

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 2023
Inventaire des marées vertes sur le littoral breton

Année 2023

Contrat AELB : 20GC042 - novembre 2024

Sylvain BALLU : Chef de projet surveillance des Marées vertes

Clément DANIEL : Technicien supérieur environnement

Loïc CELLIER : Technicien environnement

Sophie RICHIER : Responsable de Pôle EENVI



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 2023	20
3.1.2.	Comparaison inter-annuelle 1997-2023	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 2002-2023	57
3.2.5.	Conclusions.....	75
3.3.	Suivi d'indices d'eutrophisation	76
3.3.1.	Résultats de suivi des quotas azotés dans les différents sites	76
3.3.2.	Eléments d'interprétation des profils saisonniers	76
3.3.3.	Résultats	78
3.3.4.	Evaluation des stocks totaux	100
4.	CONCLUSION	101
	ANNEXES.....	104



TABLES DES ILLUSTRATIONS

Liste des tableaux

Tableau 1 : liste des sites faisant l'objet de mesure d'indice d'eutrophisation et code DCE de la Masse d'Eau	8
Tableau 2: Récapitulatif des MET et assimilées faisant l'objet d'une évaluation surfacique en 2023 (liste définie en 2010)	14
Tableau 3: Récapitulatif des ME de « type vasière » ayant fait l'objet de digitalisation de rattrapage en 2022 et 2023 en plus de 10 ME suivies depuis 2011	14
Tableau 4 : Sites touchés par des échouages d'ulves sur les trois inventaires de 2023 comparés aux années 2002-2022 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 5 : Répartition des sites sur secteur de plage par classe de taille maximum atteinte en 2023 sur les 3 inventaires « généraux » (« rideau » + échouage en « équivalent 100% » de couverture). 57 sites de type « plage » ont été classés pour des échouages d'ulves en 2023 et ont fait l'objet d'évaluation surfacique	45
Tableau 6 : Répartition des sites sur secteur de plage touchés en 2023 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 pour les sites sableux et vert pour les vasières). 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 2023 apparaissent en bleu. Les masses d'eau et les sites pour lesquels les données surfaciques n'ont pas été acquises en 2023 apparaissent en violet (uniquement acquisition des photographies aériennes)	15
Figure 4 : Nombre de sites touchés par des échouages d'ulves au moins une fois pour les inventaires estivaux en 2023 (juillet ou septembre) par département (Côtes d'Armor (22), Finistère (29), Ille et Vilaine (35) et Morbihan (56))	22
Figure 5 : Nombre de sites touchés par département par des échouages d'ulves au moins une fois en 2023 (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 2023 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 2023 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 2023 (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 2015-2022 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 2023. 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 2023 ; 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 2002-2023. 58
- 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 2002-2023. 58
- 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 2023 (cercle vert) est liée principalement aux surfaces importantes sur la baie de Saint Brieuc (63 % des surfaces d'octobre et 87 % des surfaces « avril+mai »). 62
- 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 2002-2023, en retirant les 2 années particulièrement précoces sur la baie de Saint Brieuc 2017 et 2019 (figure de droite) 62
- 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). 63
- 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 (> 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, 2021-2022 et 2022-2023 présentent, des températures de l'eau demeurées élevées. 63
- Figure 20 (a) et (b) : statistiques de houle du modèle GFS archivées 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. 64
- Figure 21 : écart (pourcentage) entre les heures d'ensoleillement sur les stations MétéoFrance littorales suivies et les normales pour ces stations. 64
- 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 et Gouet + flux de l'Horn + Guillec). Seules certaines années ont été sélectionnées sur ces graphiques, ainsi que les moyennes pluriannuelles 2002-2022 et 2010-2022 (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.	67
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).	68
Figure 24 : pluviosité sur les stations Météo France suivies entre octobre 2022 et septembre 2023 comparée au niveau moyen des années 1981-2010	69
Figure 25 : (gauche) Ecart, par BV, entre flux d'azote inorganique dissous sur mai-août 2023 et le flux pluriannuel 2010-2022 et (droite) détails des écarts mensuels sur mars à septembre 2023, et écart au flux annuel 2023 (octobre 2022-septembre 2023) et sur la période « sensible » (mai-août 2023) et les flux pluriannuels 2010-2022. Les différences observées s'expliquent principalement par les différences locales de pluviosité et les contextes géologiques locaux.	70
Figure 26 : Données de Météo-France de pluviosité mesurée sur la station de Saint Brieuc de 2013 à 2023.	70
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.	71
Figure 28 : en haut, écart mensuel (%) d'ensoleillement sur les stations Météo France suivies sur la période janvier à décembre 2023 par rapport à la normale 1991-2010 ; bas, écarts mensuels (%) entre le rayonnement global mesuré par Météo France à Saint-Cast-le-Guildo et la moyenne 2002-2022	79

