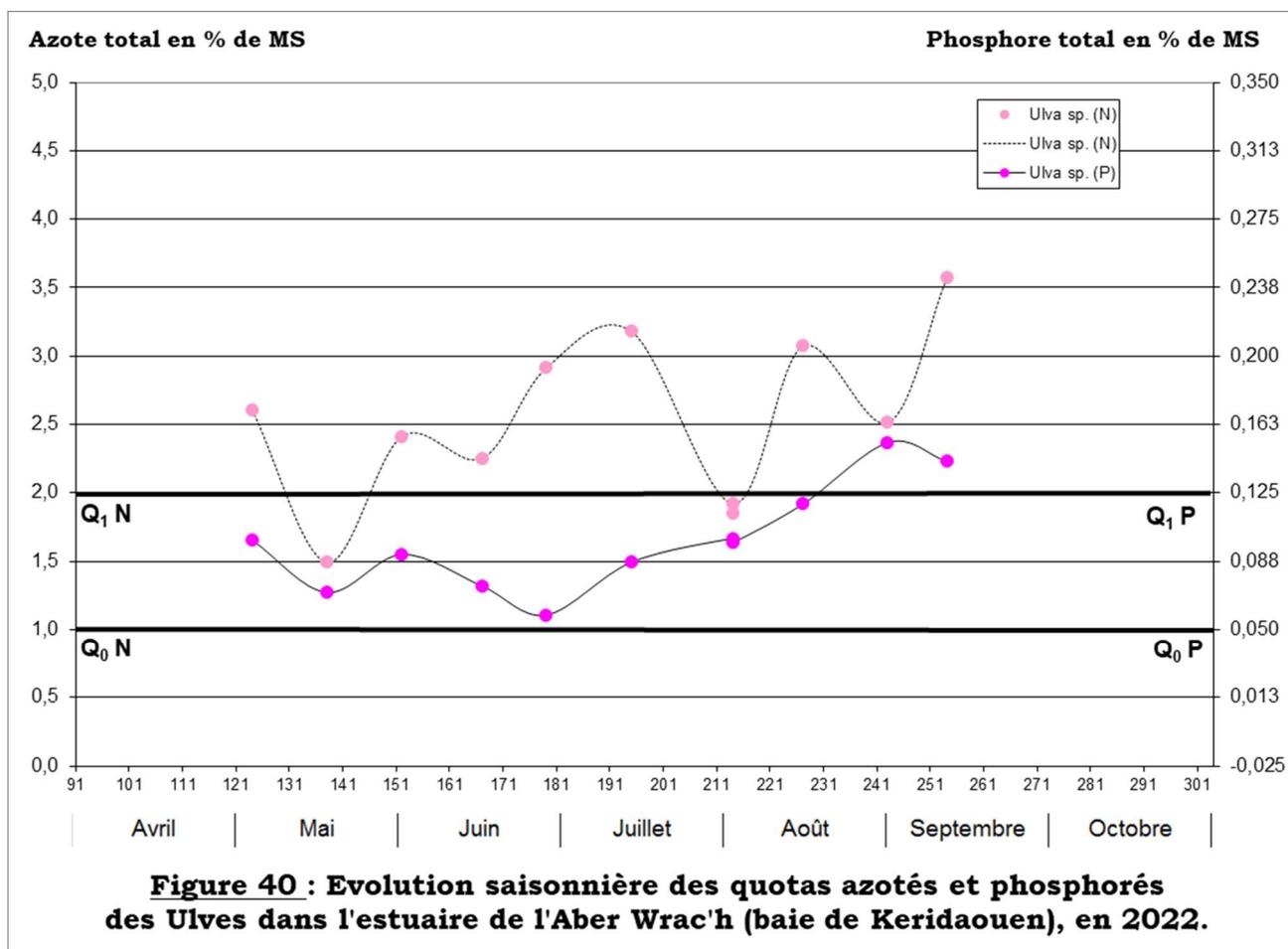
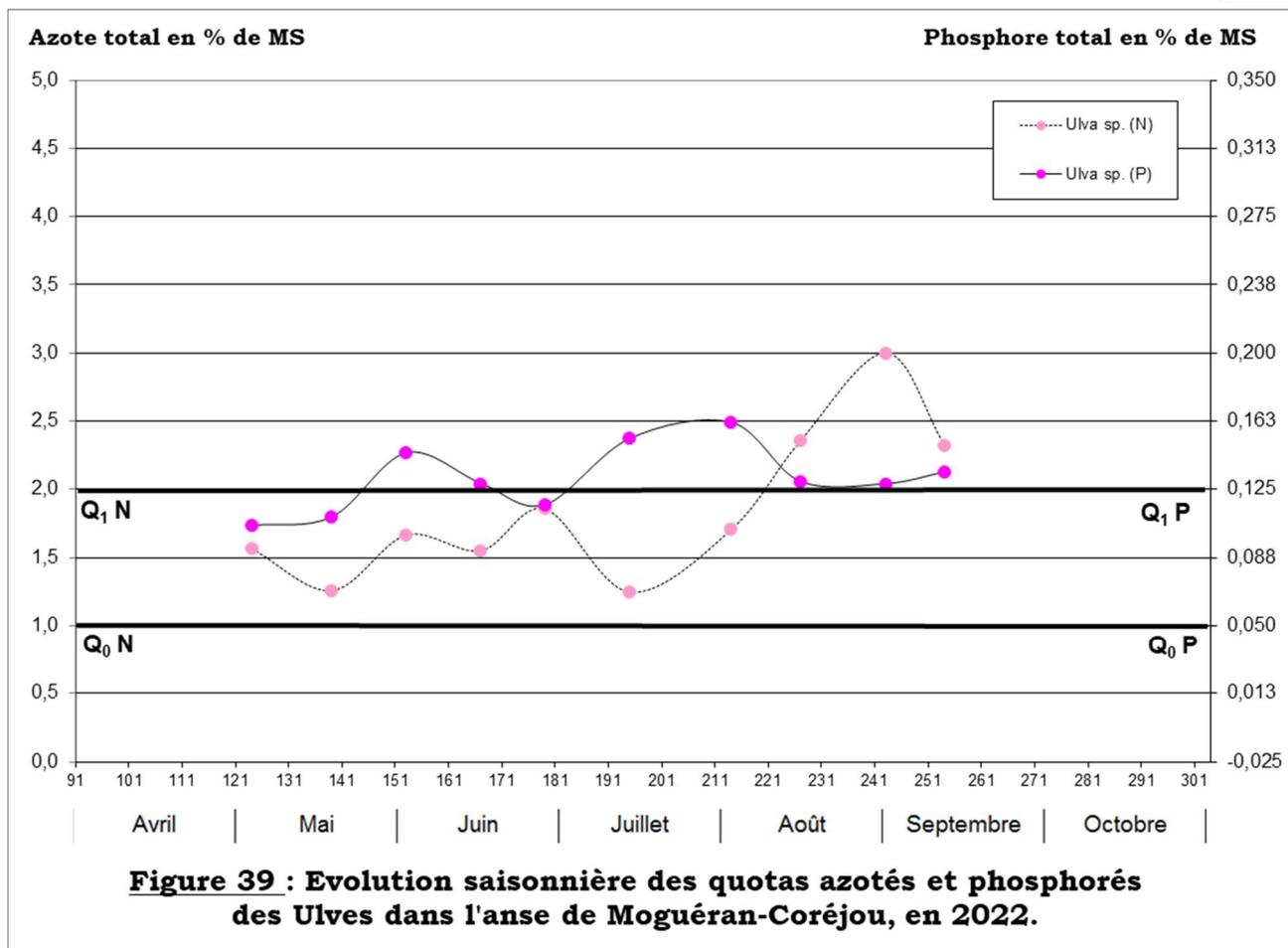


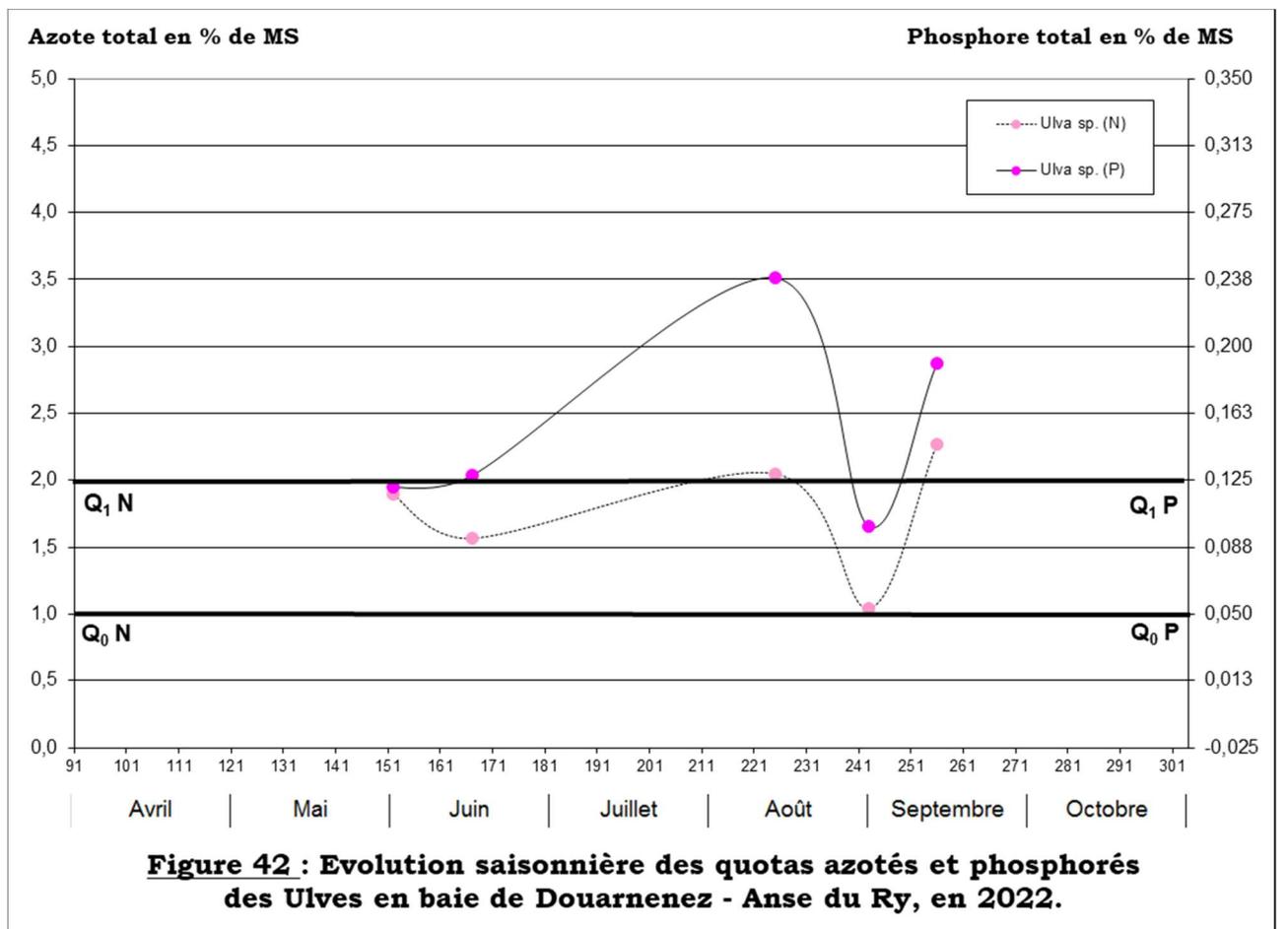
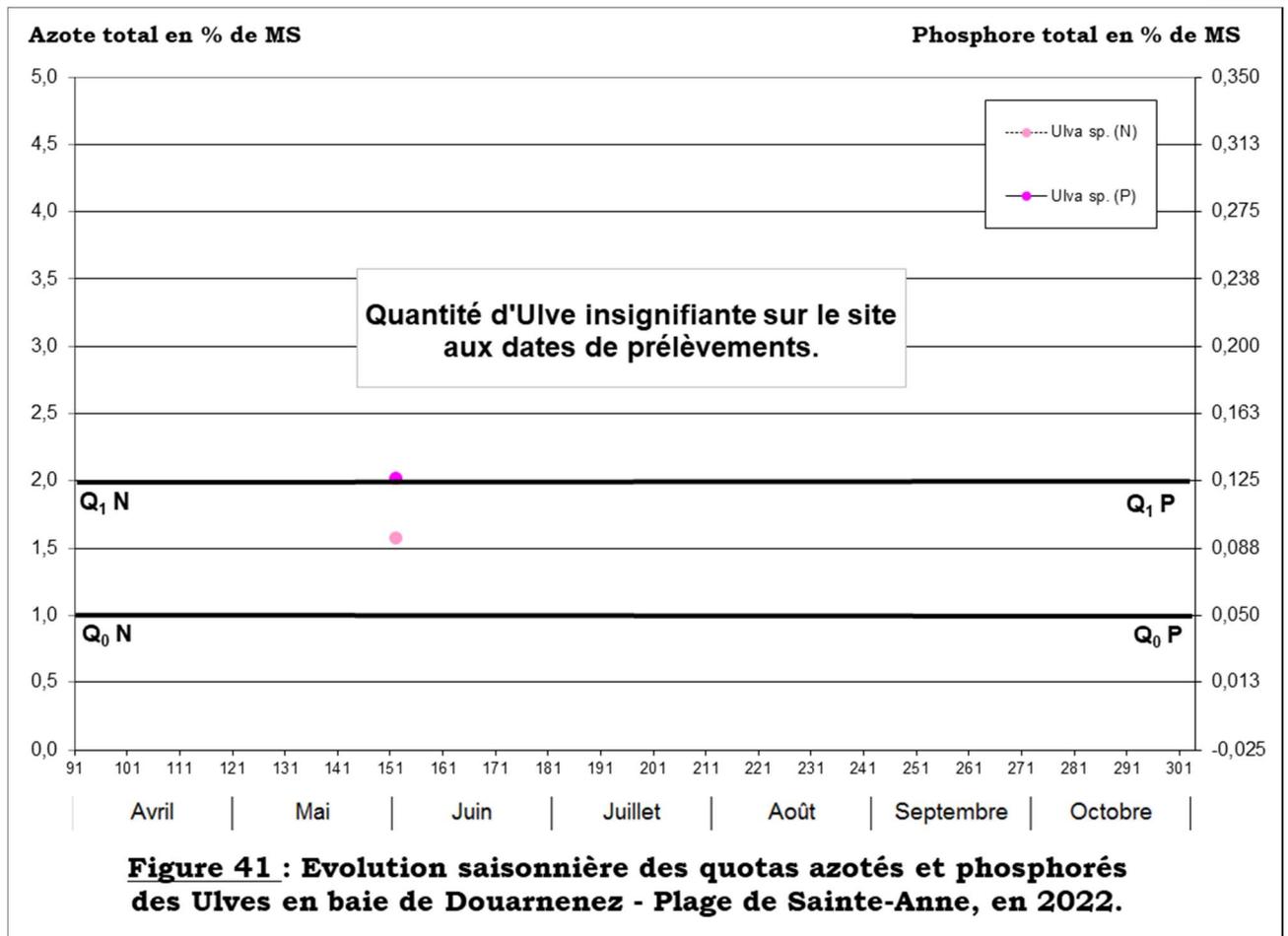


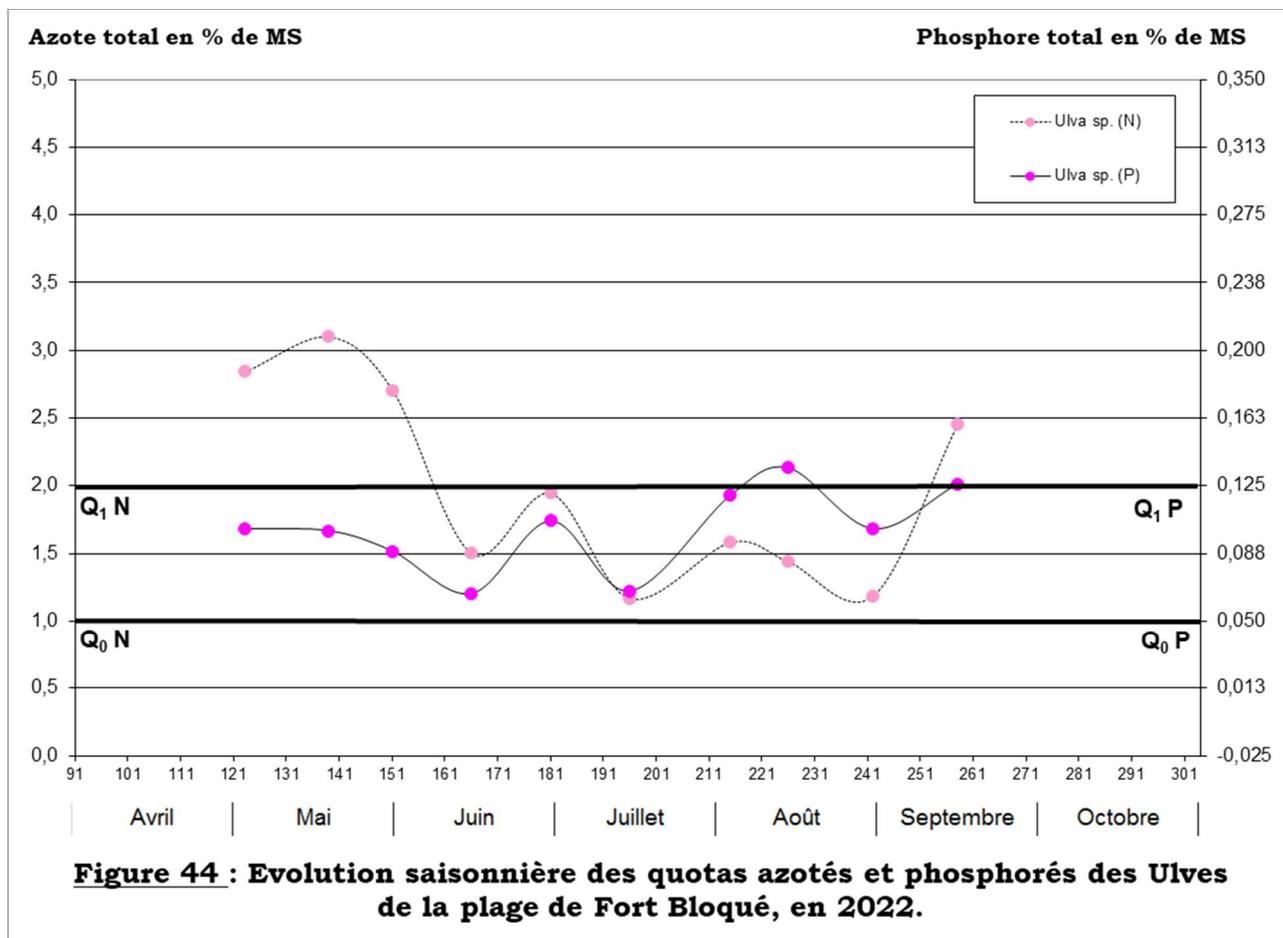
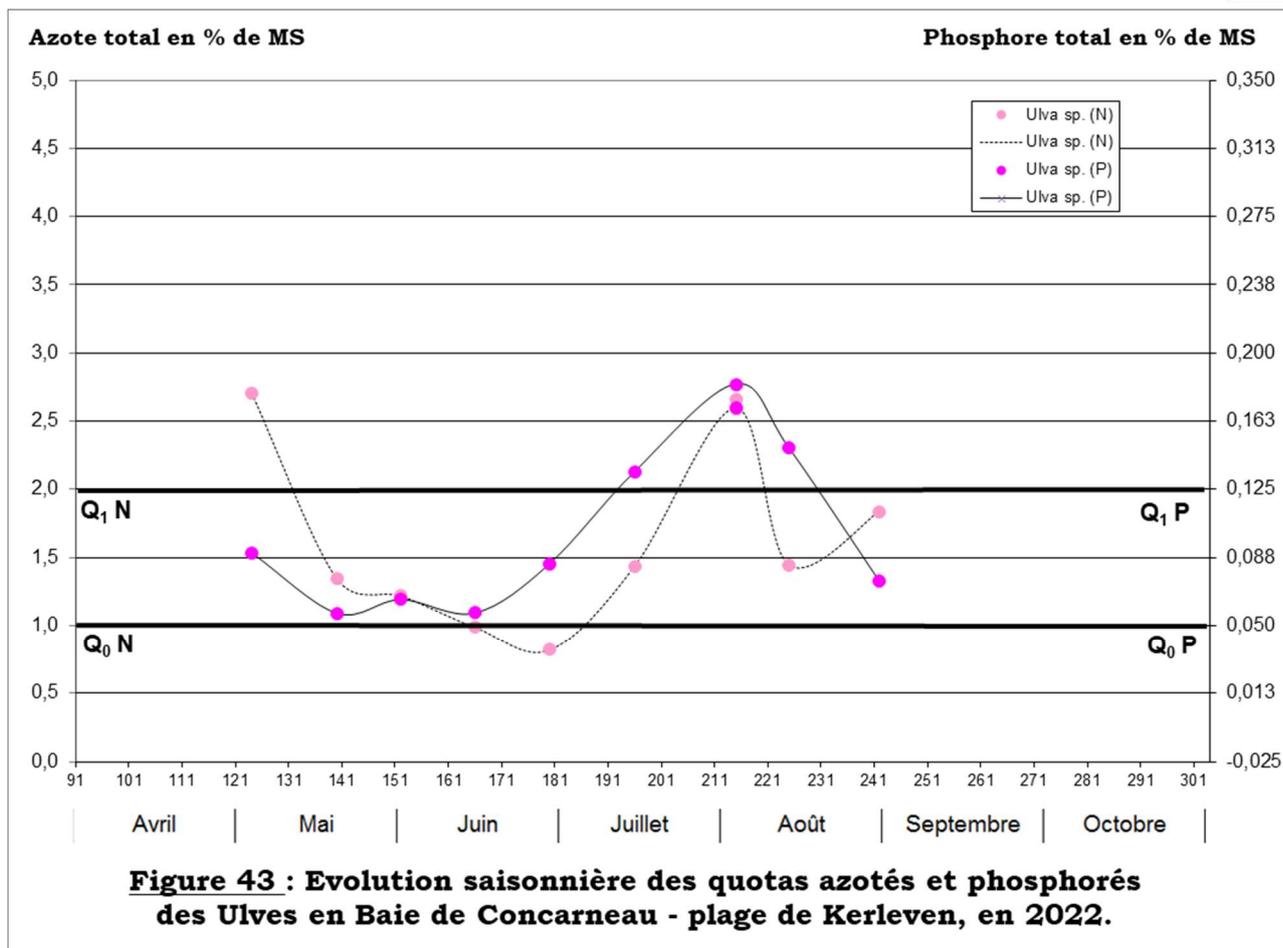
**Figure 37 : Evolution saisonnière des quotas azotés et phosphorés des Ulves dans l'Anse du Dossen, en 2022.**