Liste des cartes

Carte 1 : Survol réalisés pour le suivi des marées vertes en 2023 – Suivis RCS et RCO de la DCE.	11
Carte 2 : Echouages d'ulves observés en juillet ou septembre 2023.	23
Carte 3 : sites touchés par des échouages d'ulves en 2023 (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 1997-2023.	37
Carte 6 : Vasières touchées par des échouages d'ulves au cours de la saison 2023.	40
Carte 7 : Surfaces couvertes par les ulves cumulées lors des 3 inventaires de surveillance de la saison 2023 (par classe de surface)	49
Carte 8 : Surfaces couvertes par les ulves cumulées lors des 3 inventaires de surveillance de la saison 2023 (symboles proportionnels)	50
Carte 9 : Surfaces couvertes par les ulves sur les plages, cumul par Masse d'Eau en 2023.	51
Carte 10 : Variation des échouages d'ulves en 2023 entre avril et octobre.	56
Carte 11 : Surfaces couvertes par les ulves sur les principaux sites sableux - Cumul des 7 inventaires 2023 et moyenne 2002-2022.	60
Carte 12 : Surfaces annuelles d'échouage d'ulves sur les principaux sites entre 2002 et 2023 (cumul annuel)	74



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.

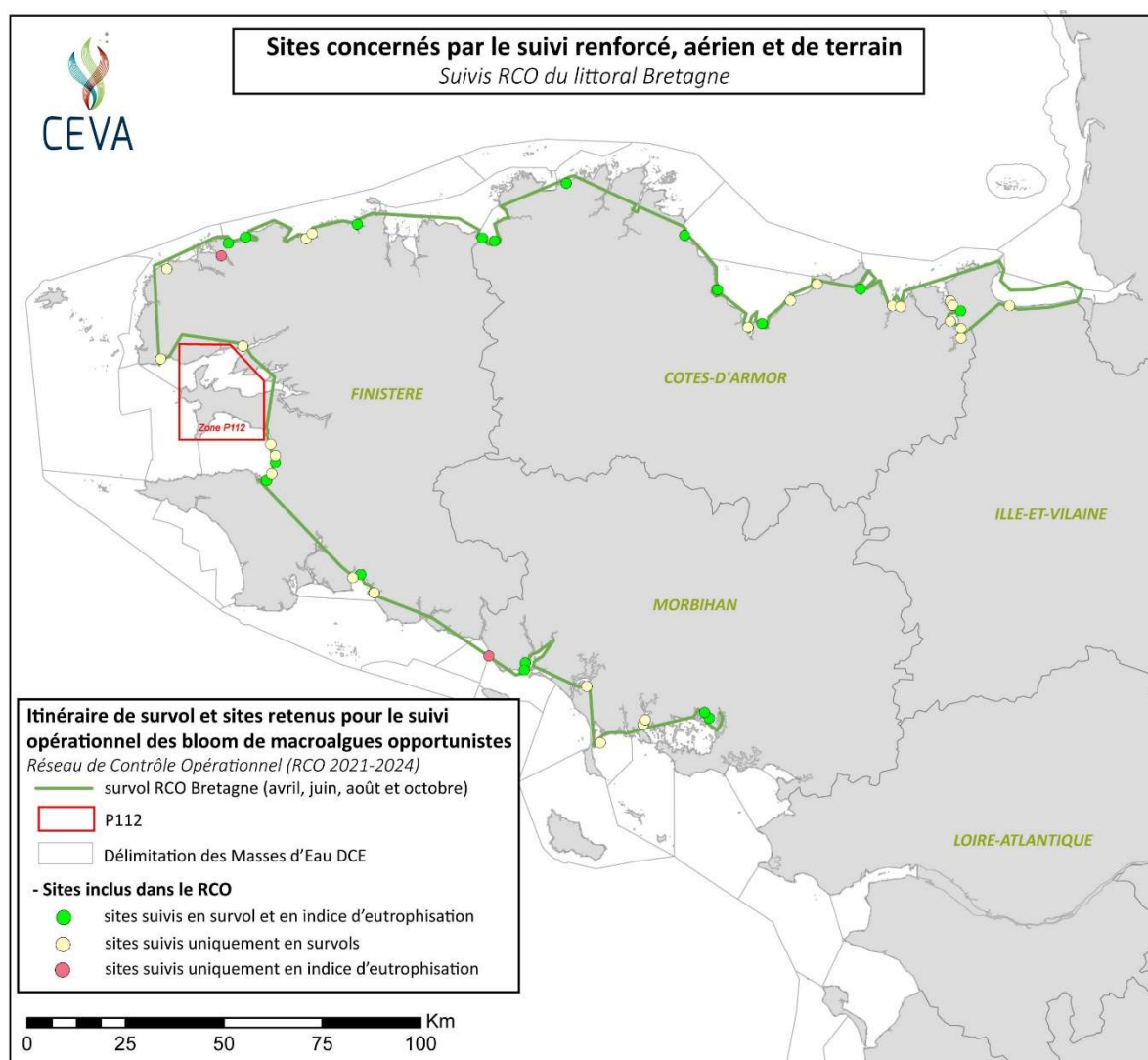


Figure 1 : plan de vol RCO Bretagne et localisation des sites intégrés au suivi

- ✓ 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 et code DCE de la Masse d'Eau

Sites du linéaire breton	Code ME
Rance / Saint Jouan des Guérets	FRGT02
Baie de la Fresnaye (échantillonnage du Pylaiella si pas d'ulves)	FRGC03
Baie de Saint Brieuc	FRGC05
Baie de Binic	FRGC05
Bréhec,	FRGC06
Trestel,	FRGC07
Baie de Saint Michel en Grève	FRGC10
Baie de Locquirec	FRGC10
Baie du Dossen (« Horn/Guillec »)	FRGC12
Baie de Guisseny	FRGC12
Moguéran,	FRGC12
Aber Wrac'h	FRGT08
Baie de Douarnenez / Sainte Anne la Palud	FRGC20
Baie de Douarnenez / le Ry	FRGC20
Baie de la Forêt / Kerleven	FRGC29
Fort Bloqué,	FRGC32
Larmor Plage,	FRGC34/ FRGT20
Rade de Lorient	FRGT20
Golfe du Morbihan / Arcal	FRGT24
Golfe du Morbihan / Séné	FRGT24
Penvins	FRGC45
Mine d'Or	FRGC44



- ✓ 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.

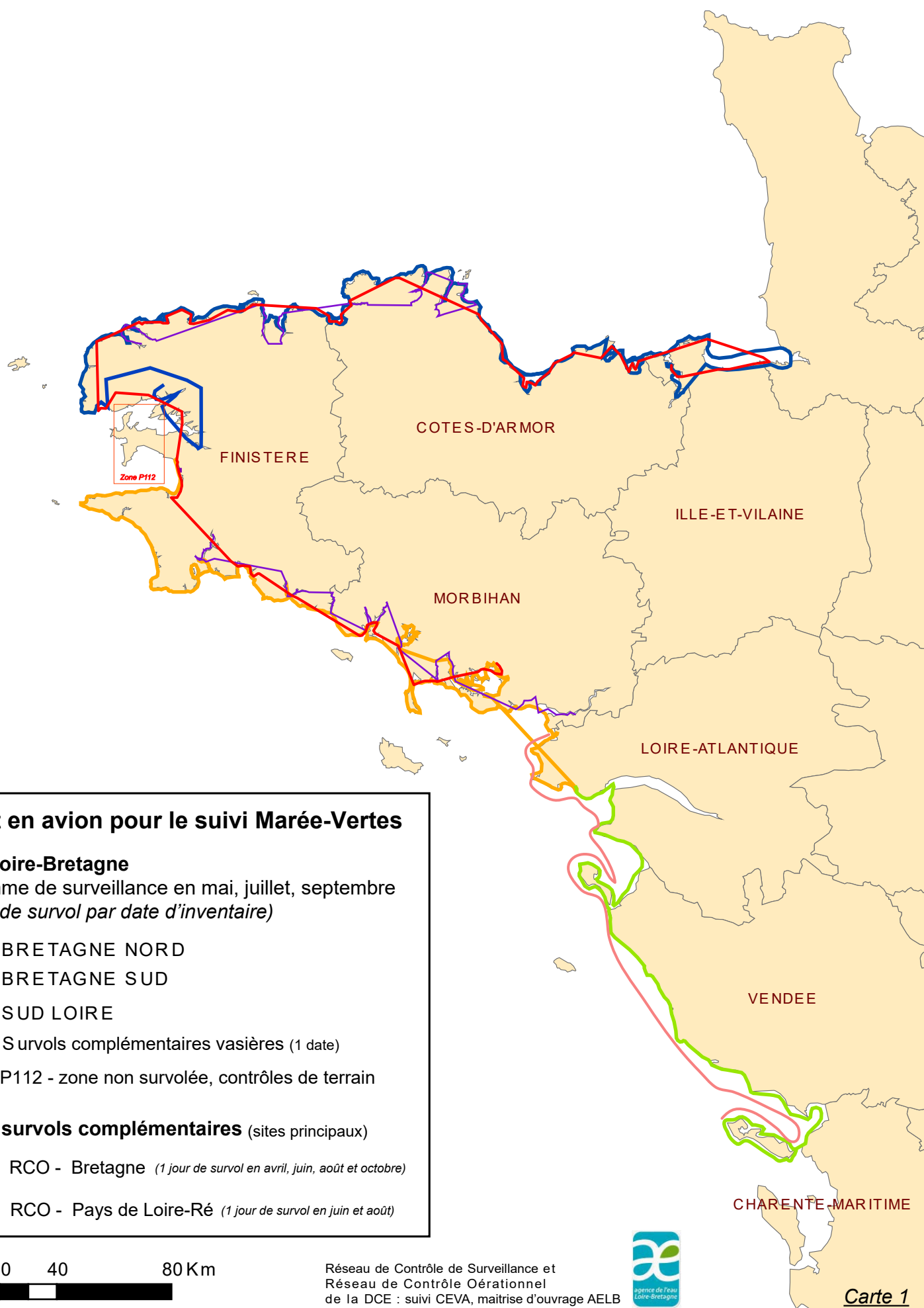
Une fois les photos acquises, les opérateurs de terrain sont rapidement dépêchés sur site afin de valider ou non le constat de site d'« échouage d'ulves ». Ces opérateurs relèvent les proportions des différentes algues en présence, en font des constats photographiques, recueillent, si besoin, des échantillons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





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 2023, 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 ; néanmoins 6 ME additionnelles ont fait l'objet de mesures sur les photos de 2023 dans le cadre d'un programme spécifique de « rattrapage de digitalisation »). 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 autres, 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 »¹ au moment de la prise de vue,
- délimitation des dépôts d'algues sur l'estran,

Pour pouvoir comparer les dépôts entre eux (comparaison inter ou intra sites au cours de la saison et interannuelle) le CEVA a défini une surface dite « équivalent 100 % » de couverture. Chaque dépôt fait l'objet d'une détermination de taux de couverture, par photo-interprétation. Les photo-interprétations sont standardisées par l'utilisation d'un catalogue de référence illustrant les recouvrements types (étalonnés en utilisant une procédure de traitement d'image). Le rapport RCS LB 2023 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

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



agrégation par site de l'ensemble des surfaces. Intégrée à la base de données « Marées Vertes », une table synthétique des résultats permet alors de disposer pour chaque site et pour chaque inventaire :

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

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

Les outils développés par le CEVA pour suivre les marées vertes ont été initialement développés pour les sites bretons de marées vertes « classiques » correspondant à des baies sableuses touchées par des proliférations 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 2023, 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 2023 (liste définie en 2010)

Code ME	Nom ME	ME suivies en 2023
FRGT02	Bassin maritime de la rance	✓
FRGT03	Le Trieux	✓
FRGT06	Rivière de Morlaix	✓
FRGT07	La Penzé	✓
FRGT08	L'Aber Wrac'h	✓
FRGT14	Rivière de Pont-l'Abbé	✓
FRGT20	Le Blavet	✓
FRGT21	Rivière d'Etel	✓
FRGT24	Rivière de Vannes	✓
FRGC39	Golfe du Morbihan	✓

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.).