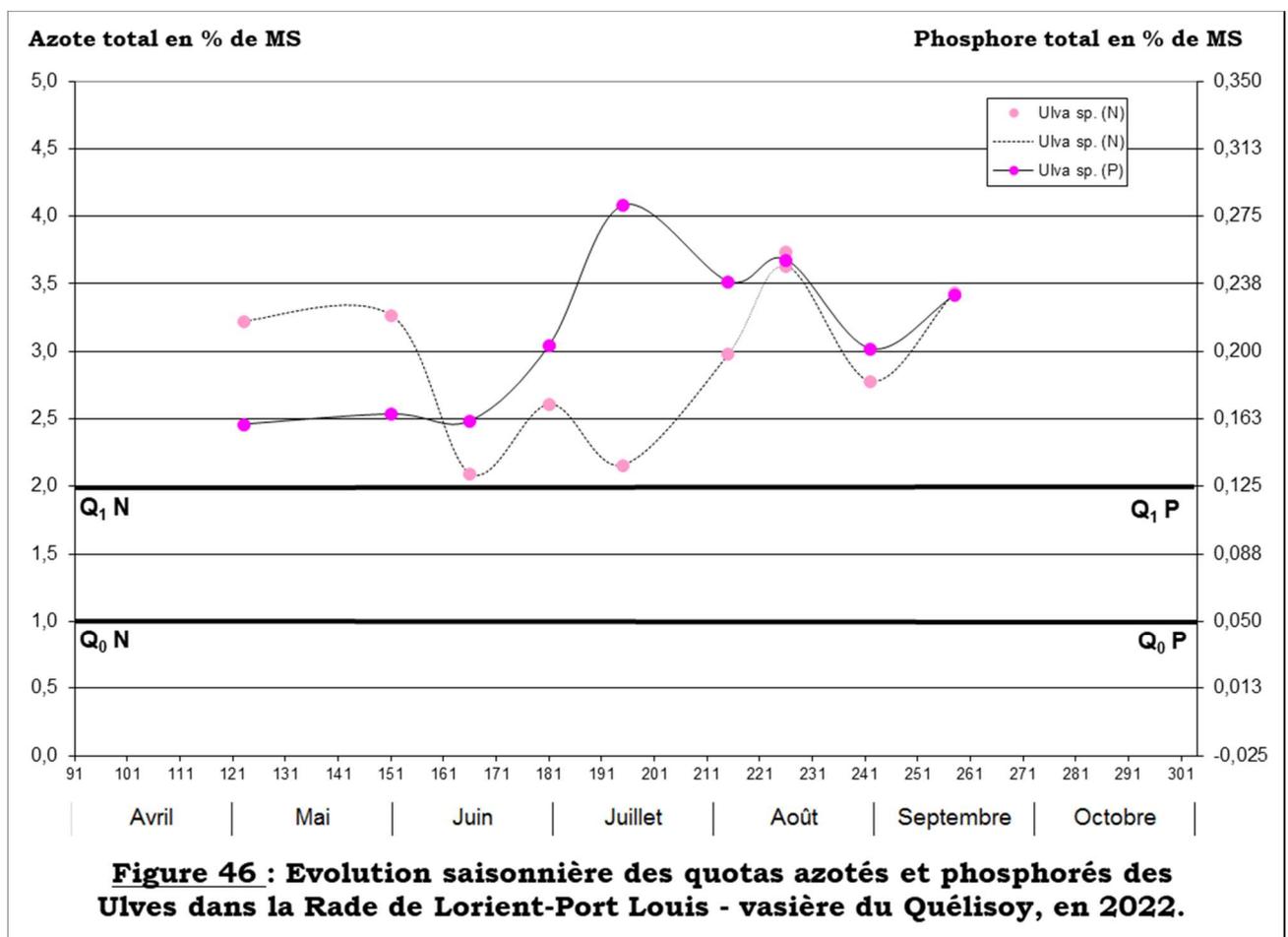
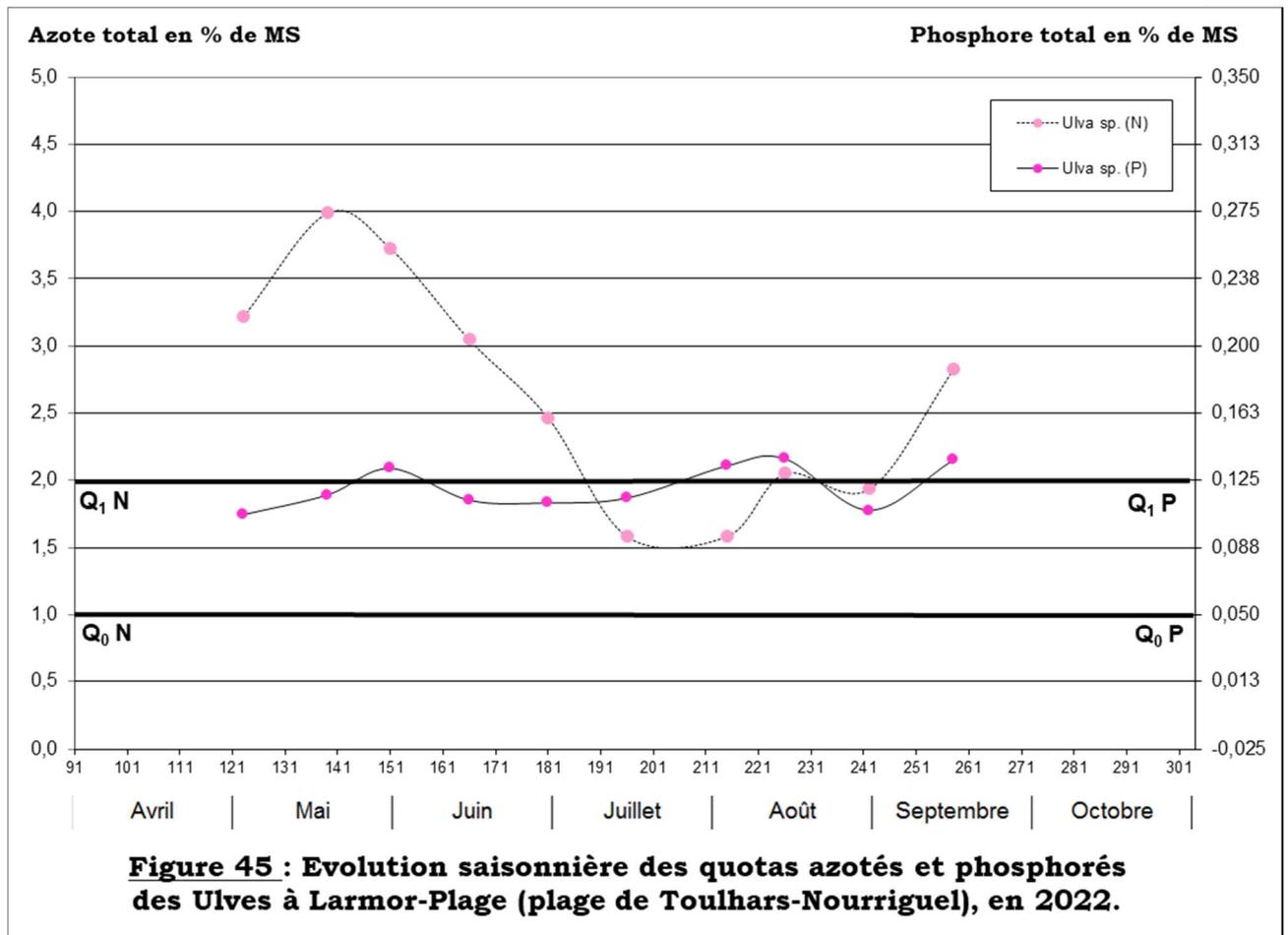


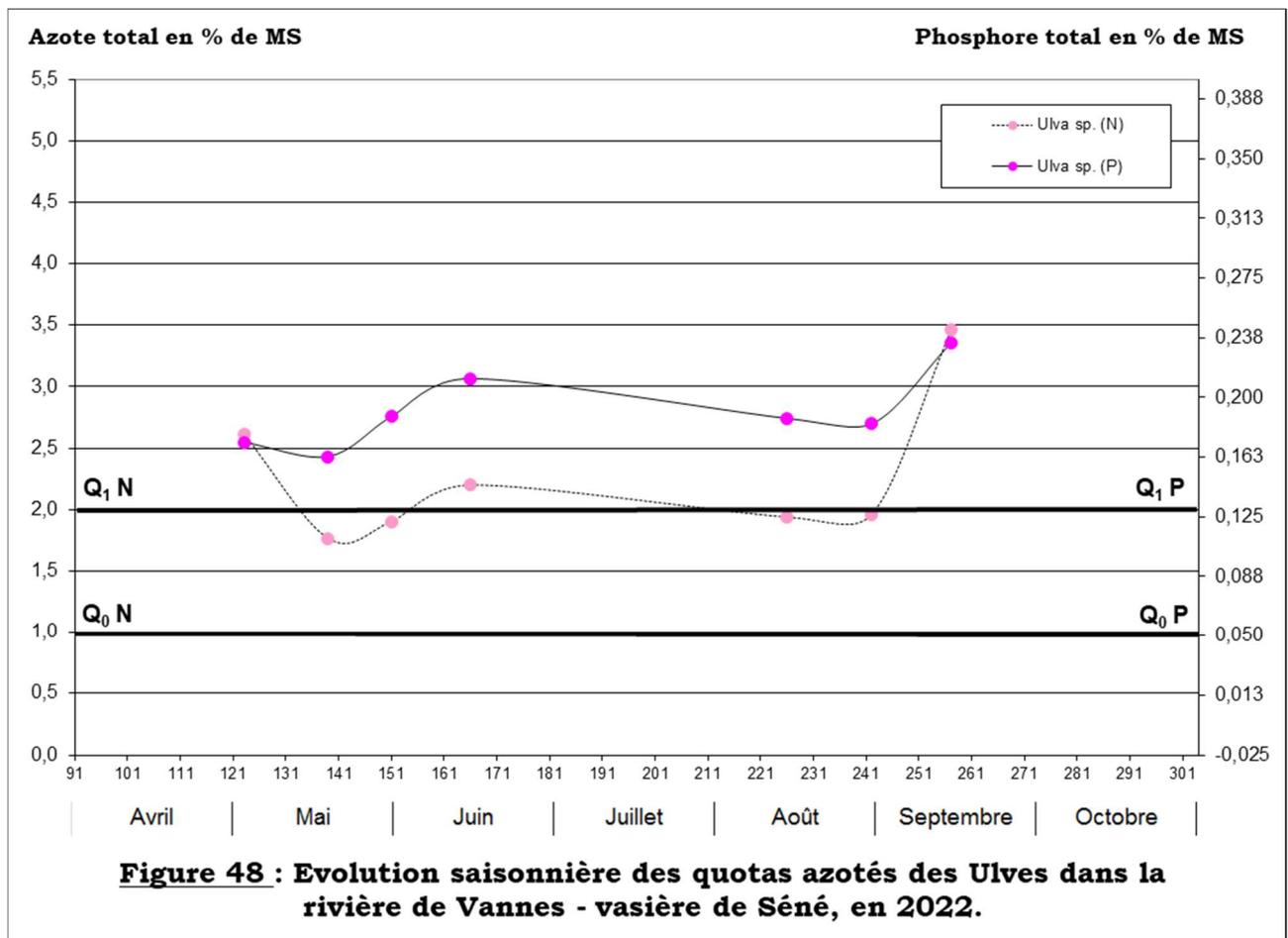
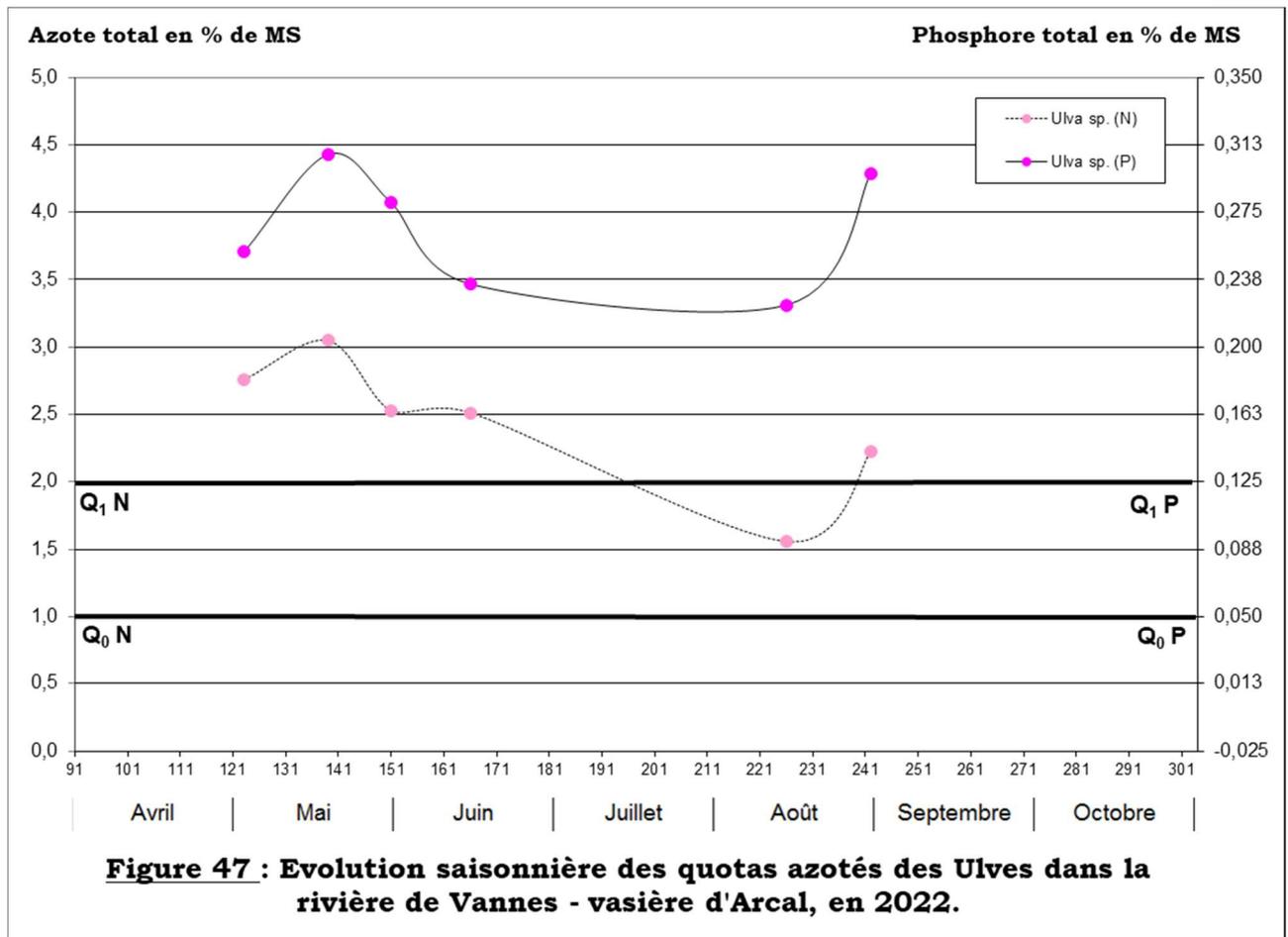
**Figure 38 : Evolution saisonnière des quotas azotés et phosphorés des Ulves dans l'Anse de Guissény - plage du club nautique et rideau du centre de la baie, en 2022.**

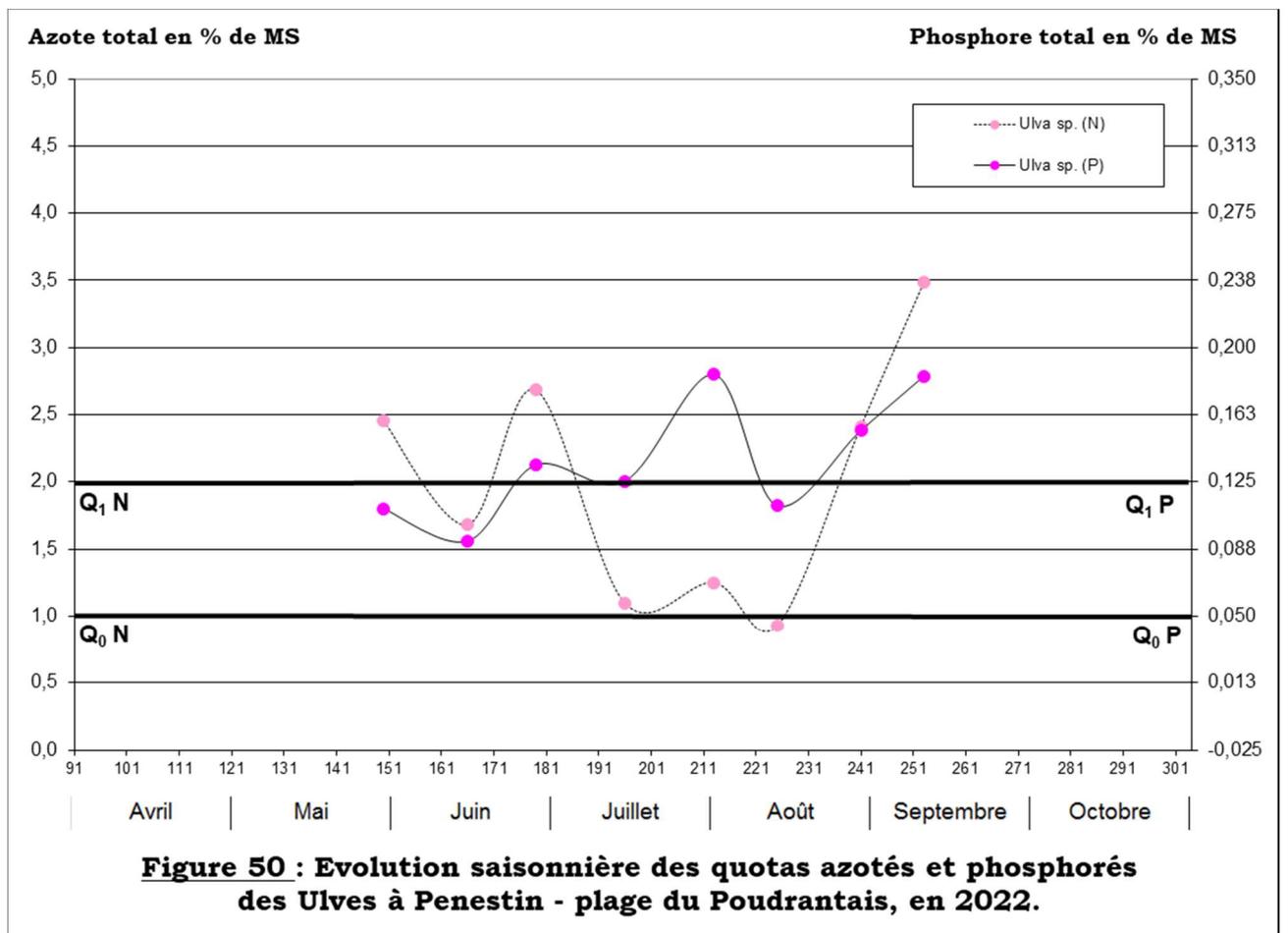
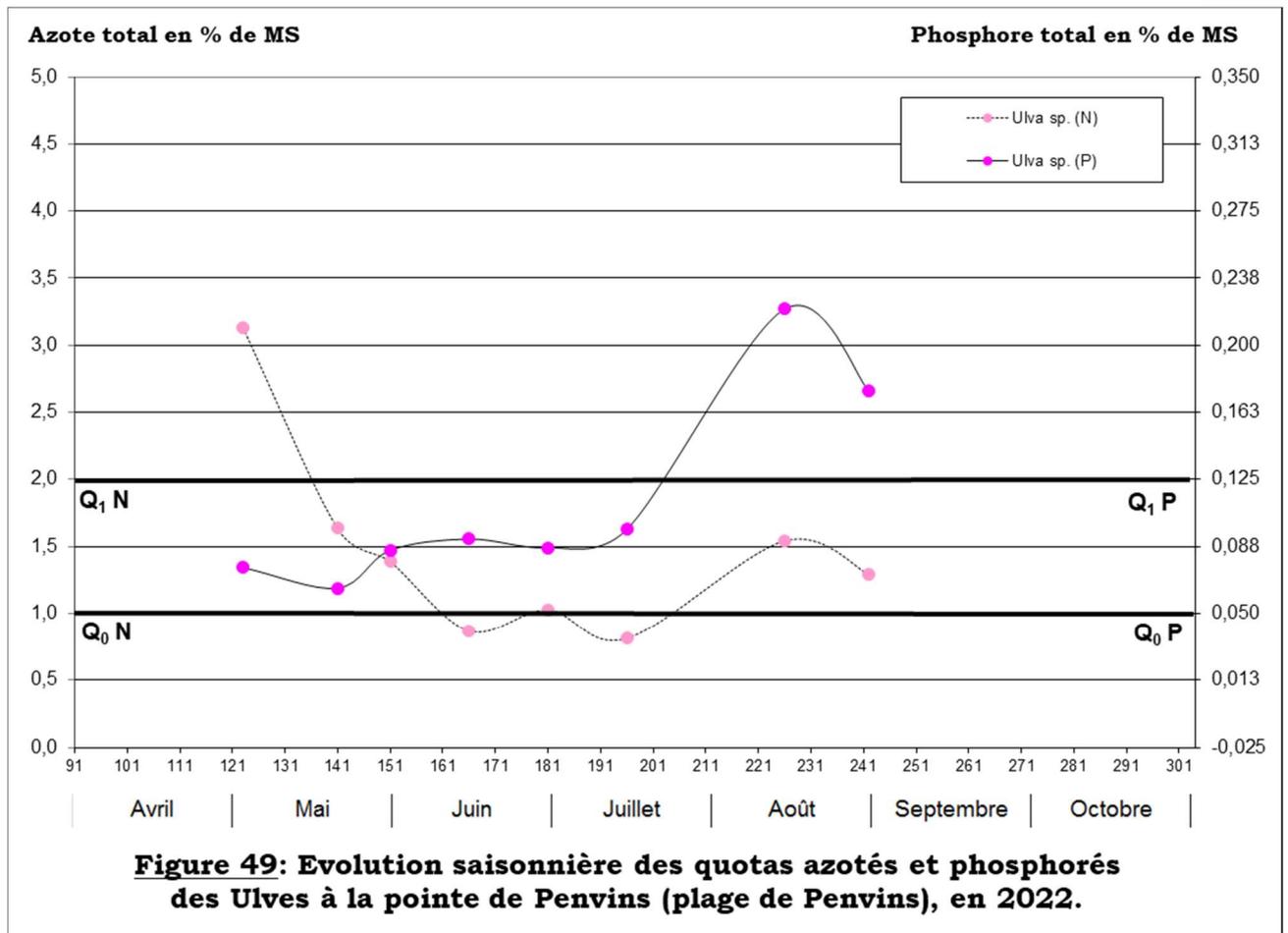














### 3.3.4. Evaluation des stocks totaux

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



## 4. CONCLUSION

Les différents suivis réalisés sur le littoral breton, dans le cadre du contrôle de surveillance RCS de la DCE complété par le présent réseau de contrôle opérationnel (RCO), permettent de caractériser la prolifération d'*Ulves* de l'année 2022.

- L'indicateur **dénombrement des sites touchés par des échouages d'*Ulves***, est au niveau le plus bas depuis 2007 (même nombre d'inventaire annuels) avec 75 sites touchés contre 93 sites en moyenne sur 2007-2021 (soit -19 %). Cet indicateur indique une **année 2022 plutôt précoce** (61 sites en mai) de faible prolifération estivale (41 sites soit 41 % de moins qu'en moyenne 2007-2021) et peu soutenue (36 sites en septembre soit 42 % de moins qu'en moyenne). En plus des *Ulves*, le suivi des sites montre en 2022 de nombreux sites qui sont touchés par des **proliférations d'autres algues que les *Ulves*** : **algues vertes filamenteuses** (10 sites), **algues filamenteuses brunes, rouges et vertes qui ont massivement touché la baie de Douarnenez et les baies de l'Est des Côtes d'Armor**. Ces baies, **historiquement touchées par de grosses proliférations d'*Ulves*** voient donc ces dernières années des proliférations **d'autres algues filamenteuses, en ligne avec la diminution de l'eutrophisation sur ces sites**. Il est donc primordial de bien surveiller la **composition spécifique des échouages** en plus de leurs simples couvertures.
- Les suivis surfaciques sur les sites sableux **décrivent de façon plus précise l'ampleur des proliférations** que le simple dénombrement qui ne tient pas compte de l'importance des couvertures dans les sites. Au niveau régional, la **prolifération apparaît précoce** (surfaces d'avril + mai 50 % supérieures au niveau moyen 2002-2021 et 30 fois supérieures au niveau très bas de 2020). Cette précocité **est le fait de deux secteurs de l'Est des Côtes d'Armor** (baie de Saint Briec et baie de la « Fresnaye ») **qui concentrent 93 % des surfaces mesurées sur l'ensemble des sites sableux** (contre 57 % en moyenne 2002-2021). En complément de cette situation mesurée sur les sites sableux, il est à noter (situation rencontrée aussi en 2019, 2020 et 2021 et dans des conditions météorologiques proches) que les **vasières du Golfe du Morbihan et de la Ria d'Etel** sont fortement couvertes d'algues vertes en avril et mai et présentent en certains points des putréfactions. La surface « régionale » couverte **augmente nettement en juin** (+ 36 %) et est conforme à la moyenne 2002-2021. Après cette mesure de juin, maximum annuel, les surfaces diminuent sensiblement en juillet puis fortement chaque mois jusqu'en septembre. La décroissance est moindre en octobre du fait de la remontée des surfaces sur la baie de Saint Briec. Cette diminution forte des surfaces d'échouage à partir de juin peut être mise en lien avec les flux d'azote, très bas notamment sur les baies de la « Fresnaye » et de Saint Briec (flux d'azote respectivement de 72 et 59 % inférieurs aux moyennes pluriannuelles sur mai-août) et la reprise d'octobre des surfaces sur la baie de Saint Briec, avec la reprise des écoulements et des flux, dès la fin septembre. Cette année atypique (très précoce sur 2 sites puis diminution rapide des proliférations sur ces deux mêmes sites) **engendre un cumul annuel 2022 qui est 20 % inférieur au niveau pluriannuel 2002-2021 et 45 % inférieur à l'année 2021**, de forte prolifération. Cette prolifération 2022 résulte de **démarrages très hétérogènes** suivant les sites (**très forte reconduction** sur 2 sites, baies de la « Fresnaye » et de Saint Briec en lien avec des stocks sur fin 2021 élevés et une configuration « protégée » de la dispersion et **quasi absence de reconduction d'*ulves*** sur les autres sites) puis de **conditions de croissance propres** à chaque site mais globalement affectées par des **flux d'azote devenant très bas en été** (surtout sur l'Est des Côtes d'Armor et la baie de Douarnenez). Les résultats **des suivis des vasières** (programme RCS) montrent une prolifération sur les 10 ME suivies chaque année depuis 2008 en légère diminution par rapport à 2021 mais restant cependant 25 % supérieur au niveau moyen 2008-2021 en grande partie du fait du niveau mesuré sur le Golfe du Morbihan. Ces niveaux **élevés, sur la plupart des ME** peuvent probablement **être en partie expliqués, comme en 2021, 2020 ou 2019, par les conditions de lumière intense en fin d'hiver/début de printemps** (fort ensoleillement de mars à mai) qui permettent un accroissement précoce des biomasses, dans des conditions de flux encore soutenus.
- Les suivis des **quotas azotés et phosphorés des *Ulves*** permettent d'établir le **statut nutritionnel** des algues sur les principaux sites. Cela est **particulièrement intéressant dans le cas d'années de proliférations atypiques**, afin de voir si les évolutions en surfaces mesurées sont **bien expliquées par les disponibilités en**



**nutriments.** La connaissance du statut nutritionnel des ulves associée à l'évolution des couvertures permet de mieux comprendre l'origine des évolutions observées. Ainsi l'absence d'*Ulves* **en début de saison sur la plupart des sites ne peut être imputée aux flux**, encore importants à cette période, ce qui est **attesté par les teneurs encore élevées dans les tissus des algues lors des premiers prélèvements**. Les suivis en **2022, année de flux bas voire très bas** sur certaines baies mettent clairement en évidence le rôle du **manque d'azote dans la diminution des proliférations de certains des sites**. Au contraire, pour d'autres ayant maintenu des proliférations soutenues, les teneurs en azote sont restées au-dessus des seuils de limitation, signe de la nécessité de **baisser encore plus fortement les apports pour obtenir un contrôle des proliférations** par les apports d'azote. Ces mesures d'indice d'eutrophisation permettent de mettre en lumière le statut des nutriments *vis a vis* de la croissance des *Ulves* et de bien montrer **l'impact de l'arrivée de flux importants d'azote en période « sensible »**, comme par exemple cela était clairement montré lors des reprises d'écoulement en juin/juillet 2021. Alors que le phosphore, sur la plupart des sites, reste **suffisamment disponible et non lié aux apports directs des cours d'eau**, sur certains sites, les niveaux **sont en position de limitation ou co-limitation** avec l'azote. Cela ne signifie pas pour autant qu'ils peuvent être utilisés comme **facteur de maîtrise**, les sources sédimentaires en phosphore n'étant *a priori* pas contrôlables.

- Les **données produites par ces suivis complémentaires sont essentielles**. Ces suivis permettent notamment une meilleure perception de l'importance de la prolifération annuelle (4 dates de mesure complémentaires) sans lesquels il serait **très difficile de caractériser la prolifération annuelle et de décrire les facteurs l'influençant**. Les mesures des quotas azotés et phosphorés donnent, quant à eux, **des éléments d'interprétation des évolutions** surfaciques observées. Ils permettent de mettre en évidence les paramètres nutritionnels qui expliquent la prolifération ou sa limitation et de préciser les niveaux d'abattement des flux qu'il faudra encore **envisager pour une limitation accrue des proliférations**. La prolifération 2017 a été de ce point de vue particulièrement riche : suite à un **hiver particulièrement peu dispersif** et dans un **contexte nutritionnel estival bas**, la prolifération y a été la plus **précoce de la série, puis les surfaces ont fortement diminué** laissant sur certains sites la place à d'autres espèces. Cette année particulière **renforce encore la mise en évidence du caractère pluriannuel** des proliférations. A l'opposé de 2017, l'année **2020** (cas proche de 2018) **a été l'année la plus tardive de la série**, en lien avec les paramètres de reconduction hivernale défavorables à un démarrage précoce. Une telle année permet de montrer que certains sites, malgré une absence d'algues sur le début de saison (jusqu'en fin juin pour certains en 2020), **parviennent, dans les conditions nutritionnelles actuelles, à des niveaux de biomasse sur les mois d'été qui sont très importants**. De plus, pour limiter les proliférations par les nutriments (azote), il convient donc de **baisser encore davantage les concentrations des cours d'eau** alimentant ces baies.
- **L'année 2021**, illustre bien le **lien aux flux sur la période de croissance**. Les flux bas sur l'est des Côtes d'Armor jusqu'à la mi-juin commençaient à brider la croissance des *Ulves* (indice nutritionnel N proche du seuil d'arrêt de la croissance QON) **ce qui a été totalement remis en cause par la reprise des écoulements** (flux multipliés par 10 en fin juin et ensuite restés soutenus jusqu'en septembre). Pour ce qui est de **l'année 2022, présentant des flux particulièrement faibles**, elle permet de **distinguer les sites sur lesquels la croissance a été fortement impactée** (jusqu'à une absence de prolifération d'ulves) **d'autres sites sur lesquels ces baisses de flux**, pourtant importantes (jusqu'à 30 ou 40 %) **ne suffisent pas**, sur une année, à limiter suffisamment la croissance des algues. Cette dernière année est aussi bien illustrative de l'importance de la reconduction pluri annuelle des stocks (forte prolifération en fin 2021 sur la « Fresnaye » et la baie de Saint-Brieuc ayant entraîné une grande précocité sur ces secteurs en 2022). Ces suivis **complémentaires permettent ces caractérisations fines**. Il est donc indispensable de les poursuivre pour compléter cette série de données historiques. Ils mettent notamment en évidence **un recul des proliférations déjà observé, malgré d'éventuels rebonds « conjoncturels » locaux et qui devrait se poursuivre à l'avenir avec la tendance à la baisse des flux azotés** en lien avec les concentrations dans les cours d'eau.



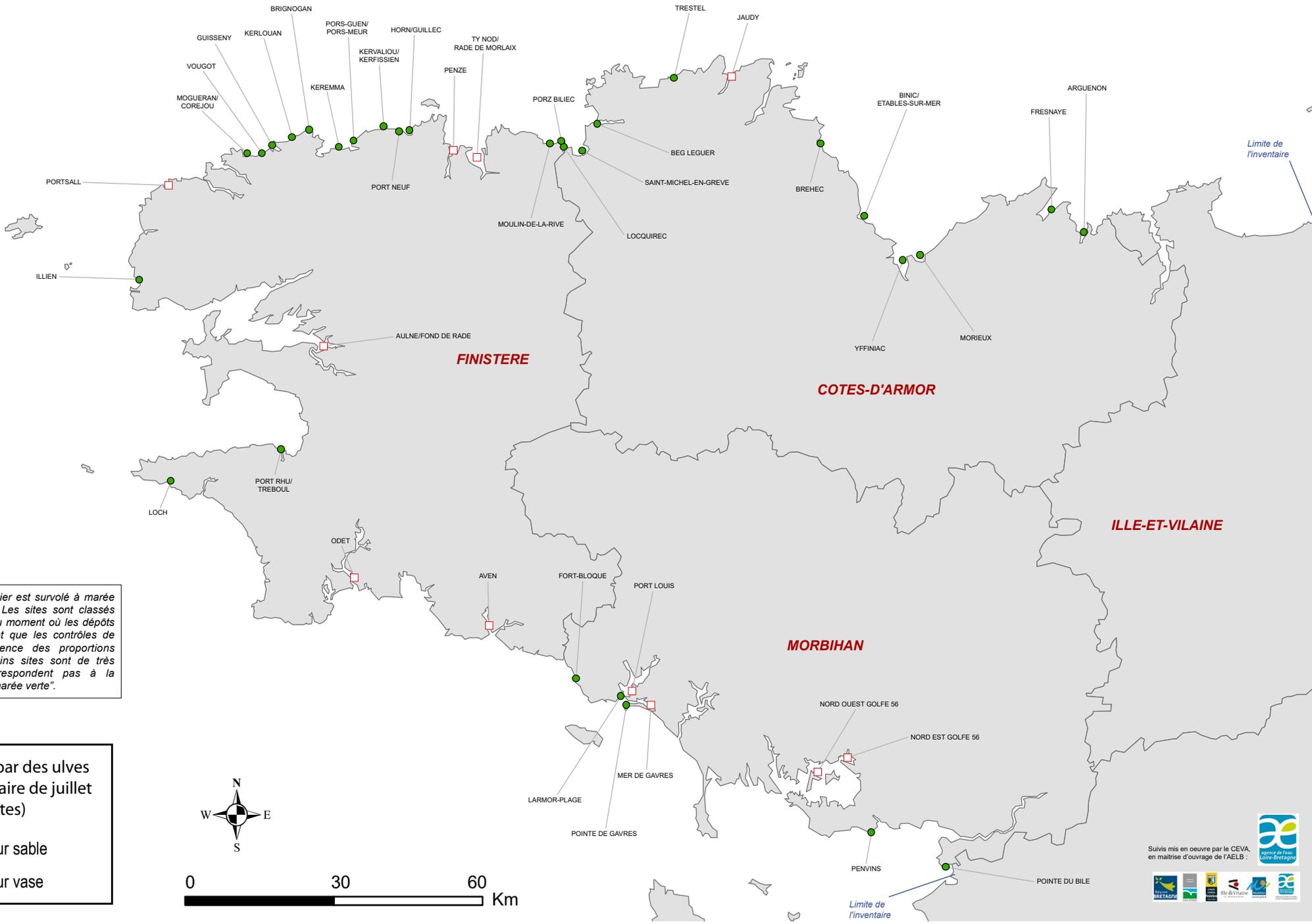
## ANNEXES



**ANNEXE 1**

SITES TOUCHES PAR DES ECHOUAGES D'ULVES EN MAI, JUILLET, SEPTEMBRE 2022

# Sites touchés par des échouages d'ulves juillet 2022

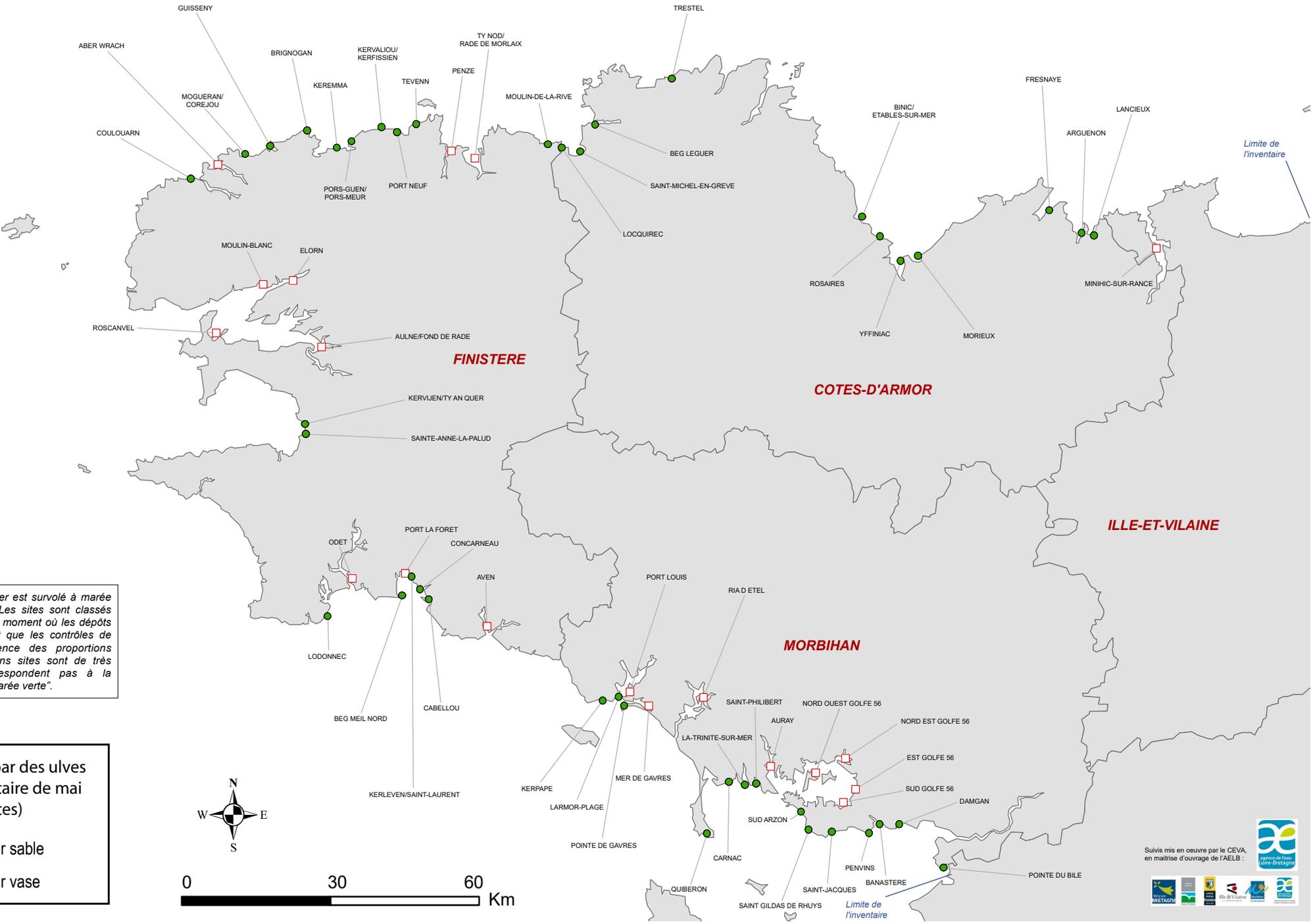


L'ensemble du linéaire côtier est survolé à marée basse de fort coefficient. Les sites sont classés comme touchés à partir du moment où les dépôts sont décelables d'avion et que les contrôles de terrain mettent en évidence des proportions anormales d'ulves. Certains sites sont de très petite taille et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

**Sites touchés par des ulves lors de l'inventaire de juillet (41 sites)**

- site sur sable
- site sur vase

# Sites touchés par des échouages d'ulves mai 2022



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 (61 sites)**

- site sur sable
- site sur vase

# Sites touchés par des échouages d'ulves septembre 2022



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  
(36 sites)**

- site sur sable
- site sur vase



**ANNEXE 2**

EXEMPLE DE FICHE DE CONTRÔLE TERRAIN POUR UN SITE

SAINTE-ANNE-LA-PALUD  
(29)



Dépôt dense et très étendu d'ectocarpales (100%).

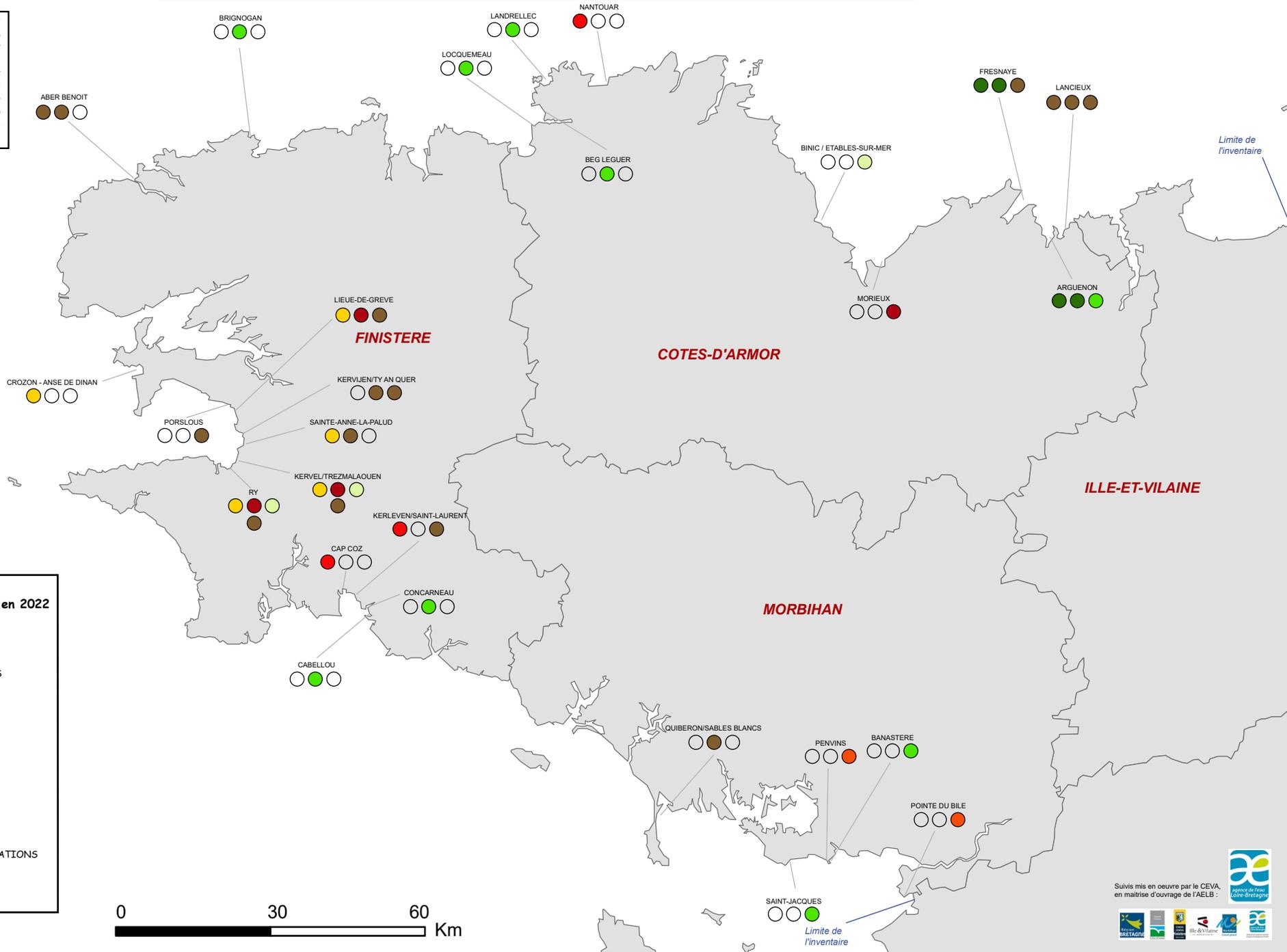


**ANNEXE 3**

SITES TOUCHES PAR DES PROLIFERATIONS D'AUTRES ALGUES EN 2022

# Sites touchés par des proliférations d'algues en 2022 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 d'algues autres que les ulves observées en 2022**

- ALGUES ROUGES
- SOLIERIA CHORDALIS
- ULVARIA OBSCURA
- ENTEROMORPHA SP.
- FALKENBERGIA
- ECTOCARPALES
- POLYSIPHONIA SP.
- CLADOPHORA SP.

○ ABSENCE D'AUTRES PROLIFERATIONS

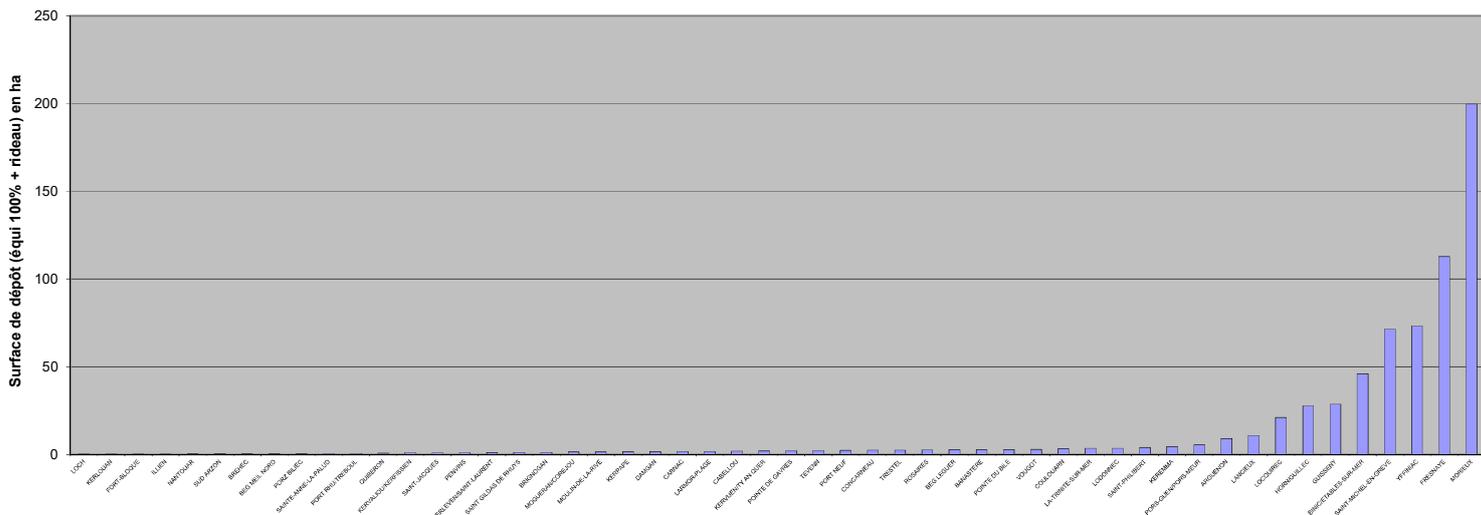
○ ○ ○  
mai juillet septembre



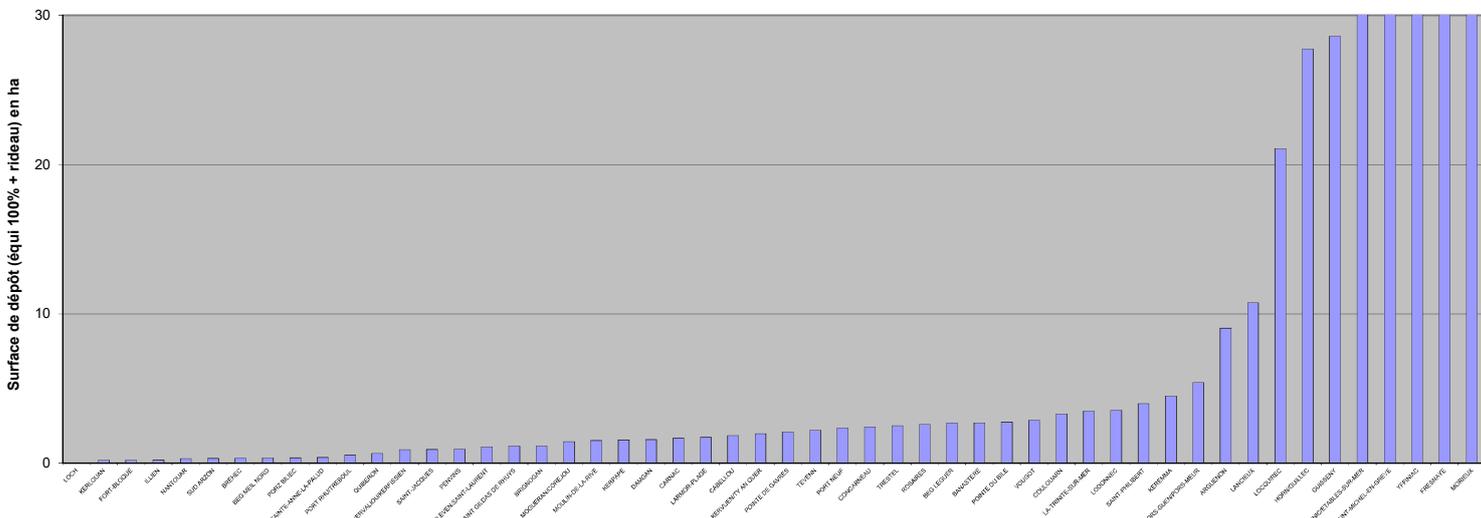
## ANNEXE 4

TAILLE MAXIMUM DES SITES A ULVES SUR PLAGES EN 2022

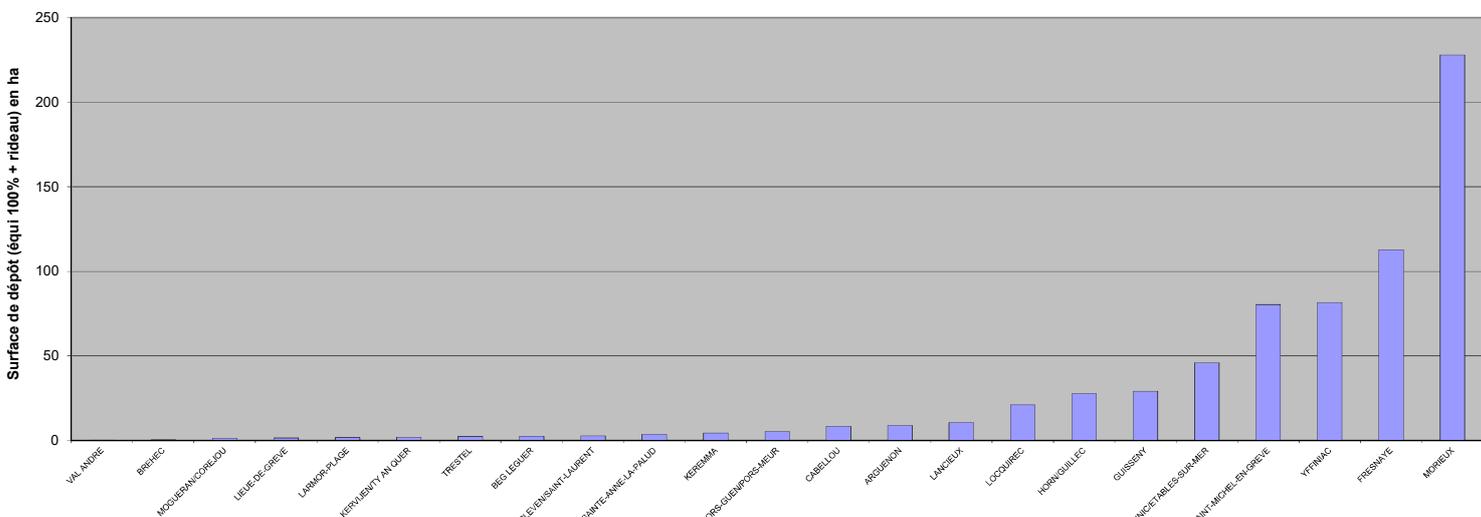
Surface maximale des dépôts d'ulves sur les sites sur sable en 2022 (3 inventaires)



Surface maximale des dépôts d'ulves sur les sites sur sable en 2022 (3 inventaires)



Surface maximale des dépôts d'ulves sur les sites sur sable en 2022 (7 inventaires)





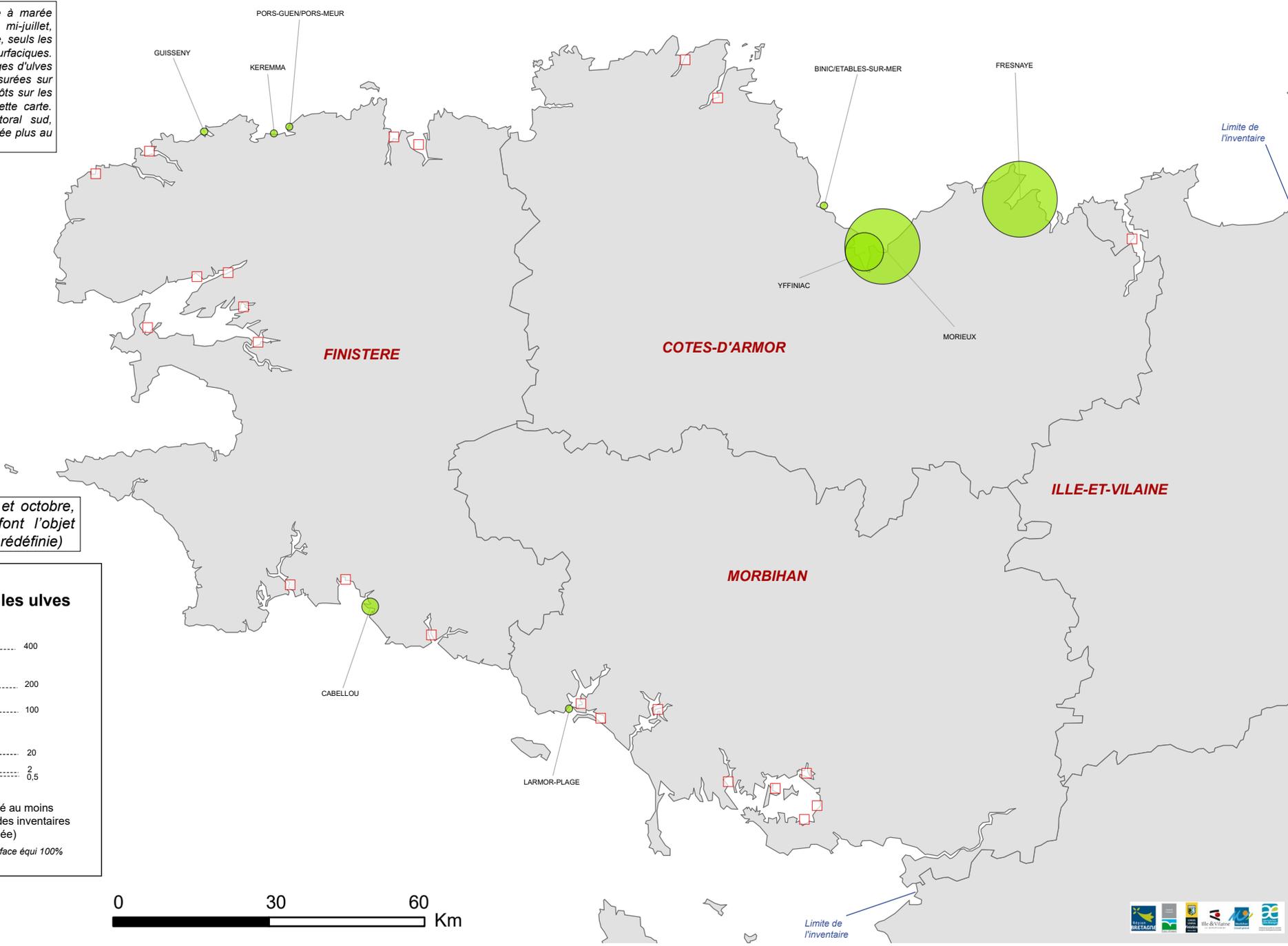
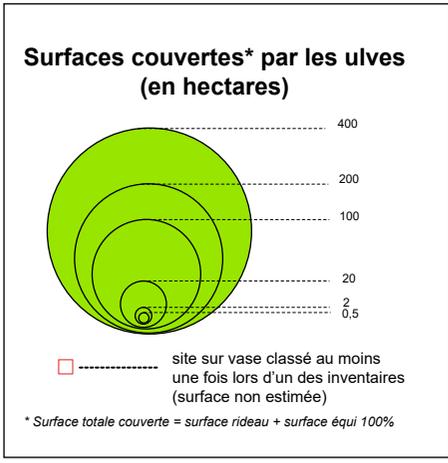
## ANNEXE 5