A noter qu'en 2022 puis 2023, un travail additionnel a été commandé par l'Agence de l'Eau au CEVA : afin de confirmer le classement de certaines ME (en limite de déclassement en 2010 ou jamais évaluée), plusieurs ME ont fait l'objet de digitalisations de leurs surfaces annuelles maximales. Ces « ratrappages » ont fait l'objet de rapports spécifiques mais les résultats obtenus ont été intégrés au présent rapport.

Tableau 3: Récapitulatif des ME de « type vasière » ayant fait l'objet de digitalisation de ratrappage en 2022 et 2023 en plus de 10 ME suivies depuis 2011

CODE_ME	Nom ME	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
FRGC07	Paimpol - Perros-Guirec					✓	✓	
FRGC16	Rade de Brest		✓	✓	✓	✓	✓	✓
FRGT04	Le Jaudy		✓	✓	✓	✓	✓	✓
FRGT10	l'Elorn		✓	✓	✓	✓	✓	✓
FRGT12	l'Aulne	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
FRGT25	Rivière de Noyal		✓	✓	✓	✓	✓	✓
FRGT26	Rivière de Pénérf							✓

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 2023. 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 »).

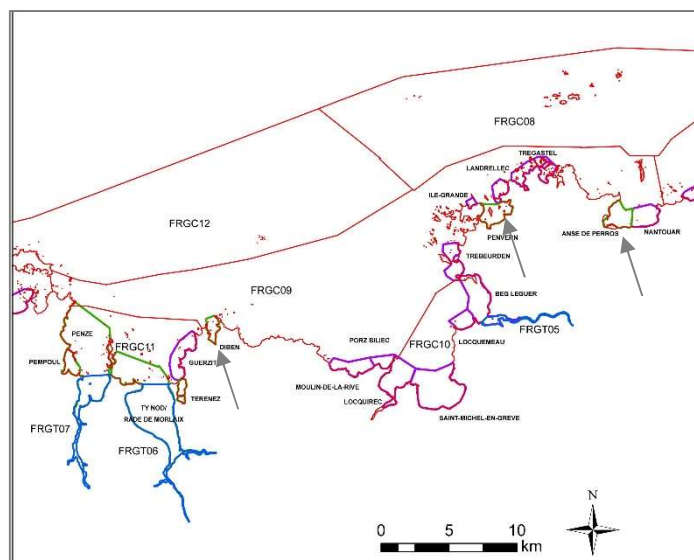


Figure 2 : Découpage des masses d'eau sur la côte nord de la Bretagne (FRGC en rouge et FRGT en bleu) combiné au découpage par sites à « échouage d'ulves » (violet pour les sites sableux et vert pour les vasières). Les trois sites de vasière sont indiqués par les flèches

Pour une vision complète de l'inventaire 2023 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.