- SURFACES COUVERTES PAR SITE POUR LES MISSIONS D'AVRIL A OCTOBRE 2022
- SURFACES COUVERTES PAR SITE POUR LES MISSIONS D'AVRIL A OCTOBRE DES ANNEES 2002 à 2022
- SURFACES COUVERTES PAR SITE D'AVRIL A OCTOBRE EN MOYENNE SUR 2002-2013

# Surfaces couvertes par les ulves avril 2022

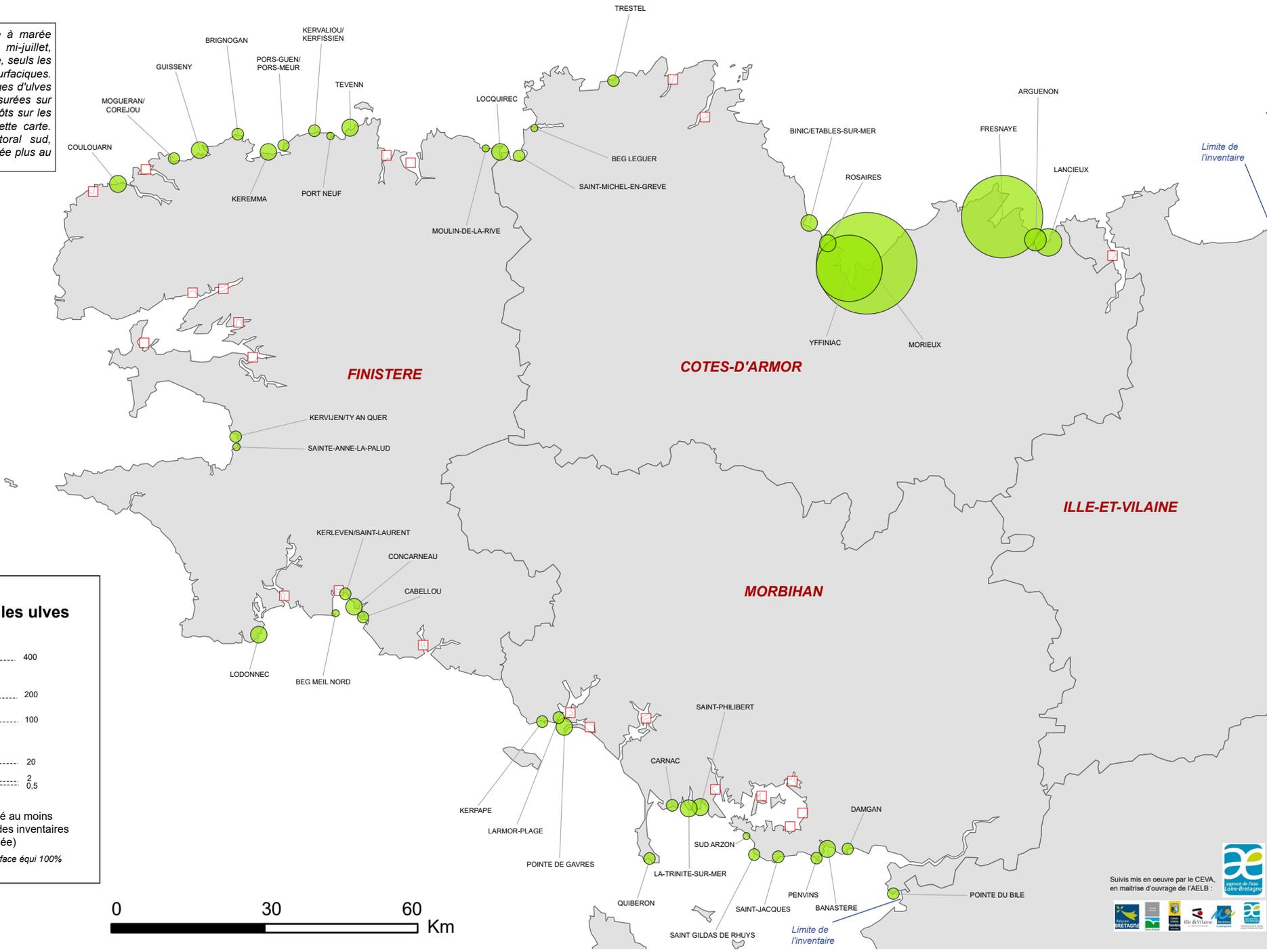
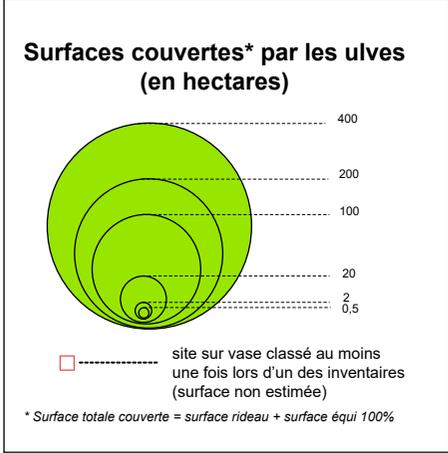
L'ensemble du linéaire côtier est survolé à marée basse de fort coefficient à la mi-mai, mi-juillet, mi-septembre. En avril, juin, août et octobre, seuls les sites principaux font l'objet d'estimations surfaciques. Pour tous les sites présentant des échouages d'ulves sur sable, les surfaces de dépôt 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 2022

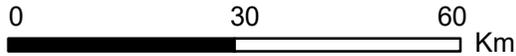
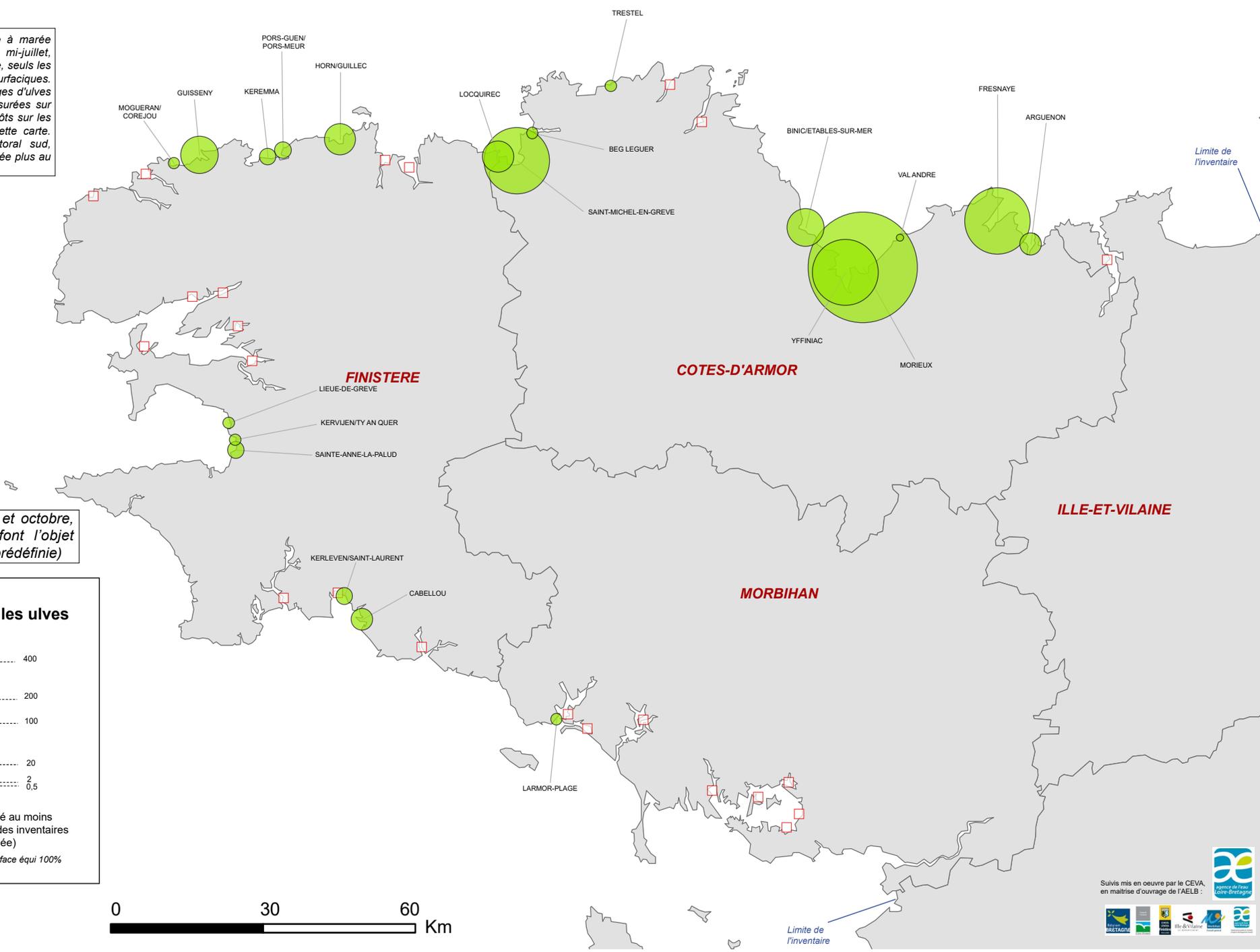
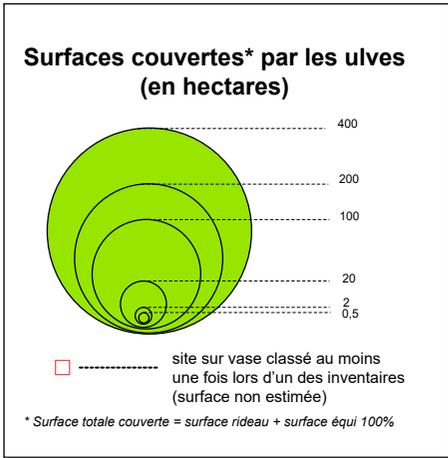
L'ensemble du linéaire côtier est survolé à marée basse de fort coefficient à la mi-mai, mi-juillet, mi-septembre. En avril, juin, août et octobre, seuls les sites principaux font l'objet d'estimations surfaciques. Pour tous les sites présentant des échouages d'ulves sur sable, les surfaces de dépôt 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 2022

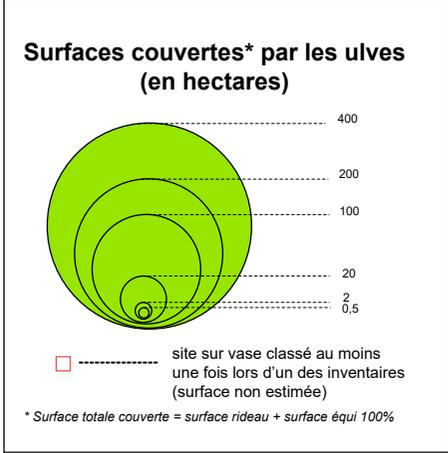
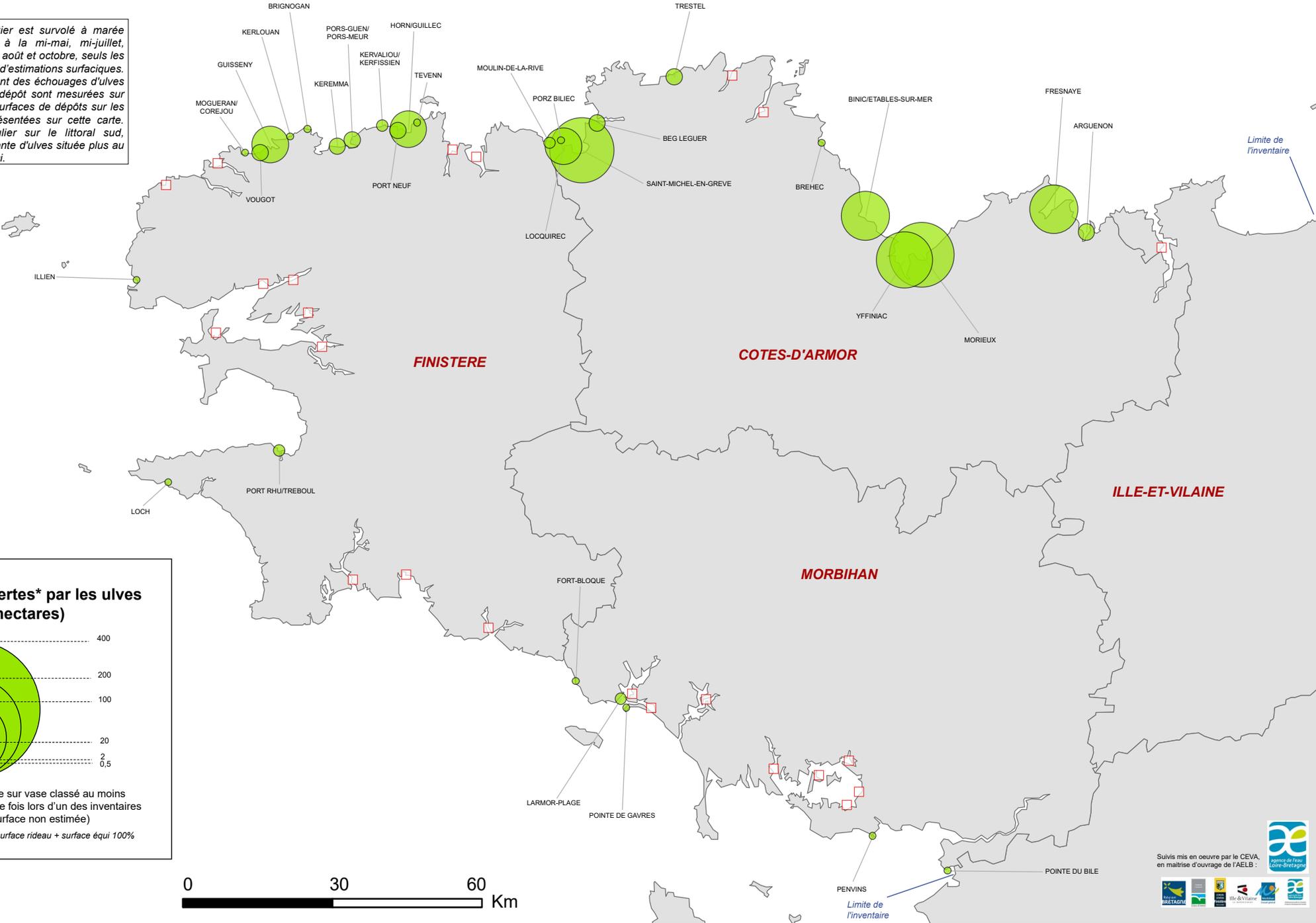
L'ensemble du linéaire côtier est survolé à marée basse de fort coefficient à la mi-mai, mi-juillet, mi-septembre. En avril, juin, août et octobre, seuls les sites principaux font l'objet d'estimations surfaciques. Pour tous les sites présentant des échouages d'ulves sur sable, les surfaces de dépôt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

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



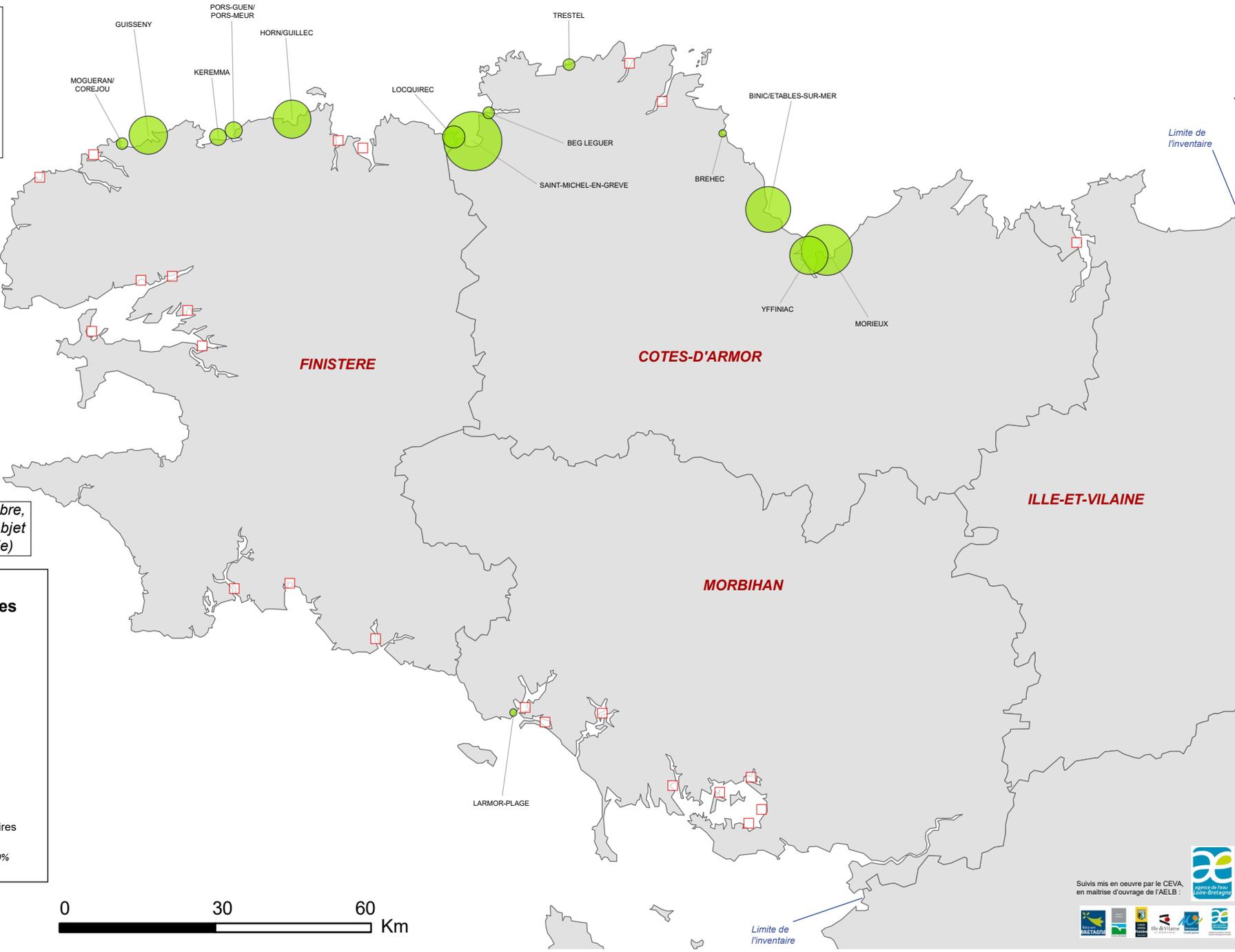
# Surfaces couvertes par les ulves juillet 2022

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.

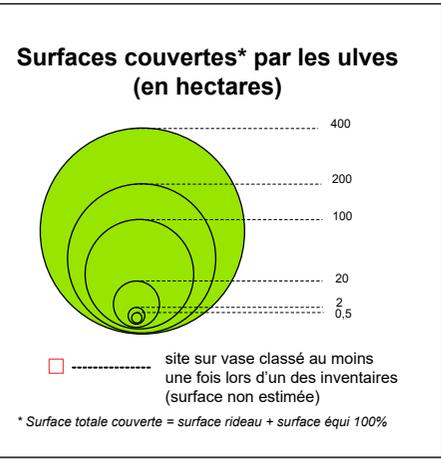


# Surfaces couvertes par les ulves août 2022

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.

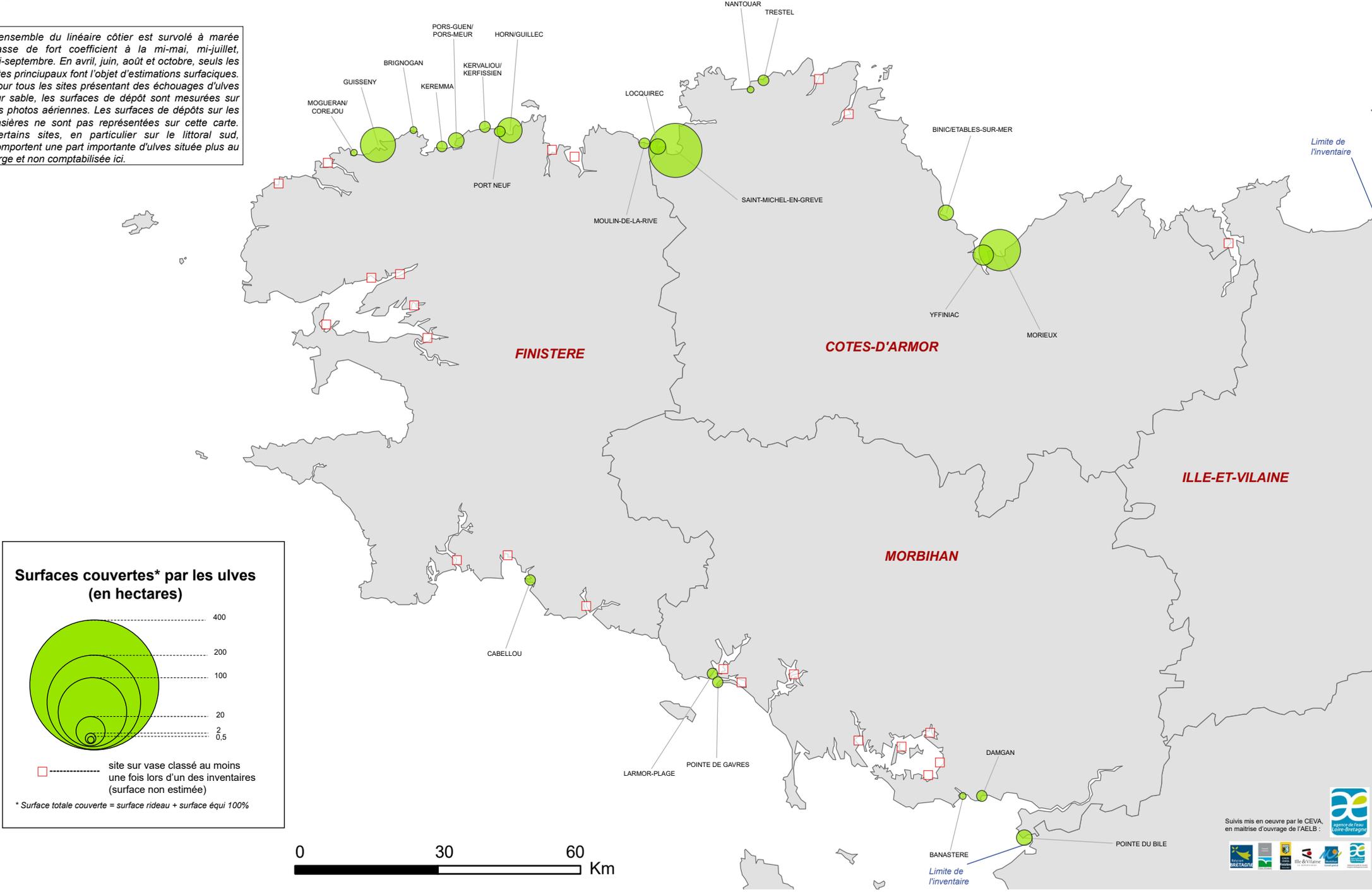


**A noter :** en avril, juin, août et octobre, seuls les sites principaux font l'objet d'évaluation surfacique (liste prédéfinie)



# Surfaces couvertes par les ulves septembre 2022

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 (en hectares)

Circle 1 (outermost)	400
Circle 2	200
Circle 3	100
Circle 4	20
Circle 5	2
Circle 6 (innermost)	0,5

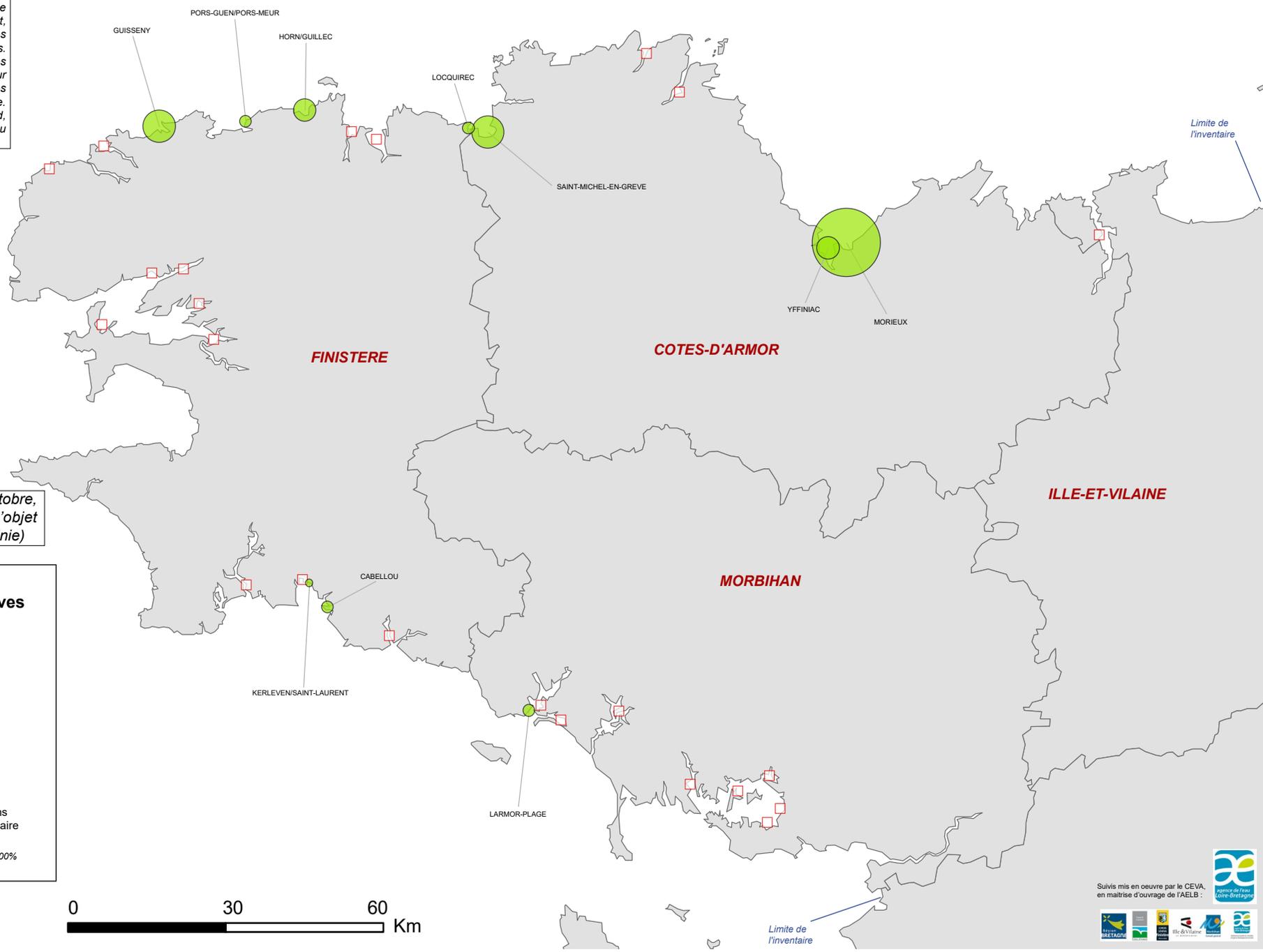
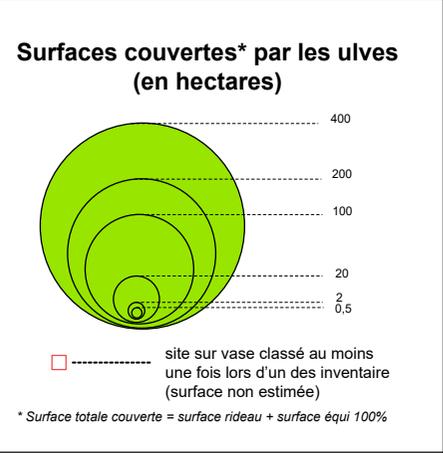
site sur vase classé au moins une fois lors d'un des inventaires (surface non estimée)

\* Surface totale couverte = surface rideau + surface équi 100%

# Surfaces couvertes par les ulves octobre 2022

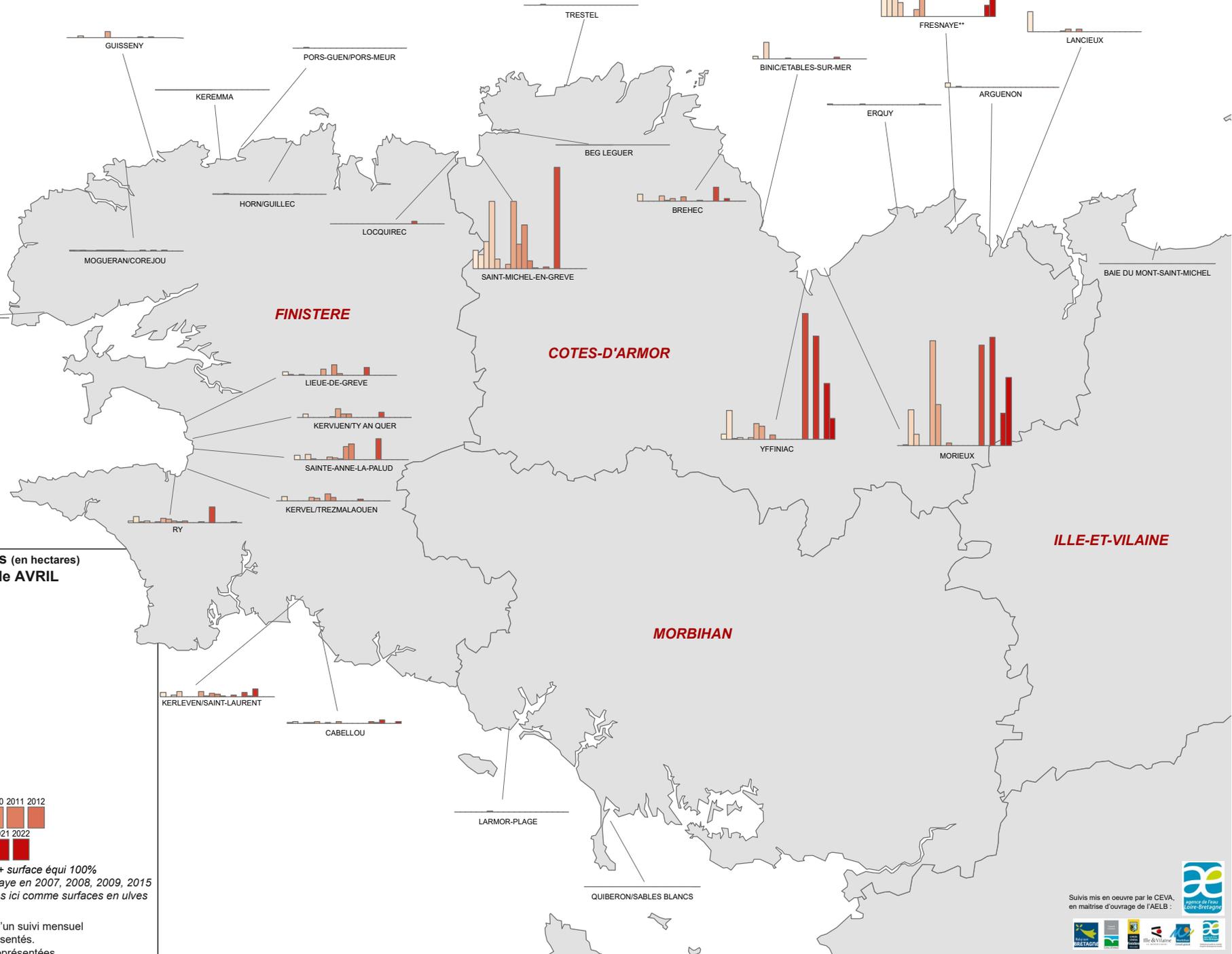
L'ensemble du linéaire côtier est survolé à marée basse de fort coefficient à la mi-mai, mi-juillet, mi-septembre. En avril, juin, août et octobre, seuls les sites principaux font l'objet d'estimations surfaciques. Pour tous les sites présentant des échouages d'ulves sur sable, les surfaces de dépôt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

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

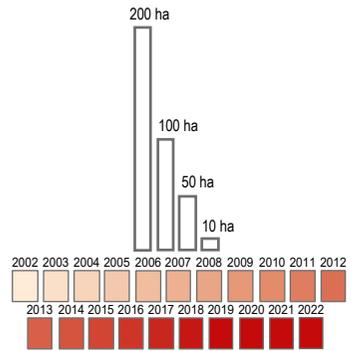


# Variation des échouages d'ulves sur les principaux sites entre 2002 et 2022 (situation d'avril)

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 de AVRIL de 2002 à 2022:



\* surface totale couverte = surface riveau + surface équi 100%  
 \*\* dépôts d'Ulvaria ("ulvoïde") sur la baie de la Fresnaye en 2007, 2008, 2009, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021 et 2022 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

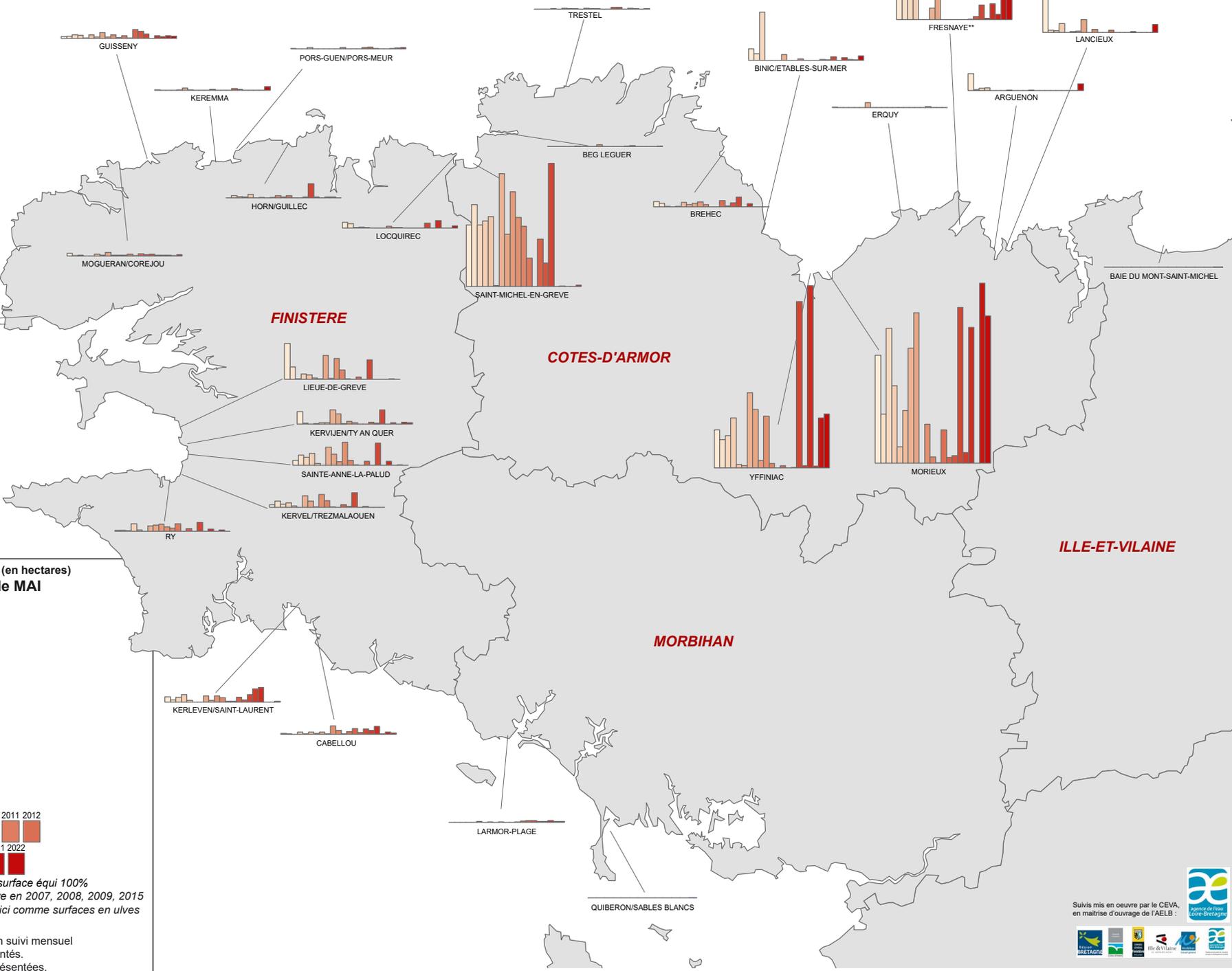
MORBIHAN

COTES-D'ARMOR

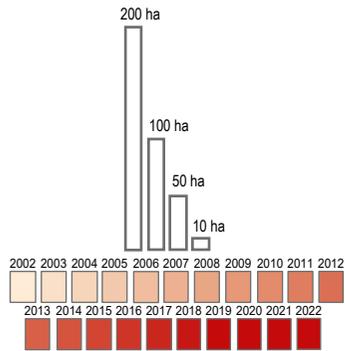
FINISTERE

# Variation des échouages d'ulves sur les principaux sites entre 2002 et 2022 (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 2022:

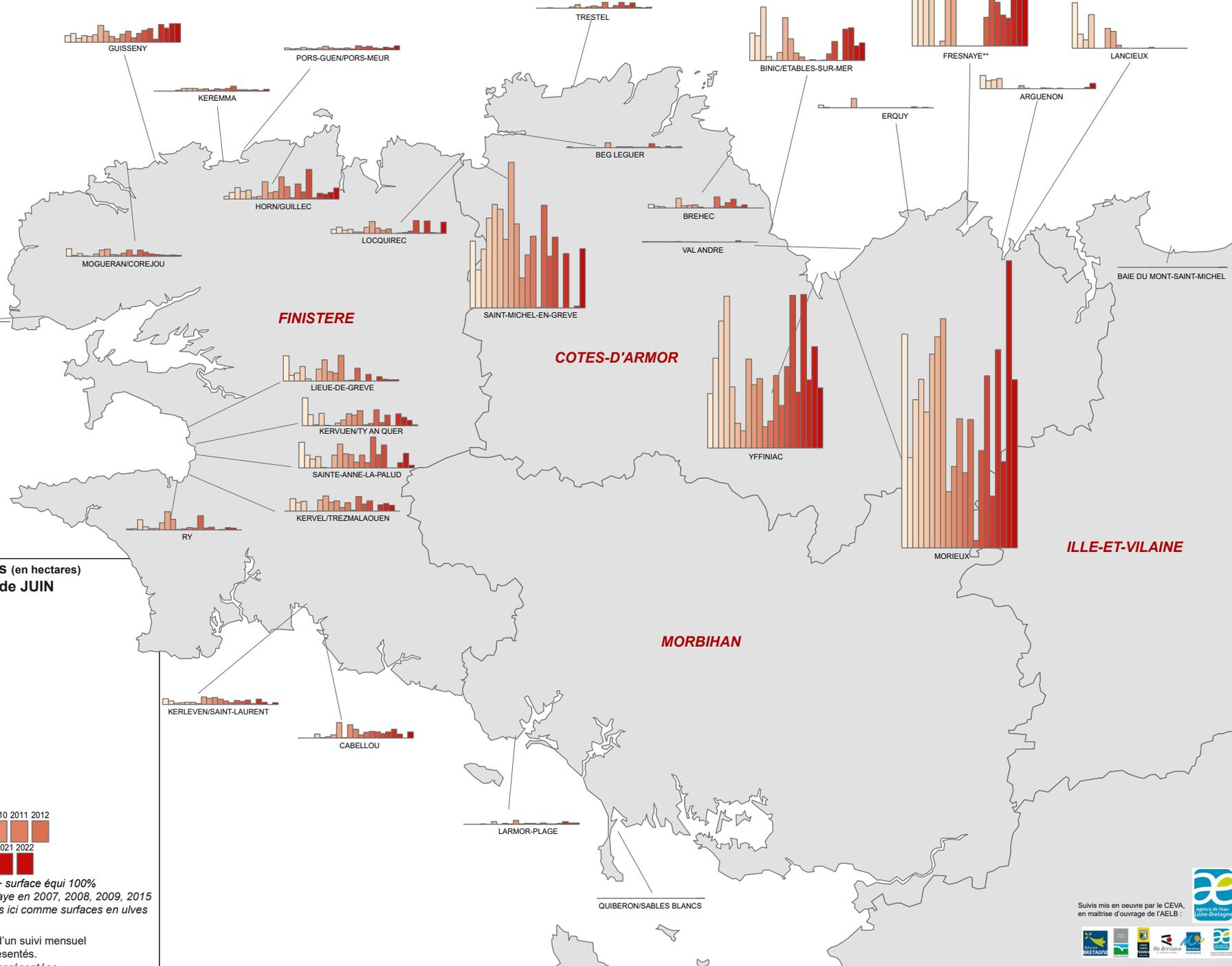


\* surface totale couverte = surface rideau + surface équi 100%  
 \*\* dépôts d'Ulvaria ("ulvoïde") sur la baie de la Fresnaye en 2007, 2008, 2009, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021 et 2022 intégrés ici comme surfaces en ulves

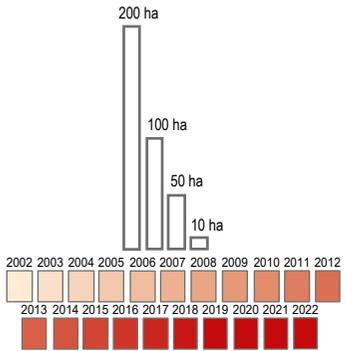
Seuls les sites de "plage" faisant l'objet d'un suivi mensuel entre avril et octobre sont représentés. Surfaces des sites de vase non représentées.

# Variation des échouages d'ulves sur les principaux sites entre 2002 et 2022 (situation de juin)

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



## Somme des surfaces\* couvertes (en hectares) par les ulves pour le mois de JUIN de 2002 à 2022:

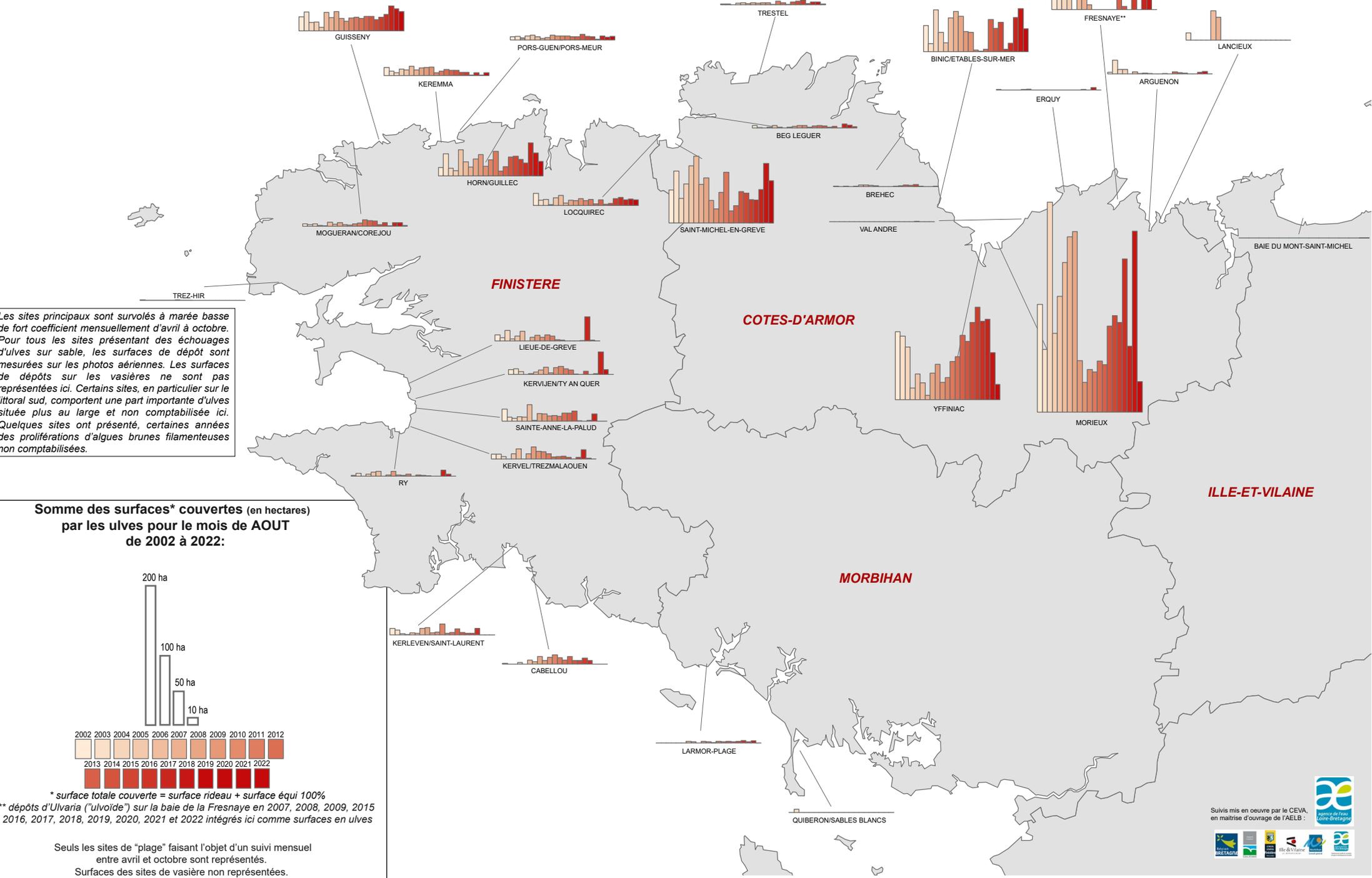


\* surface totale couverte = surface rideau + surface équi 100%  
 \*\* dépôts d'Ulvaria ("ulvoïde") sur la baie de la Fresnaye en 2007, 2008, 2009, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021 et 2022 intégrés ici comme surfaces en ulves

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

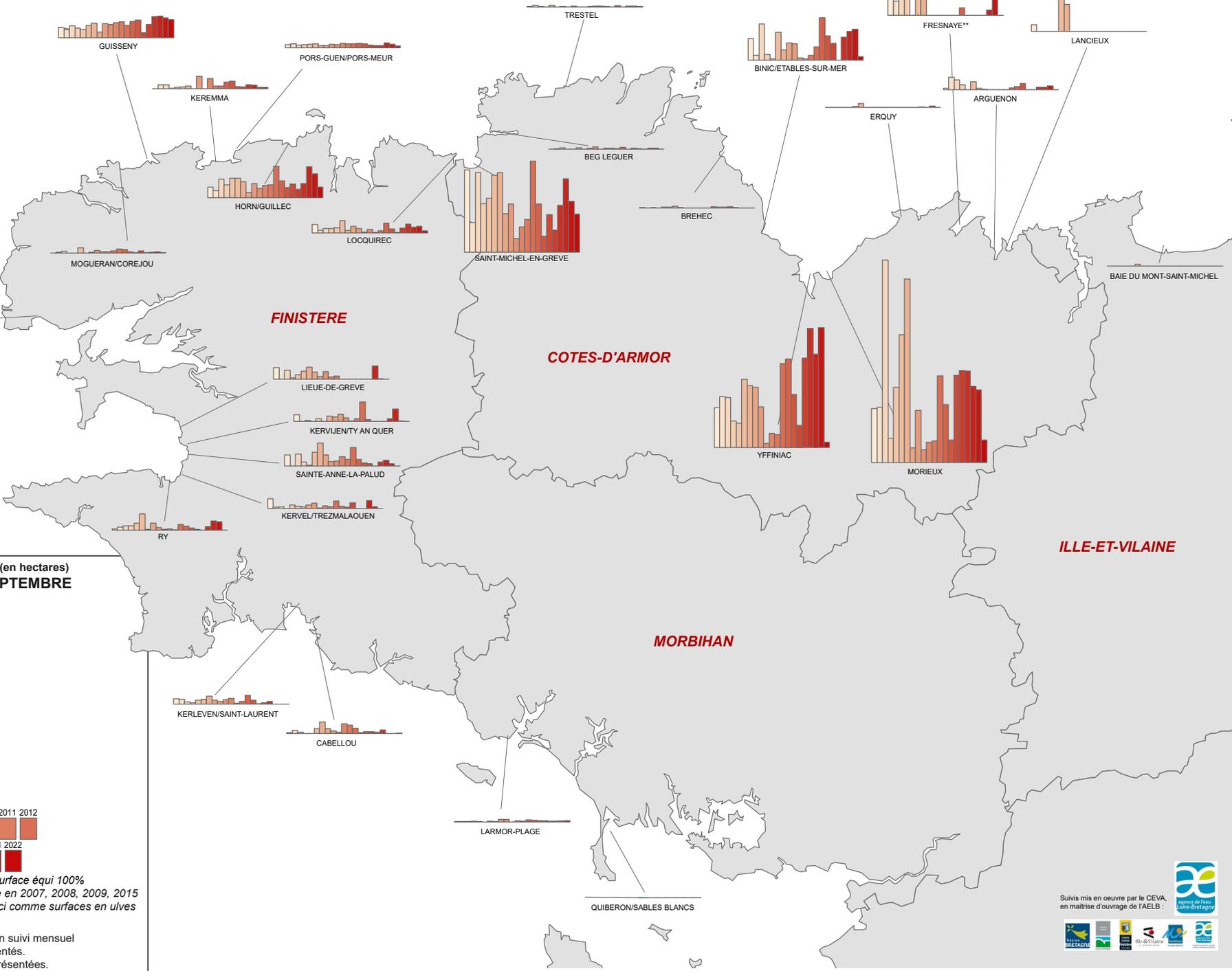


# Variation des échouages d'ulves sur les principaux sites entre 2002 et 2022 (situation d'août)

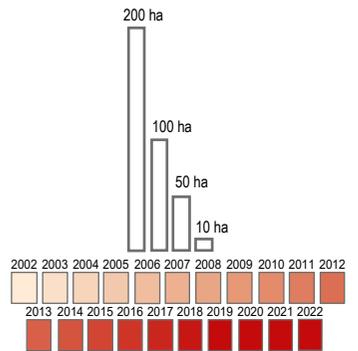


# Variation des échouages d'ulves sur les principaux sites entre 2002 et 2022 (situation de septembre)

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.