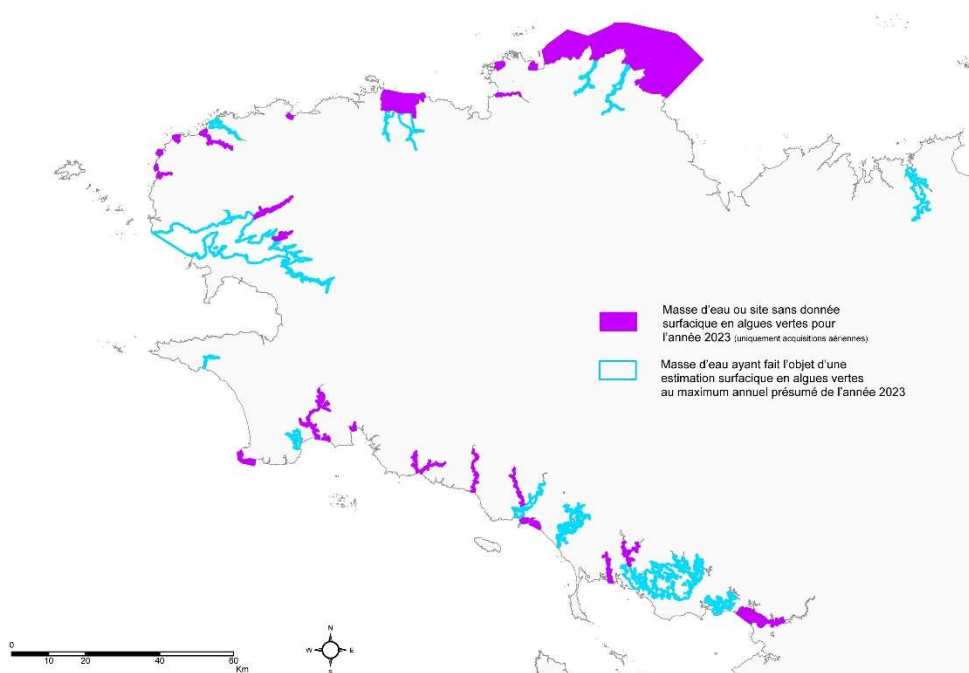


Figure 3 : Illustration des masses d'eau et des sites à « échouages d'ulves » de milieux vaseux. Les masses d'eau pour lesquelles les données ont été complètement acquises en 2023 apparaissent en bleu. Les masses d'eau et les sites pour lesquels les données surfaciques n'ont pas été acquises en 2023 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 2023.

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 lacinulata* (Kutzing) (anciennement *Ulva*



armoricana)² (CIMAV P3 2009, 2010, 2011). La méthode de référence pour le dosage de l'azote est la méthode Kjeldahl. La méthode utilisée pour le phosphore est un dosage par ICP.

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

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

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

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

Les algues ont été prélevées à une fréquence bimensuelle, totalisant 214 prélèvements effectués dès l'apparition nette et régulière des algues sur l'estran des sites (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 3 au 5 mai (sur 16 sites qui présentaient déjà suffisamment d'algues pour effectuer un prélèvement à cette date) et les derniers du 15 au 18 septembre (23 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 certains 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 (21) 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 226 analyses réalisées au total).

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

² 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).

³ 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).



- ✓ 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.
 - 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 le plus souvent 10 prélèvements par site au cours de la saison de prolifération. Cependant, pour certaines des 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 2023, 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 :

- 17 mai : côtes de Bretagne Nord ; coeff. 82
- 18 mai : côtes de Sud Bretagne ; coeff. 86
- 19 mai : côtes Sud Loire ; coeff. 87

Juillet :

- 18 juillet : côtes de Bretagne Nord ; coeff. 72
- 19 juillet : côtes de Bretagne Sud ; coeff. 73
- 20 juillet : côtes Sud Loire ; coeff. 73
- 06 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'Etel, du Blavet et du Scorff, de la Laïta, de l'Aven et du Belon, de l'Odét et de la rivière de Pont L'Abbé) ; coeff. 92
- 04 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. 104

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 :

- 14 septembre : côtes de Bretagne Nord ; coeff. 80



- 15 septembre : côtes de Bretagne Sud ; coeff. 85
- 18 septembre : côtes du Sud Loire ; coeff. 83

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 :

- 17 avril ; coeff. 80,
- 17 juin ; coeff. 73,
- 17 août ; coeff. 80,
- 16 octobre ; coeff. 88.

➤ ***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 3 mai pour les premiers prélèvements et jusqu'au 18 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 2023, 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 2023

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 2023 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 2023 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 2000-2023 concernées par au moins deux survols en période estivale, ne sont considérés ici que les dénombrements de juillet et septembre 2023.

On comptabilise alors sur le littoral breton :

- 47 sites touchés par des échouages d'ulves en juillet 2023 (carte en annexe 1)
- 55 sites touchés en septembre 2023 (carte en annexe 1)
- 67 sites au total touchés en juillet ou en septembre 2023 (carte 2)

Sur ces 67 sites recensés, **en période estivale, 32 sont touchés lors des deux inventaires** et 35 lors d'un des deux inventaires.