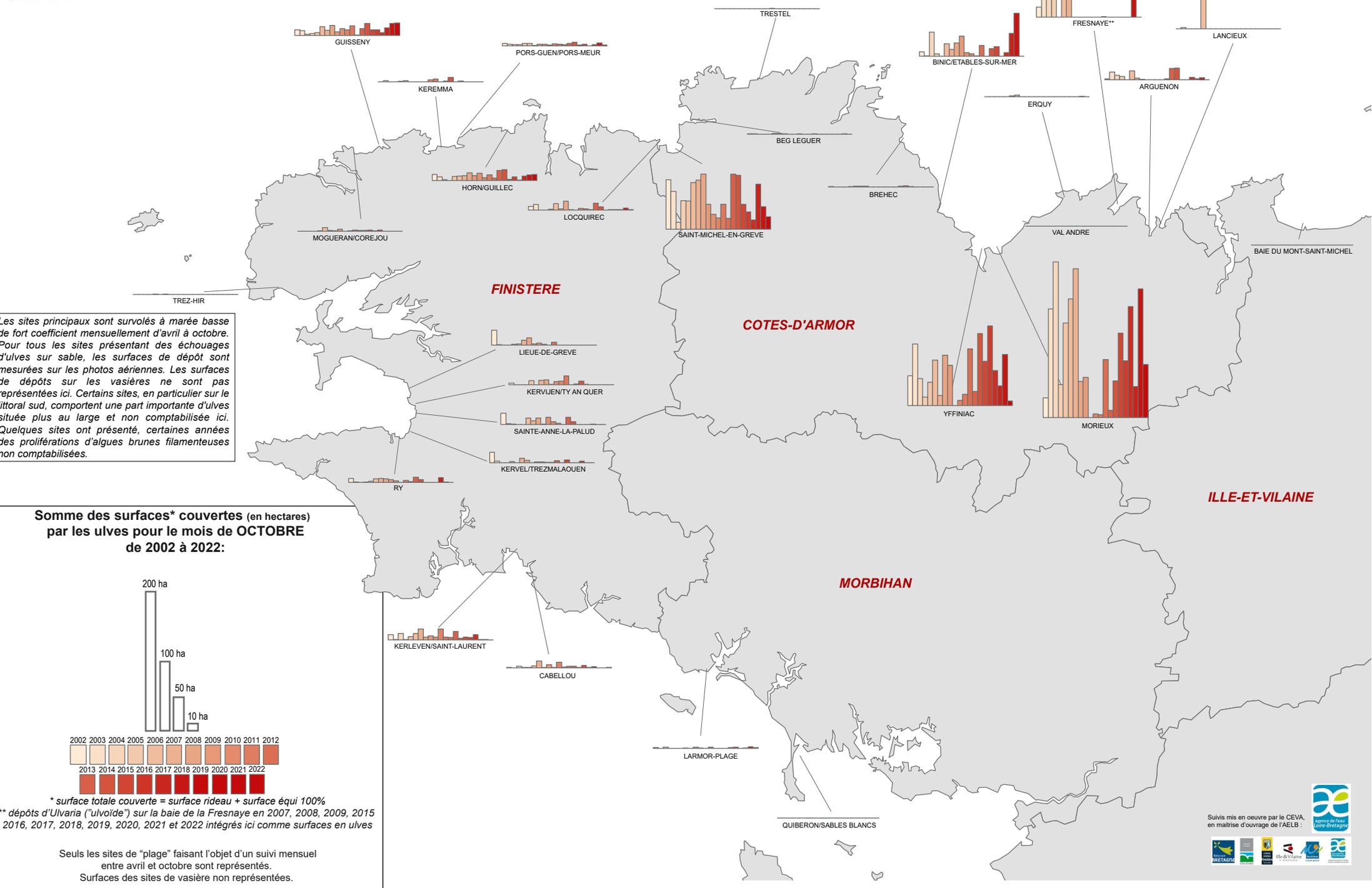
## Somme des surfaces\* couvertes (en hectares) par les ulves pour le mois de SEPTEMBRE de 2002 à 2022:



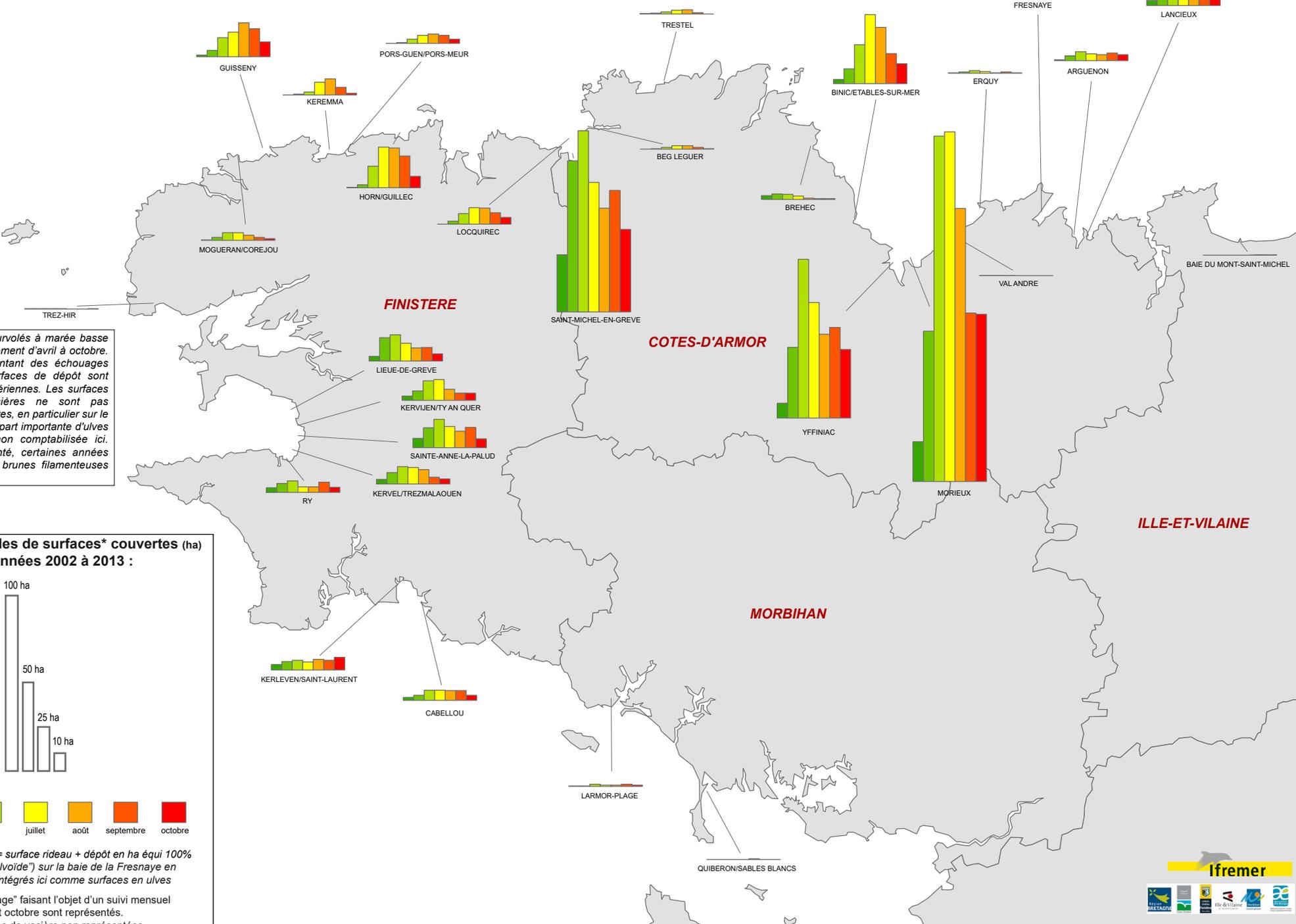
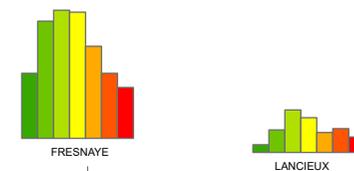
\* surface totale couverte = surface rideau + surface équi 100%  
 \*\* dépôts d'Ulvaria ("ulvoïde") sur la baie de la Fresnaye en 2007, 2008, 2009, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021 et 2022 intégrés ici comme surfaces en ulves

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

# Variation des échouages d'ulves sur les principaux sites entre 2002 et 2022 (situation d'octobre)

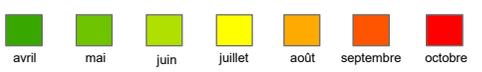
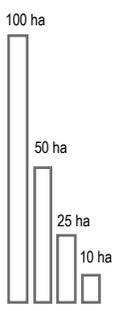


# Evolutions mensuelles des échouages d'ulves sur les principaux sites d'avril à octobre (moyenne des mesures de 2002 à 2013)



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

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



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

ILLE-ET-VILAINE

MORBIHAN

COTES-D'ARMOR

FINISTERE



**ANNEXE 6**

FICHES DE SYNTHÈSE POUR LES PRINCIPAUX SITES POUR 2022

# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2022 sur le site BAIE DU MONT SAINT MICHEL

16/04/2022



16/05/2022



14/06/2022



12/07/2022



12/08/2022 : absence d'ulves, 100% Ab desséchées en haut de plage



10/09/2022



08/10/2022



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2022 sur le site TROCTIN

16/04/2022



16/05/2022



14/06/2022



12/07/2022



12/08/2022



10/09/2022



08/10/2022



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2022 sur le site SAINT JOUAN DES GUERETS

16/04/2022



16/05/2022 : 95% Entéromorphes/5% Ulves



14/06/2022 : 95% Entéromorphes/5% Ulves



12/07/2022 : 94% Entéromorphes/6% Ulves



12/08/2022 : 100 % Entéromorphes



10/09/2022 : 100% Entéromorphes



08/10/2022 : 100% Entéromorphes



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2022 sur le site LANCIEUX

16/04/2022



16/05/2022 : 10-70% Ulves/5-15% Cladophora/10-80% Ectocarpales



14/06/2022 : 100% Cladophora



12/07/2022 : 100% Ectocarpales



12/08/2022 : 80 % Ectocarpales / 20% Ab



10/09/2022 : 100% Ectocarpales

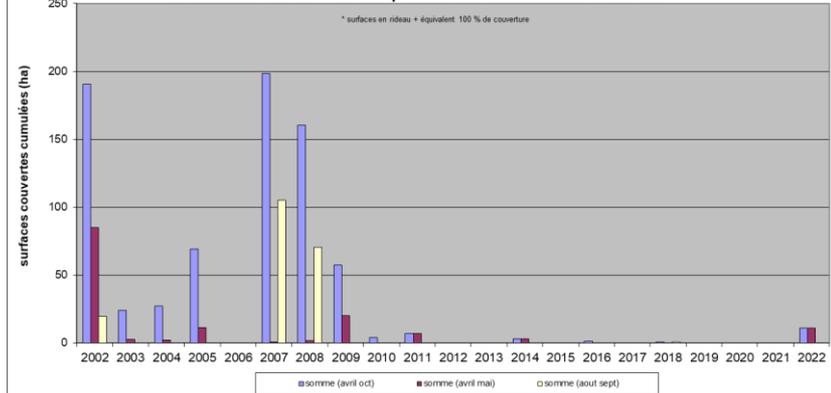


08/10/2022 : 97% Ectocarpales/2% Ab/1% Ar



### Evolutions interannuelles 2002-2022 par saison

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



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2022 sur le site ARGUENON

16/04/2022



16/05/2022 : 80-90% Ulves-Ulvaria/0-15% Ab/5-10% zostères



14/06/2022 : 90% Ulvaria/10% Ab



12/07/2022 : 65-90% Ulves/0-20% Entéromorphes/ 5-10% Ab/5-10% Ar



12/08/2022 : 90% Ab/10% Ulves



10/09/2022 : 10-15% Ulves/55-60% Entéromorphes/25% Ab/5% Ar

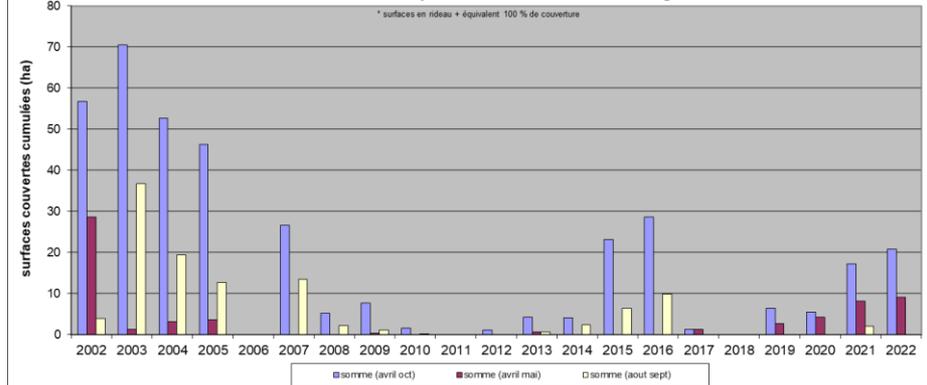


08/10/2022 : 50% Ab/10% Ectocarpales sp./10% Ar/24% Ulves/6% Entéromorphes



## Evolutions interannuelles 2002-2022 par saison

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



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2022 sur le site FRESNAYE

16/04/2022 : 95-100% *Ulvaria obscura*/0-5% Ab



16/05/2022 : 100% *Ulvaria obscura*



14/06/2022 : 100% *Ulvaria obscura*



12/07/2022 : 95-100% *Ulvaria obscura*/0-5% *Ectocarpales*



12/08/2022 : 95% *Ectocarpales*/5% *Ulvaria obscura*



10/09/2022 : 45-88% *Ectocarpales sp.*/10-35% *Aglaothamnion-Polysiphonia*/ $<$ 1-10% *Ulves-Ulvaria*

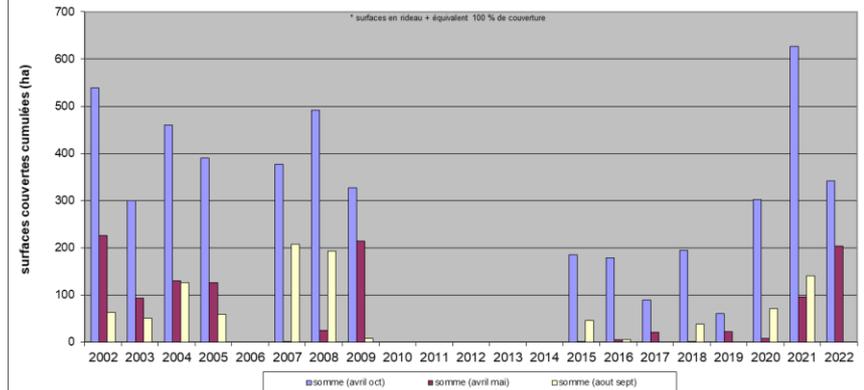


08/10/2022 : 0-95% *Ectocarpales sp.*/0-10% Ab/0-75% *Polysiphonia sp.*/0-1% *Ulves*



## Evolution interannuelles 2002-2022 par saison

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



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2022 sur le site ERQUY

16/04/2022



16/05/2022



14/06/2022



12/07/2022



12/08/2022



10/09/2022

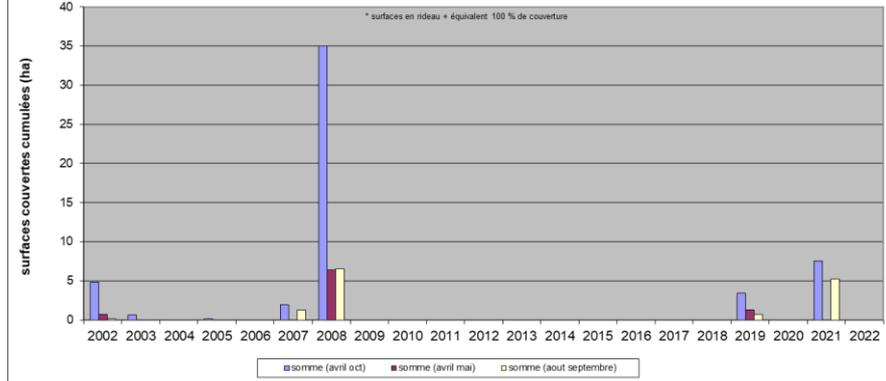


08/10/2022



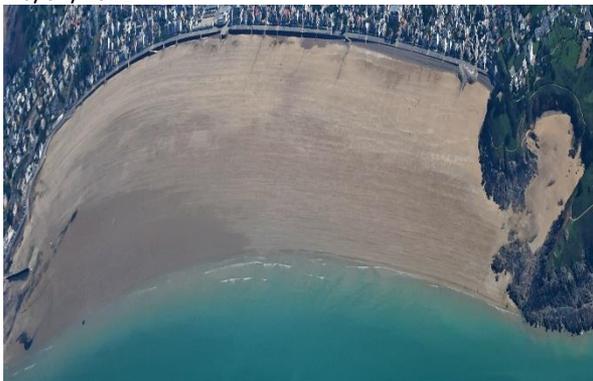
## Evolutions interannuelles 2002-2022 par saison

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



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2022 sur le site VAL ANDRE

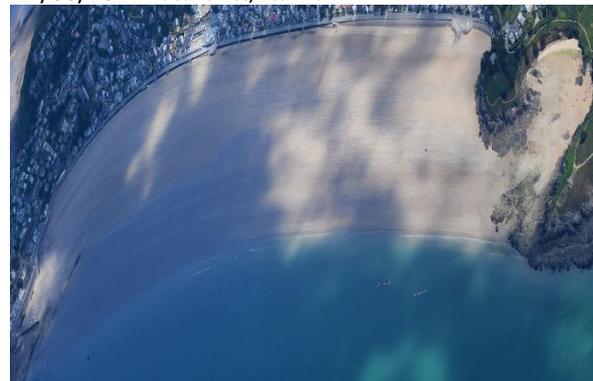
16/04/2022



16/05/2022



14/06/2022 : 90% Ulves/10% Ab



12/07/2022



12/08/2022



10/09/2022



08/10/2022



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2022 sur le site MORIEUX

18/04/2022 : 98% Ulves



16/05/2022 : 95% Ulves



14/06/2022 : 90% Ulves/10% Ectocarpales



12/07/2022 : 90-100% Ulves/0-10% Ectocarpales



12/08/2022 : 90-100% Ulves/10-30% Ectocarpales/<1% Cladophora



10/09/2022 : 10-70% Ulves/20-30% Cladophora/65-70% Polysiphonia-Aglaothamnion/5-40% Ectocarpales

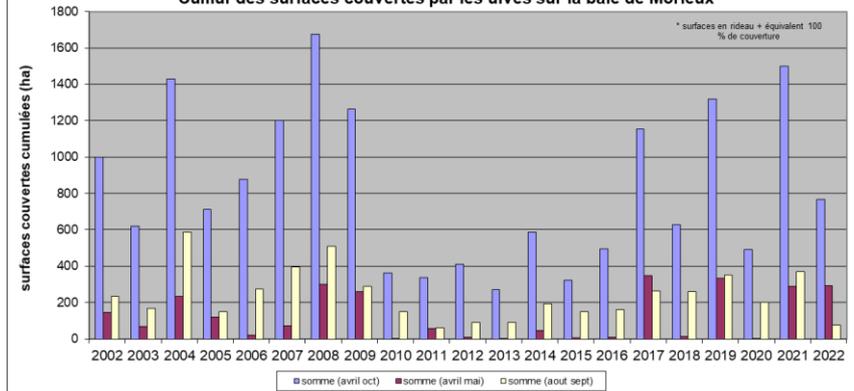


08/10/2022 : 0-85% Ulves/0-3% Entéromorphes/0-15% Ab/0-35% Ectocarpales/0-5%Ar



## Evolution interannuelle 2002-2022 par saison

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



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2022 sur le site YFFINIAC

18/04/2022 : 100% Ulves



16/05/2022 : 95-100% Ulves/0-5% Ab



14/06/2022 : 100% Ulves



12/07/2022 : 100% Ulves



12/08/2022 : 100% Ulves



10/09/2022 : 95% Ulves/5% Ectocarpaceles

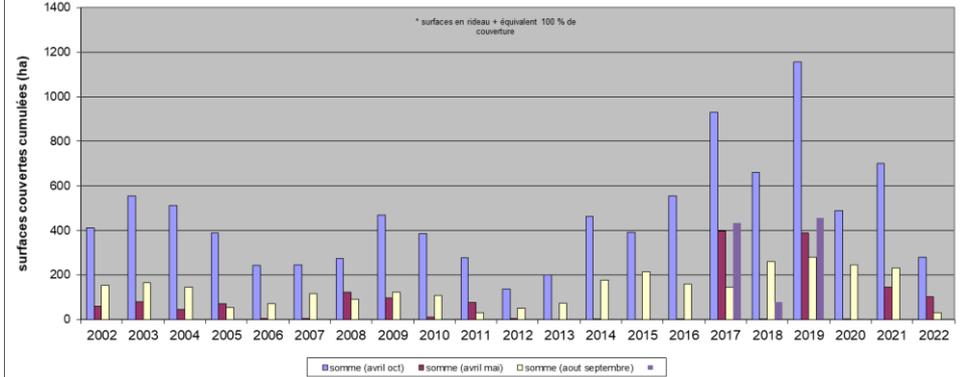


08/10/2022 : 100% Ulves



## Evolutions interannuelles 2002-2022 par saison

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



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2022 sur le site BINIC

18/04/2022 : 20-40% Ulves/60-70% Ar/0-10% Ab



16/05/2022 : 30-70% Ulves/0-10% Ectocarpales/10-50% Ar diverses



14/06/2022 : 48% Ulves/48% Cladophora/4% Ab



12/07/2022 : 98-100% Ulves/0-2% Ar



12/08/2022 : 98% Ulves/1% Ab/1% Ar/absence de Cladophora



10/09/2022 : 85% Cladophora sp./15-70% Ulves

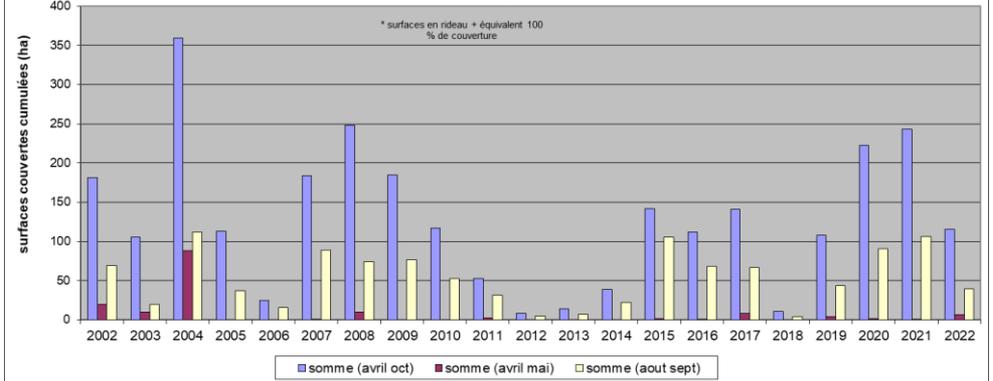


08/10/2022 : 100% Cladophora sp.



### Evolutions interannuelles 2002-2022 par saison

Cumul des surfaces couvertes par les ulves sur Binic/Etables



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2022 sur le site BREHEC

16/04/2022 : absence d'algues



16/05/2022 : 50% Ar/25% Ulves



14/06/2022 : 45% Ab/10% Ar/40% Ulves/5% Entéromorphes



12/07/2022 : 33% Ulves/22% Entéromorphes/25% Ab/20% Ar



12/08/2022 : 90% Ulves/5% AB/5% Ar



10/09/2022 : absence d'algues

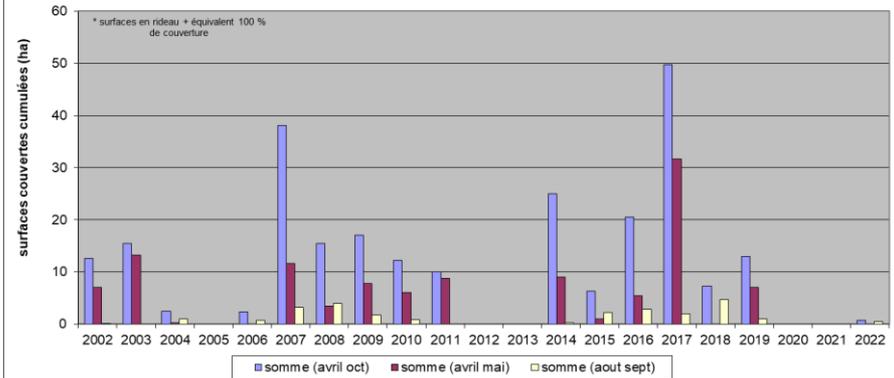


08/10/2022 : absence d'algues



## Evolution interannuelle 2002-2022 par saison

Cumul des surfaces\* couvertes par les ulves sur Brehec



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2022 sur le site LEDANO

16/04/2022



16/05/2022 : 15% Ulves/85% Entéromorphes



14/06/2022 : 20-27% Ulves/73-80% Entéromorphes



12/07/2022 : 15% Ulves/85% Entéromorphes



12/08/2022



10/09/2022 : 50-90% Ulves/10-50% Entéromorphes



08/10/2022



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2022 sur le site TRESTEL

16/04/2022 : 10-85% Ulves/10-80% Ab/5-40% Ar



16/05/2022 : 15-65% Ulves/7-15% Entéromorphes/20-40% Ab/10-30% Ar



14/06/2022 : 4-56% Ulves/24-36% Entéromorphes/15-50% Ab-5-10% Ar



12/07/2022 : 90% Ulves/5% Ab/5% Ar



12/08/2022 : 100% Ulves



10/09/2022 : 15-100% Ulves/0-80% Ab/0-5% Ar

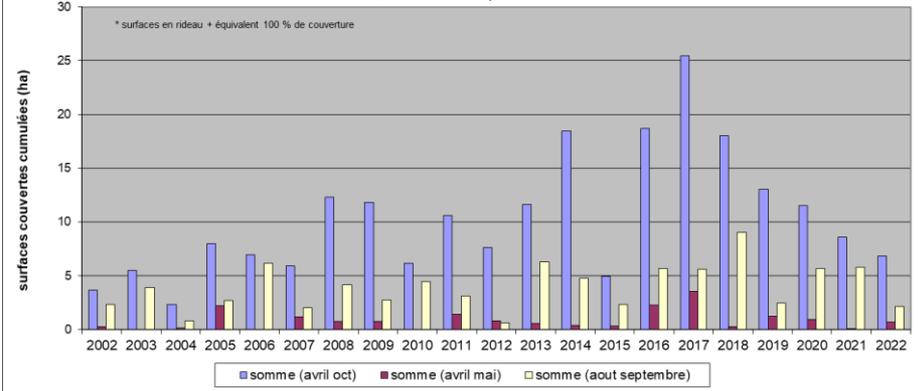


08/10/2022 : 80% Ab/15% Ar/5% Ulves dans les dépôts à l'est



## Evolutions interannuelles 2002-2022 par saison

Cumul des surfaces couvertes par les ulves sur Trestel



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2022 sur le site BEG LEGUER

16/04/2022



16/05/2022 : 40% Ab/20% Ar/38% Ulves/2% Entéromorphes



14/06/2022 : 40% Ab/20% Ar/32% Ulves/8% Entéromorphes



12/07/2022 : 4-70% Ulves/0-76% Entéromorphes/5-25% Ab/10-25% Ar



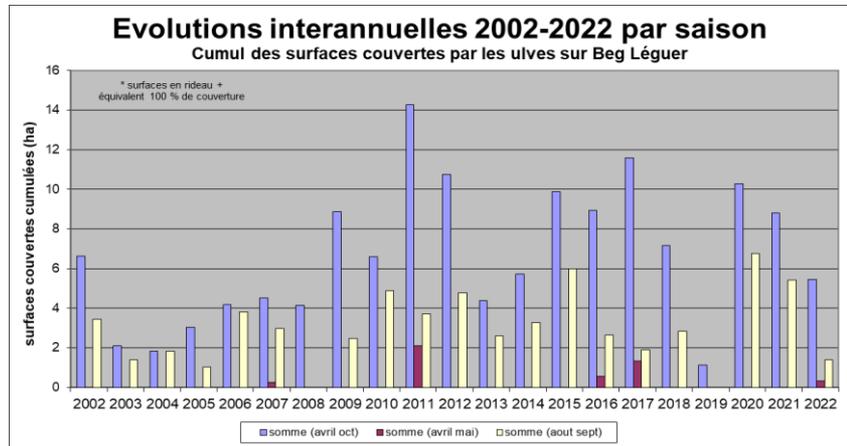
12/08/2022 : 5-56% Ulves/24-86% Entéromorphes/5-10% Ab/5-10% Ar