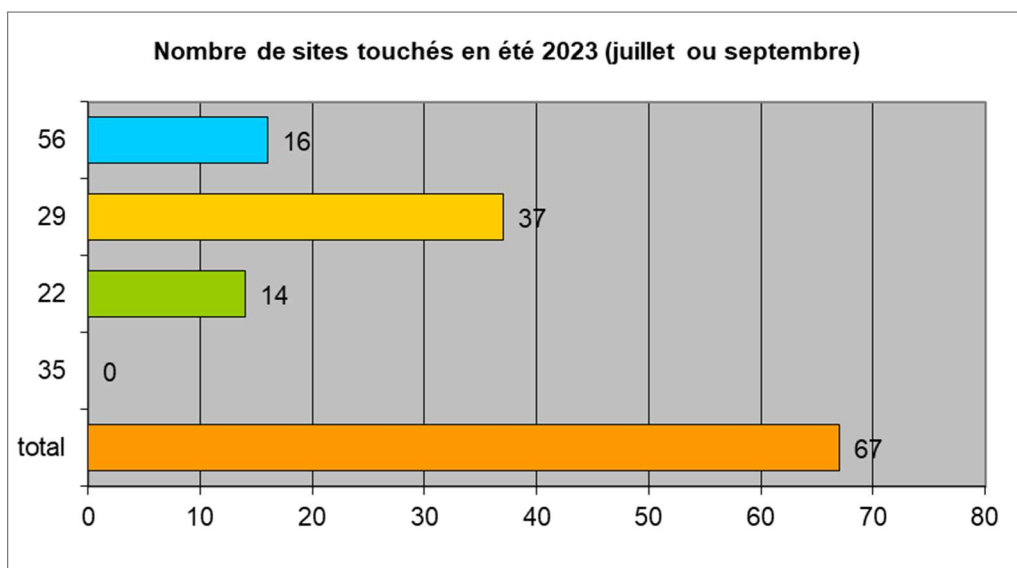


Figure 4 : Nombre de sites touchés par des échouages d'ulves au moins une fois pour les inventaires estivaux en 2023 (juillet ou septembre) par département (Côtes d'Armor (22), Finistère (29), Ille et Vilaine (35) et Morbihan (56)).

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 (55 %) des sites des côtes bretonnes ; suivent, avec moins de 2 fois moins de sites, les départements du Morbihan et des Côtes d'Armor (respectivement 24 et 21 % des sites sur chaque département) ; le département d'Ille et Vilaine n'est pas touché en 2023 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 2023

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".

67 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 2023



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



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 2023 au travers des deux survols « estivaux » juillet et septembre. Depuis 2002, en plus de ces deux survols estivaux « exhaustif » des côtes, un troisième se déroule en mai. L'exploitation de cet inventaire supplémentaire permet d'améliorer la perception du phénomène.

➤ Un dénombrement de sites plus complet

En mai, 55 sites ont été classés comme touchés par des échouages d'ulves. Le mois de mai 2023 comporte plus de sites touchés que le mois de juillet et autant que le mois de septembre. Cela montre bien l'intérêt de l'ajout de cet inventaire de début de saison. En mai 2023 le nombre de sites touché **est inférieur au niveau mesuré en 2022** (61 sites) et quasiment **conforme au niveau moyen** (54.4 sur 2002-2022 soit + 1%) signe d'une année « moyennement » précoce sur cet indicateur de dénombrement. Le niveau est nettement au-dessous des années les plus précoces (respectivement 79, 76, 76 et 75 sites en mai pour 2017, 2016, 2011 et 2009) et nettement au-dessus des années les plus tardives (33 sites en 2014 ; 39 en 2003). Cet inventaire de début de saison, a permis de repérer **12 sites additionnels par rapport à la situation relevée sur la seule période estivale** (juillet-septembre). Ces sites repérés uniquement en mai correspondent à des sites « précoces » qui ont présenté une prolifération printanière d'ulves puis des quantités d'ulves trop faibles ensuite pour que les sites soient classés (pas perceptibles en aérien ou proportion d'ulves trop faible dans un échouage mixte) ou à des sites irréguliers sur lesquels les ulves n'ont été perçues que lors de cet inventaire de mai. A noter que **l'analyse des surfaces couvertes donne une image très différente de la précocité de l'année 2023** (prolifération « régionale » qualifiée de tardive avec des surfaces en « avril + mai » plus de 50 % inférieures au niveau de 2002-2022 et même de 88 % si on compte les sites « hors baie de Saint Brieuc »).