10/09/2022 : 15-25% Ulves/5% Entéromorphes/35-60% Ab/20-35% Ar



08/10/2022



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2022 sur le site SAINT MICHEL EN GREVE

16/04/2022 : 100% Ab + débris végétaux



16/05/2022 : 32% Ulves/8% Entéromorphes/40% Ar/20% Ab



14/06/2022 : 60-90% Ulves/10-20% AB/0-20% Ar



12/07/2022 : 70-90% Ulves-Ulvaria/10-30% Ectocarpales



12/08/2022 : 100% Ulves



10/09/2022 : 90-95% Ulves

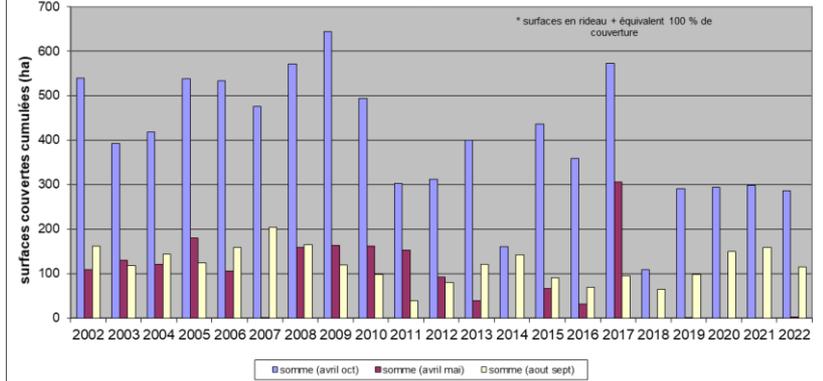


08/10/2022 : 80% Ulves/20% Ab



### Evolutions interannuelles 2002-2022 par saison

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



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2022 sur le site LOCQUIREC

16/04/2022 : pas d'algues



16/05/2022 : 100% Ulves



14/06/2022 : 90% Ulves/10% Ab



12/07/2022 : 100% Ulves



12/08/2022 : 100% Ulves



10/09/2022 : 35-90% Ulves/10-55% Entéromorphes/5% Ab/5% Ar

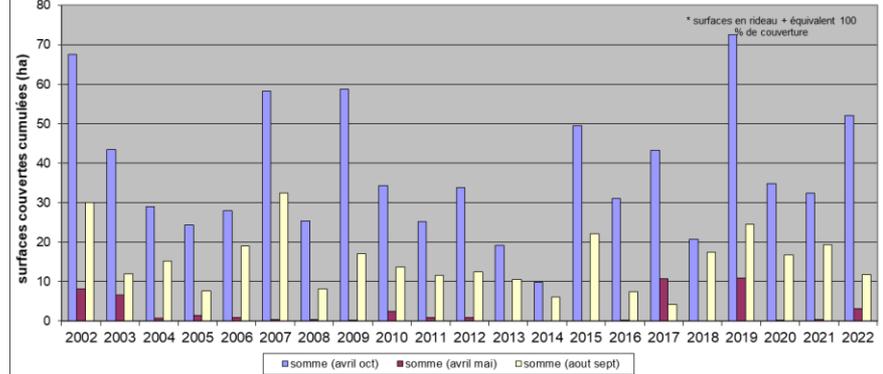


08/10/2022 : 50% Ulves/50% Ab



## Evolutions interannuelles 2002-2022 par saison

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



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2022 sur le site HORN GUILLEC

16/04/2022 : aucun dépôt, rideau brun



16/05/2022 : 55% Ab/30% Ar/14% Ulves/2% Entéromorphes



14/06/2022 : 98% Ulves/2% Ar



12/07/2022 : 90-100% Ulves/0-5% Ab/0-10% Ar



12/08/2022 : 95% Ulves/5% Ar



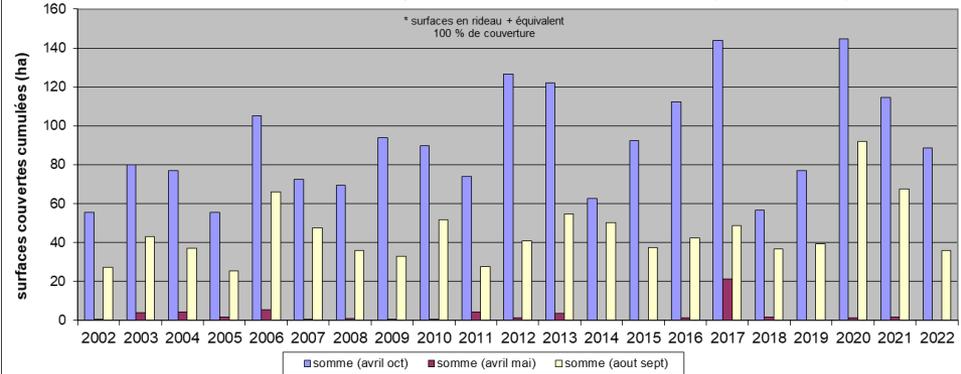
10/09/2022 : 90% Ulves



08/10/2022 : 15-60% Ulves/20-70% Ab/15/25% Ar



### Evolutions interannuelles 2002-2022 par saison Cumul des surfaces couvertes par les ulves sur l'anse du Dossen ("Horn/Guillec")



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2022 sur le site PORS GUEN

16/04/2022 : 50% Ulves/50% Ab



16/05/2022 : 45% Ulves/45% Ab/10% Ar



14/06/2022 : 70% Ulves/20% Ab/10% Ar



12/07/2022 : 70-90% Ulves/0-15% Ab/5-15% Ar



12/08/2022 : 100% Ulves



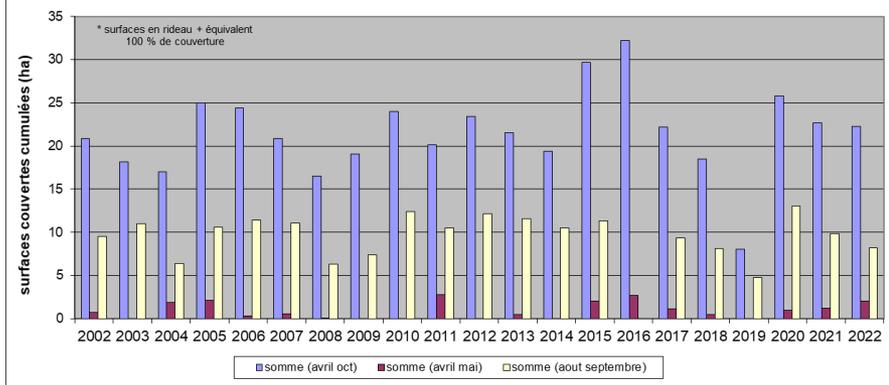
10/09/2022 : 75-90% Ulves



08/10/2022 : 10-40% Ulves/30-60% Ab/30% Ar



## Evolution interannuelle 2002-2022 par saison Cumul des surfaces couvertes par les ulves sur Pors Guen



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2022 sur le site KEREMMA

16/04/2022 : 60% Ab/30-40% Ulves/0-10% Ar



16/05/2022 : 60% Ab/15-20% Ar/20-25% Ulves



14/06/2022 : 28-54% Ulves/6-12% Entéromorphes/10-40% Ab/20-30% Ar



12/07/2022 : 20-65% Ulves/0-15% Entéromorphes/10-25% Ab/10-45% Ar



12/08/2022 : 25/35% Ulves/25-40% Ab/35-40% Ar



10/09/2022 : 20-35% Ulves/5-10% Entéromorphes /50-65% Ar/10-20% Ab

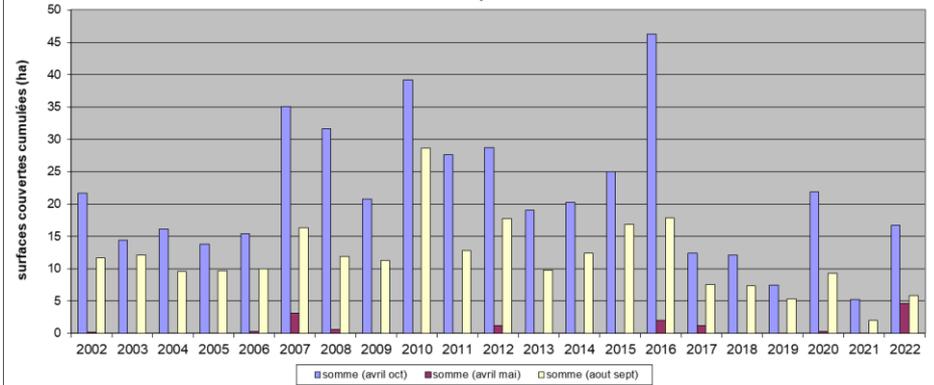


08/10/2022 : 10-15% Ulves/25-70% Ab/20-60% Ar



## Evolution interannuelle 2002-2022 par saison

Cumul des surfaces couvertes par les ulves sur Keremma



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2022 sur le site **GUISSENY**

16/04/2022 : 27-54% Ulves/3-6% Entéromorphes/0-10% Ar/30-70% Ab



16/05/2022 : 35-80% Ulves/15-60% Ab



14/06/2022 : 90% Ulves/5% Ab/5% Ar



12/07/2022 : 95-100% Ulves/0-5% Ab



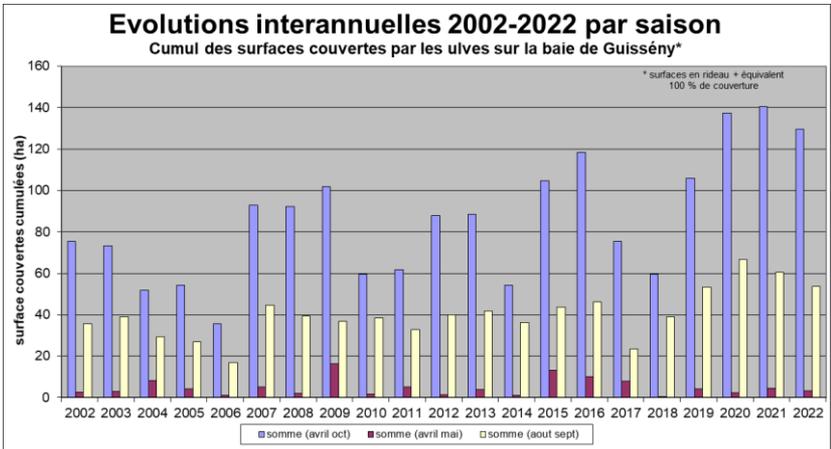
12/08/2022 : 90-95% Ulves/5-10% Ar



10/09/2022 : 90% Ulves



08/10/2022 : 65-95% Ulves/0-20% Ab/5-20% Ar



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2022 sur le site MOGUERAN COREJOU

16/04/2022 : 5-36% Ulves/20-30% Entéromorphes/30-70% Ab/5-10% Ar



14/06/2022 : 32% Ulves/8% Entéromorphes/30% Ab/30% Ar



12/07/2022 : 50-80% Ulves/15-50% Ab/0-20% Ar



12/08/2022 : 85-90% Ulves/10-15% Ar



10/09/2022 : 10-40% Ulves/10% Entéromorphes/10-50% Ab/25-40% Ar

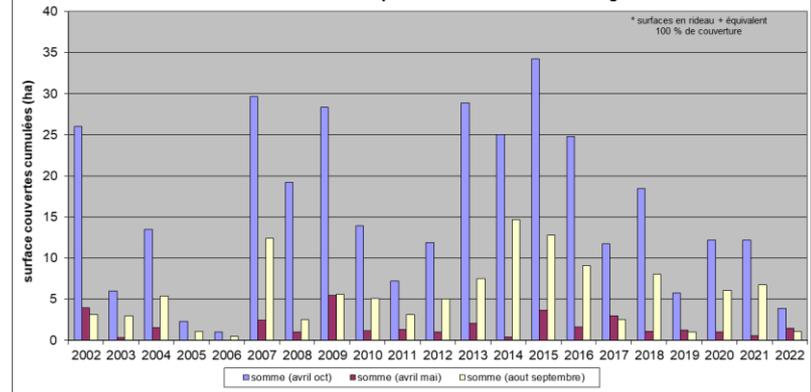


08/10/2022 : 13-35% Ulves/15-60% Ab/20-50% Ar



## Evolutions interannuelles 2002-2022 par saison

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



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2022 sur le site PORTSALL

16/04/2022



16/05/2022 : 40% *Ulves*/60% *Entéromorphes*



14/06/2022



12/07/2022 : 22-78% *Ulves*/22-78% *Entéromorphes*



12/08/2022 : 33-94% *Entéromorphes*/6-66% *Ulves*



10/09/2022 : 95% *Ulves*



08/10/2022



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2022 sur le site TREZ HIR

16/04/2022 : 20-40% Ulves/40% Ab/30% Ar



16/05/2022 : 70% Ab/10% Ar/12% Ulves/8% Entéromorphes



14/06/2022 : 14% Ulves/56% Entéromorphes/20% Ab/10% Ar



12/07/2022



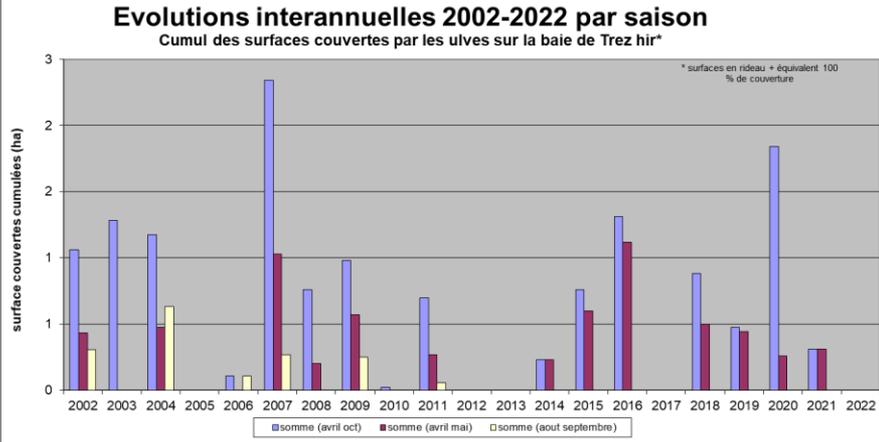
12/08/2022



10/09/2022



08/10/2022



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2022 sur le site MOULIN BLANC

16/04/2022 : 80% Ulves/20% Ar



16/05/2022 : 68% Ulves/17% Entéromorphes/15% Ab



14/06/2022 : 24% Ulves/56% Entéromorphes/20% Ab



12/07/2022 : 100% Entéromorphes



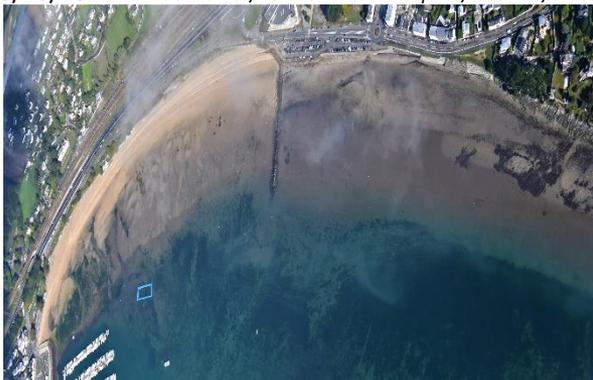
12/08/2022 : 0-2% Ulves/98-100% Entéromorphes



10/09/2022 : 60% Ulves/40% Entéromorphes



08/10/2022 : 32-50% Ulves/48-50% Entéromorphes/0-5% Ab/0-15% Ar



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2022 sur le site LIEU DE GREVE

16/04/2022 :-



18/05/2022 : 100% *Falkenbergia* (rideau diffus au nord)



14/06/2022 :-



13/07/2022 : 85% *Polysiphonia*/15% *Cladophora*



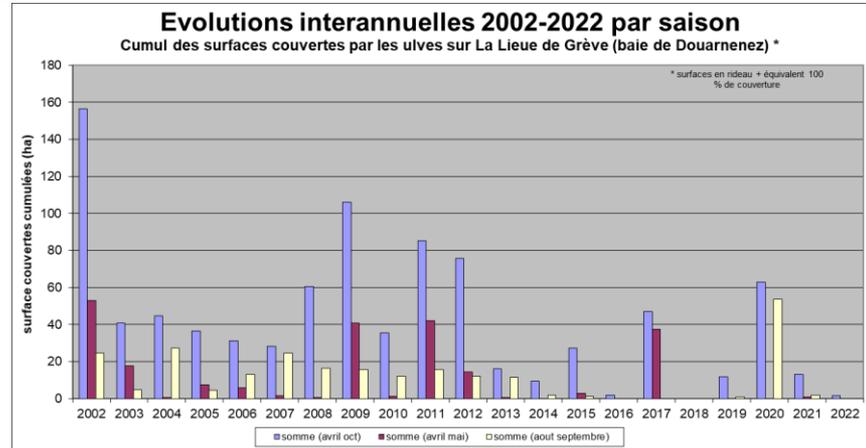
12/08/2022 : 80-85% *Ectocarpus*/10-15% *Cladophora*/5% *Falkenbergia*



12/09/2022 : 100% *Ectocarpales*



08/10/2022



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2022 sur le site KERVIJEN - TY AN QUER

16/04/2022 :-



18/05/2022 : 95-100% Ulves/0-5% ffalkenbergia



14/06/2022



13/07/2022



12/08/2022



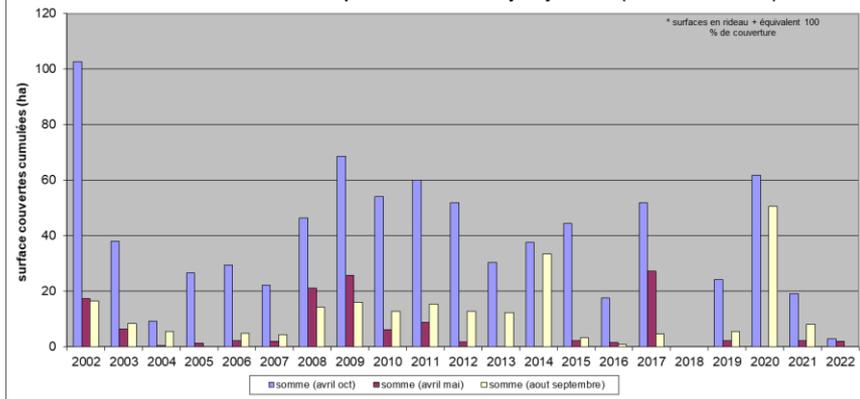
12/09/2022 : 100% Ectocarpaceles



08/10/2022



**Evolutions interannuelles 2002-2022 par saison**  
Cumul des surfaces couvertes par les ulves sur Kervijen-Ty an Quer (baie de Douarnenez) \*



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2022 sur le site SAINTE ANNE LA PALUD

16/04/2022 : 99% *Ectocarpales*/1% *Ulves*



18/05/2022



14/06/2022 : 50% *Ulves*/50% *Falkenbergia* (dans les dépôts)



13/07/2022 : 100% *Ectocarpales*



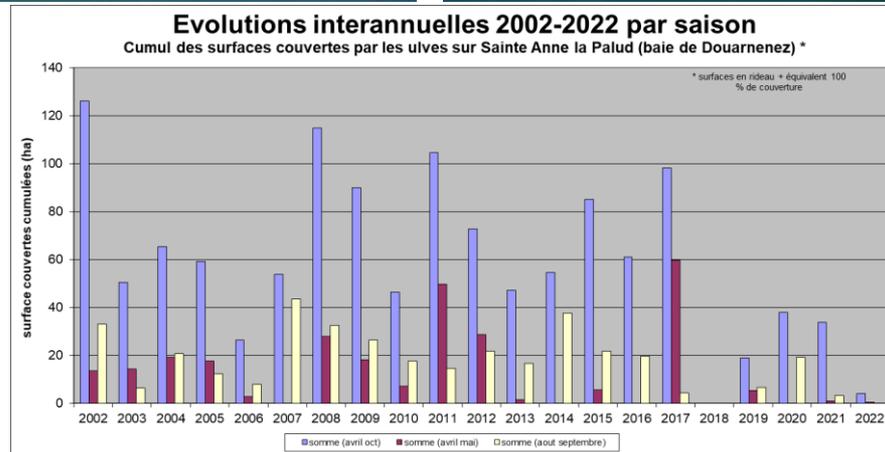
12/08/2022 : 90% *Ectocarpus*/5% *Cladophora*/5% *Falkenbergia*



12/09/2022



08/10/2022 : 65% *Cladophora sp.*/35% *Aglaothamnion*



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2022 sur le site KERVEL-TREZMALAOUEN

16/04/2022 : 100% *Aglaothamnion*



18/05/2022 : 100% *Falkenbergia*



14/06/2022



13/07/2022



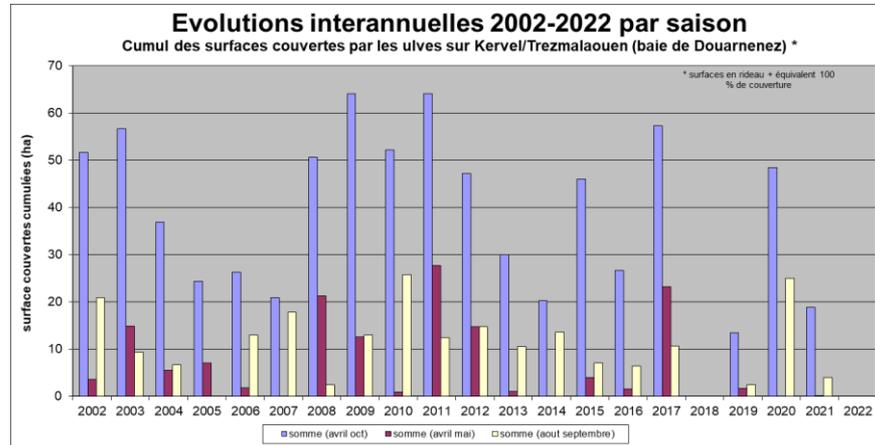
12/08/2022



12/09/2022 : 100% *Cladophora* sp.



08/10/2022 : 70% *Cladophora* sp./25% *Aglaothamnion*/5% *Ab*



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2022 sur le site RY

16/04/2022 : 100% *Aglaothamnion*



18/05/2022 : 100% *Falkenbergia*



14/06/2022 : 10% *Ulves*/2-20% *Ab*/70-88% *Falkenbergia*



13/07/2022 : 85% *Polysiphonia*/15% *Cladophora*



12/08/2022 : 65-85% *Ectocarpus*/5-20% *Cladophora*/10-15% *Falkenbergia*



12/09/2022 : 80% *Cladophora sp.*/15% *Ulva sp.*/5% *Ab*

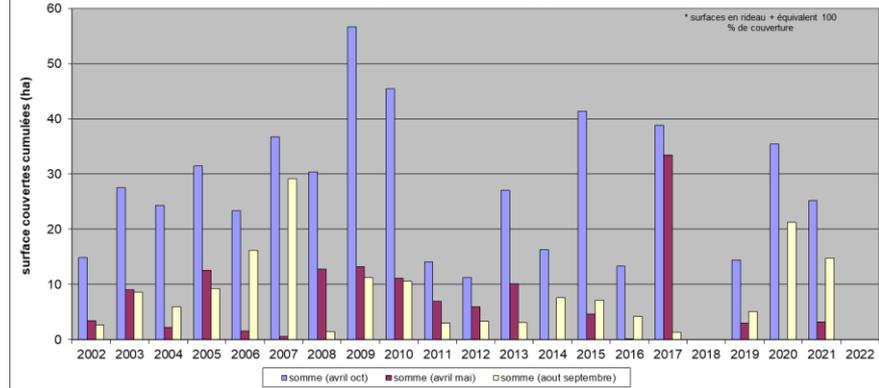


08/10/2022 : 63% *Cladophora sp.*/7% *Ulva sp.*/20% *Ar*/10% *Aglaothamnion sp.*



## Evolutions interannuelles 2002-2022 par saison

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



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2022 sur le site CAP COZ

16/04/2022 : 90% *Solieria chordalis*/5% *Ulves*/5% *Ab*



18/05/2022 : 75-90% *Ar*/10-25% *Ulves*



14/06/2022 : 19-33% *Ulves*/1-2% Entéromorphes/5-10% *AB*/60-75% *Ar*



13/07/2022 : 1% *Ulves*/50% *Ab*/49% *Ar*



12/08/2022 : 85-90% *Ab*/5% *AR*/1-3% *Ulves*/3-9% Entéromorphes



12/09/2022 : 85% *Ab*/14% *Ar*/1% *Ulves*

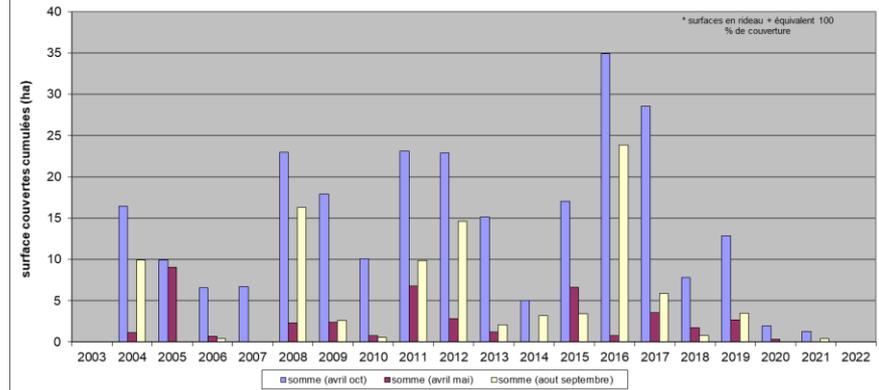


08/10/2022



## Evolutions interannuelles 2002-2022 par saison

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



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2022 sur le site KERLEVEN SAINT LAURENT

16/04/2022 : 85% *Solieria chordalis*/10% Ulves/5% Ab



18/05/2022 : 30% Ulves/60% Ar/10% Ab



14/06/2022 : 33-57% Ulves/2-3% Entéromorphes/0-5% Ab/40-60% Ar



13/07/2022 : 9% Ulves/1% Entéromorphes/45% Ab/45% Ar



12/08/2022 : 90% Ectocarpales/5-10% Cladophora/0-5% Ulves



12/09/2022 : 100% Ectocarpales + zostera sp.

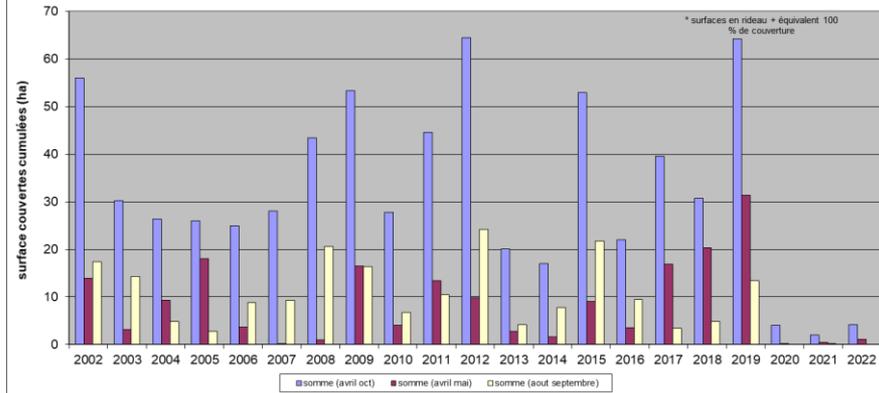


08/10/2022 : 80% Ulves/20% Ar /traces d'Ectocarpales



## Evolutions interannuelles 2002-2022 par saison

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



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2022 sur le site CABELLOU

16/04/2022 : 50% Ulves/30% Ar/20% Ab



18/05/2022 : 60% Ulves/30% Ar/10% Ab



14/06/2022



13/07/2022 : 5-35% Ulves/65-95% Entéromorphes



12/08/2022 : 30% AB/5% Ar/7% Ulves/58% Entéromorphes



12/09/2022 : 40% Ulves/60% Ab

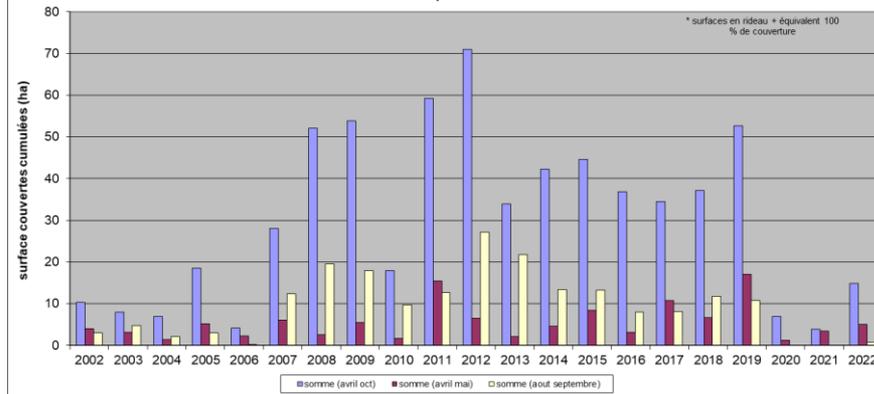


08/10/2022 : 55% Ab/5% Ar/36% Ulves/4% Entéromorphes



## Evolutions interannuelles 2002-2022 par saison

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



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2022 sur le site LARMOR PLAGE

16/04/2022 : 70-85% Ulves/5-20% Ab/10-15% Ar



18/05/2022 : 45-75% Ulves/0-6% Entéromorphes/15-45% Ar/5-15% Ab



14/06/2022 : 56% Ulves/14% Entéromorphes/15% Ab/15% Ar



13/07/2022 : 50-85% Ulves/0-24% Entéromorphes/0-30% Ab/10-20% Ar



12/08/2022 : 45-90% Ulves/0-16 Entéromorphes/5-50% AB/5-15% Ar



12/09/2022 : 60-75% Ulves/15-20% Ab/10-20% Ar

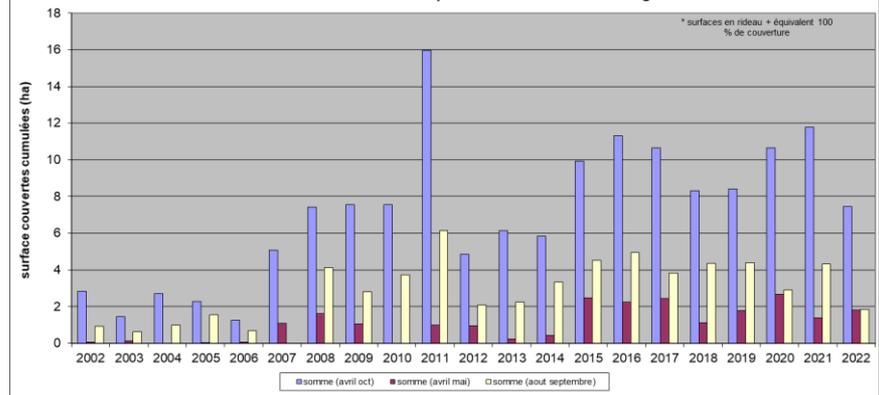


08/10/2022 : 40-77% Ulves/0-16% Entéromorphes/5-40% Ab/10-30% Ar



## Evolutions interannuelles 2002-2022 par saison

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



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2022 sur le site PORT LOUIS

16/04/2022 : 80% Ulves/20% Entéromorphes



18/05/2022 : 95-100% Ulves/0-5% Entéromorphes



14/06/2022 : 64-86% Ulves/14-35% Entéromorphes



13/07/2022 : 44% Ulves/56% Entéromorphes



12/08/2022 : 75-89% Ulves/11-25% Entéromorphes



12/09/2022 : 50-75% Ulves/25-50% Entéromorphes



08/10/2022 : 83% Ulves/17% Entéromorphes



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2022 sur le site RIA D'ETEL

16/04/2022 : 100% *Ulvaria*/*Ulves*



18/05/2022 : 65-100% *Ulves*/0-30% Entéromorphes



14/06/2022 : 0-25% *Ulves*/75-100% Entéromorphes



13/07/2022 : 0-23% *Ulves*/76-100% Entéromorphes



12/08/2022 : 100% Entéromorphes



12/09/2022 : 0-15% *Ulves*/85-100% Entéromorphes



08/10/2022 : 100% Entéromorphes



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2022 sur le site QUIBERON SABLES BLANCS

16/04/2022



18/05/2022 : 10% Ulves/65-80% Ar/10-25% Ab



14/06/2022 : 0-10% Ulves/30-40% Entéromorphes/45-70% Ab/0-5% Ar



13/07/2022 : 3% Ulves/93% Ab



12/08/2022



12/09/2022



08/10/2022



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2022 sur le site AURAY

16/04/2022 : 100% Ulves



18/05/2022 : 93-100% Ulves/0-7% Entéromorphes



14/06/2022



13/07/2022 : 0-5% Ulves/95-100% Entéromorphes



12/08/2022 : 100% Entéromorphes



12/09/2022 : 0-5% Ulves/95-100% Entéromorphes



08/10/2022 : 5% Ulves/95% Entéromorphes



# Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2022 sur le site ARCAL

16/04/2022 : 100% *Ulves* et *Ulvaria* en mélange (proportion ?)



18/05/2022 : 100% *Ulves* et *Ulvaria obscura* en mélange



14/06/2022 : 100% *Ulvaria*



13/07/2022 : 100% Entéromorphes



12/08/2022 : 90% Entéromorphes/10% *Ulves*



12/09/2022 : 100% Entéromorphes



08/10/2022 : 100% Entéromorphes





## ANNEXE 7

### RAPPEL DES PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DES PROLIFERATION DE 2002 A 2020



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

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

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

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

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

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

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

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

**L'année 2007** était marquée :

- par un démarrage **encore plus tardif** qu'en 2006 avec très peu d'algue en avril et mai,
- une prolifération **très soutenue en fin de saison** avec, dès juillet, des échouages qui étaient supérieurs à la moyenne des années antérieures ; à partir d'août et jusqu'en octobre le niveau des surfaces est très supérieur à la moyenne interannuelle et à toutes les années précédentes (+ 90 % en septembre et + 80 % en octobre par rapport à 2002-2006).
- un cumul de 15 % supérieur à la moyenne 2002-2006 mais 10 % inférieur 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 % supérieures,
- un niveau en **juillet maximal et très supérieur aux années antérieures** (+60 % par rapport à 2002-2007),
- un niveau en septembre puis **octobre très supérieur** à la moyenne 2002-2007, proche de la situation exceptionnelle de 2007 (respectivement + 60 % et + 30 % par rapport à la série 2002-2007),
- ce démarrage précoce associé à cette fin de saison soutenue conduit à un niveau cumulé **pour l'année 2008 exceptionnel** avec 40 % de plus que la moyenne 2002-2007 et plus de 100 % de plus que l'année 2006 (année minimale en termes de cumul annuel de la série 2002-2008).

**Pour l'année 2009** avaient été mesurés :

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

**L'année 2010** s'est caractérisée par :

- un démarrage **régional particulièrement tardif** : la surface régionale est en avril et mai de 70 puis 60 % inférieure à la moyenne 2002-2009,



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

L'année 2011 était caractérisée par :

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

La saison 2012 se caractérisait par :

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

La saison 2013 se caractérisait par :

- Le **cumul annuel le plus bas dans la série 2002-2013** (quatrième année de suite à un niveau chaque année plus bas que la précédente) 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 Brieu**c dont les couvertures par les ulves diminuent rapidement (l'algue brune *Pylaiella*, non intégrée aux surfaces couvertes, devient importante)
- Un niveau **d'arrière-saison, particulièrement bas** (somme août + septembre de plus de 40 % inférieure à la moyenne 2002-2012), ce qui est en grande partie lié à la **situation en baie de Saint Brieu**c (retour massif du *Pylaiella* comme constaté déjà en 2011 et 2012),
- Malgré cette situation régionale, les **disparités sont très fortes encore en 2013** avec certains secteurs côtiers fortement touchés par les proliférations (secteur du **Dossen** et le Finistère nord plus largement).

La saison 2014 était marquée par :



- Un **cumul annuel inférieur à la moyenne pluriannuelle 2002-2013** (- 38 %) mais supérieur aux deux années antérieures 2013 et 2012 (niveau identique à 2011). Après quatre années de niveau particulièrement bas, 2014 marque donc une **légère remontée**.
- Un démarrage en **2014 le plus tardif de la période 2002-2014** (surfaces en avril + mai : 7 fois inférieures à la moyenne 2002-2013)
- une prolifération "atypique" : **tardive voire très tardive sur certains secteurs** (« Saint Michel en Grève », en premier lieu mais également baie de « Douarnenez » ou anse de « Binic ») mais présentant une croissance soutenue en août-septembre se traduisant par une surface en **septembre très élevée**,
- des situations **très variables selon les secteurs** : très peu d'algues jusqu'en août sur certains secteurs, puis de gros échouages en septembre (Baie de « St Michel en Grève », Douarnenez, Dossen, ...), pas de prolifération d'ulves sur les baies de l'est des Côtes d'Armor, alors que la baie de Saint Brieuc, connaît des échouages 2014 plus importants en été que les 4 années précédentes.

La saison 2015 se caractérisait par :

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

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

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

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

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



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

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

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



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

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

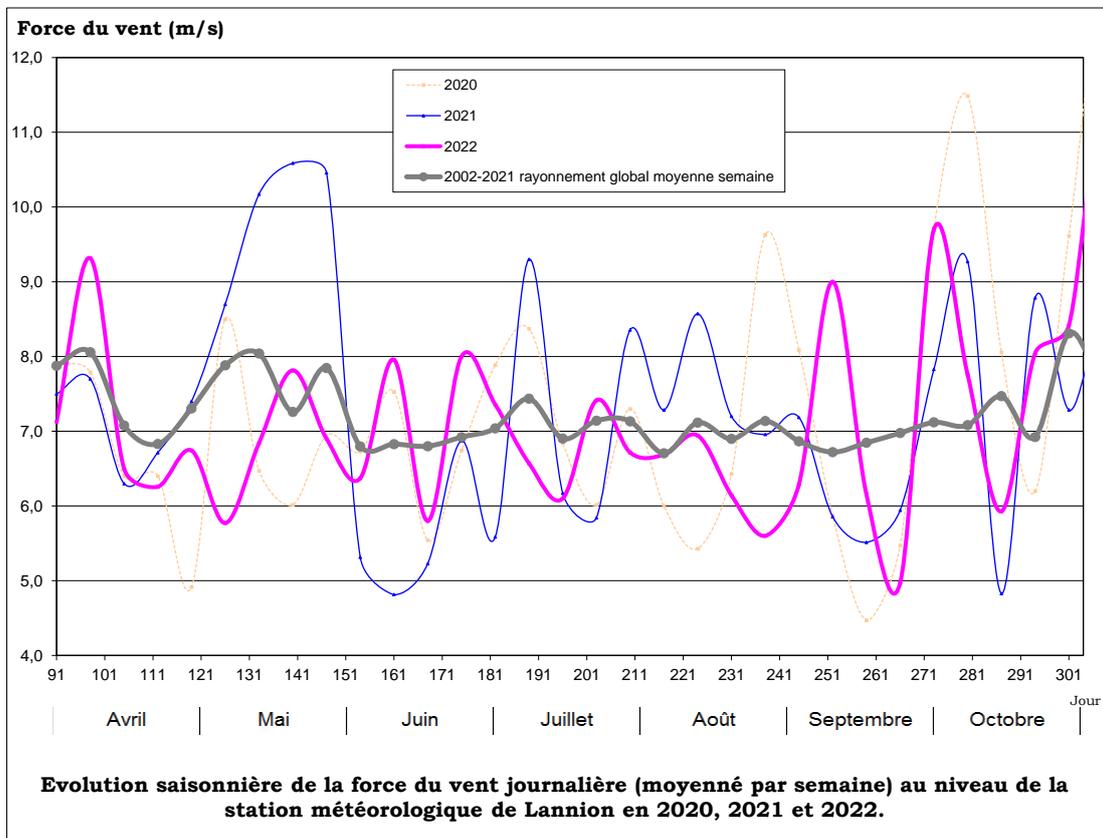
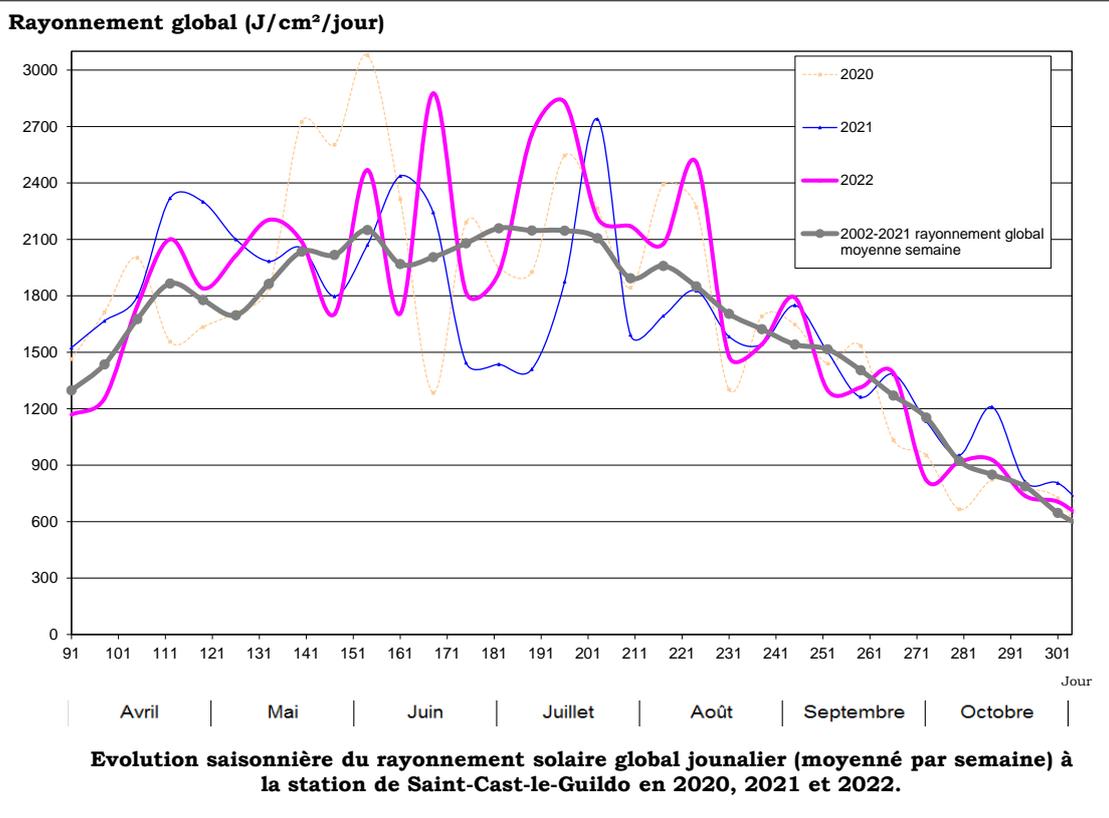
Des suivis surfaciques sur 2020 on avait conclu :

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

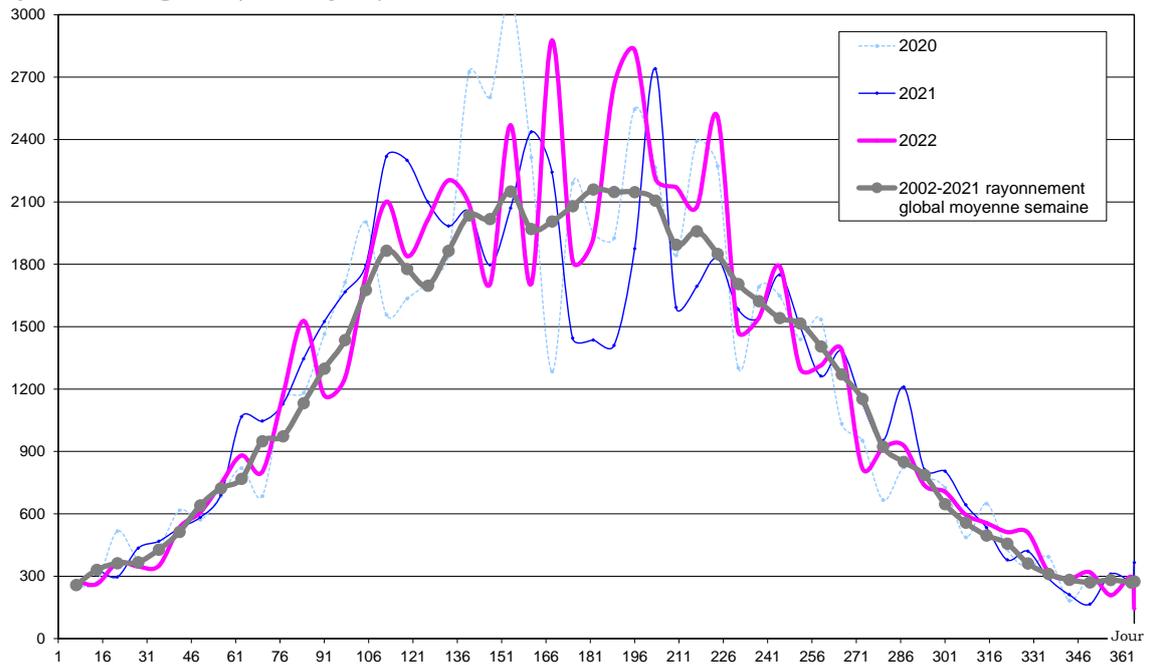


**ANNEXE 8**

**DONNEES METEO**

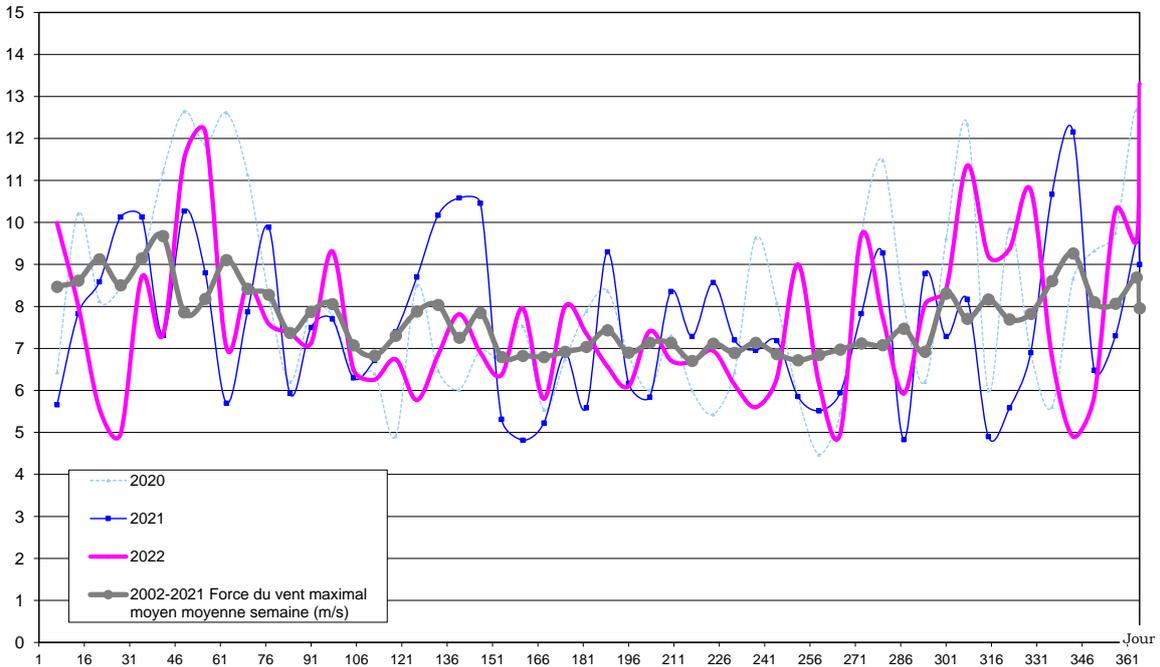


### Rayonnement global (J/cm<sup>2</sup>/jour)



**Evolution annuelle du rayonnement solaire global journalier (moyenné par semaine) à la station de Saint-Cast-le-Guido pour les années en 2020, 2021 et 2022.**

### Force du vent (m/s)



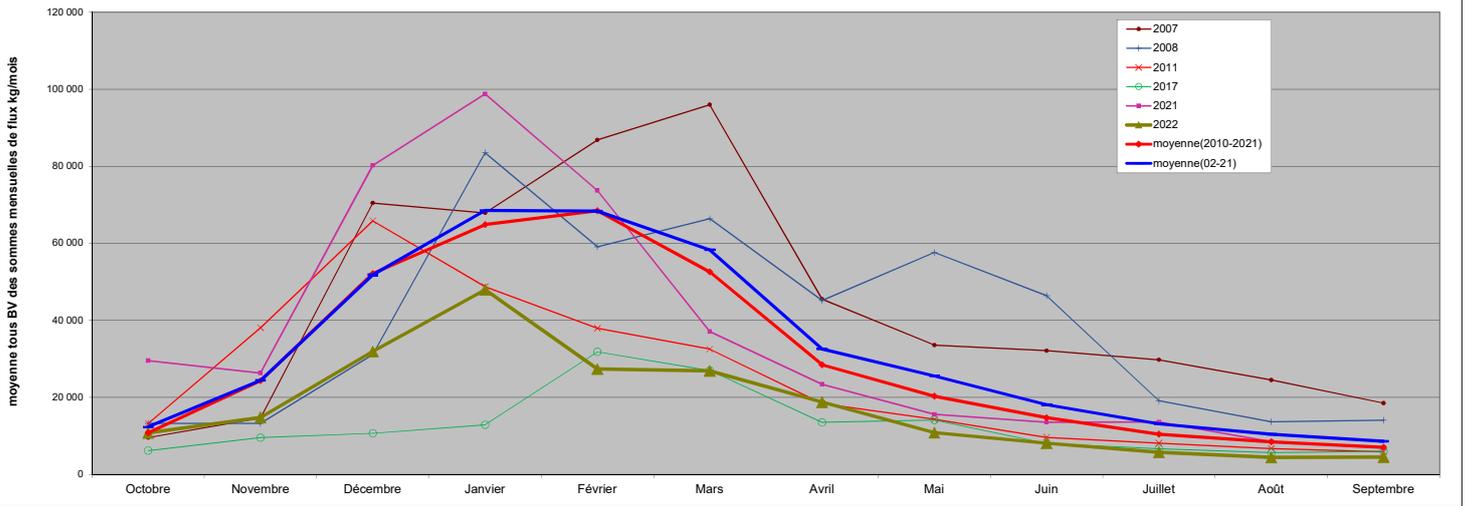
**Evolution annuelle de la force du vent journalière (moyenné par semaine) au niveau de la station météorologique de Lannion pour les années 2020, 2021 et 2022.**



**ANNEXE 9**

**FLUX D'AZOTE**

Flux NID mensuels moyens sur les BV AV



Flux NID mensuels moyens sur les BV AV