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

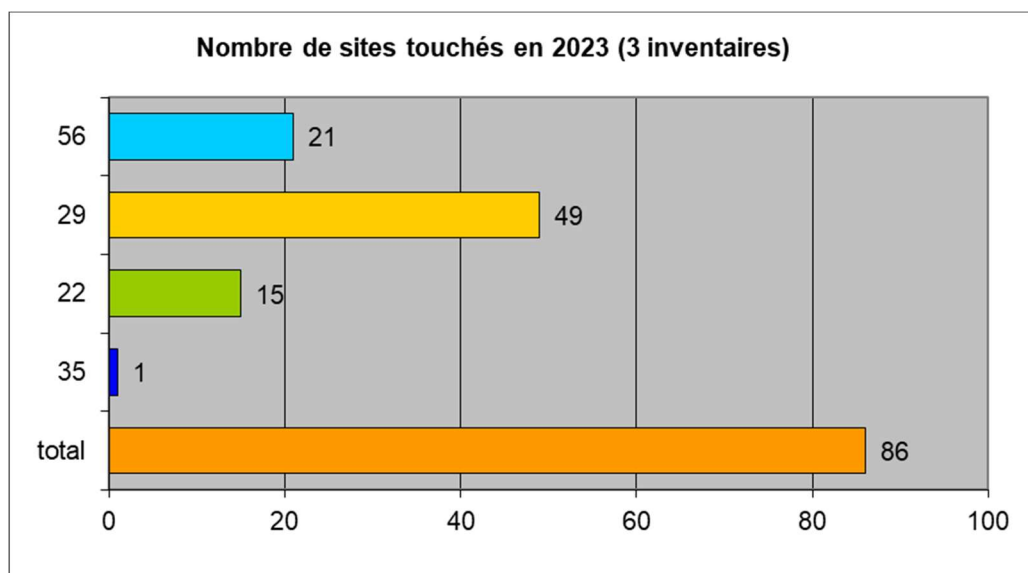


Figure 5 : Nombre de sites touchés par département par des échouages d'ulves au moins une fois en 2023 (mai, juillet, septembre).

Parmi les 12 sites **classés uniquement au mois de mai**, 8 se trouvent sur les côtes du Finistère ; 2 sur les côtes du Morbihan ; 1 sur les Côtes d'Armor et sur les côtes d'Ille et Vilaine.

Sur l'ensemble de l'année, le département du Finistère comprend le plus de sites (57 %) repérés sur le littoral breton. Viennent ensuite les départements du Morbihan (24 %) puis des Côtes d'Armor (17 %), 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 2023 est présenté dans le Tableau 4 avec le rappel des résultats des années antérieures (3 inventaires également pour les années 2007 à 2022, 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 4 : Sites touchés par des échouages d'ulves sur les trois inventaires de 2023 comparés aux années 2002-2022 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
Mai 2023 (2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022)	1 (0, 0, 2, 4, 3, 4, 3, 4, 1, 4, 0, 1, 2, 0, 0, 1, 0, 1, 0, 0, 1)	6 (12, 9, 9, 10, 4, 8, 12, 10, 5, 11, 5, 6, 7, 8, 13, 11, 7, 8, 9, 9, 10)	33 (20, 19, 23, 27, 28, 23, 28, 41, 27, 47, 29, 26, 19, 30, 44, 44, 31, 30, 30, 29, 28)	15 (11, 10, 9, 17, 16, 7, 9, 20, 9, 14, 15, 10, 5, 16, 19, 23, 25, 16, 18, 13, 22)	55 (43, 38, 43, 58, 51, 42, 52, 75, 42, 76, 49, 43, 33, 54, 76, 79, 63, 55, 57, 51, 61)
Juillet 2023 (2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022)	0 (1, 1, 2, 2, 3, 5, 4, 5, 1, 0, 0, 1, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 1, 0)	8 (14, 11, 12, 13, 10, 11, 17, 16, 11, 10, 7, 11, 9, 13, 12, 11, 8, 12, 10, 14, 10)	28 (43, 34, 45, 40, 48, 46, 50, 51, 41, 55, 52, 47, 39, 48, 39, 41, 30, 33, 38, 32, 22)	11 (12, 8, 11, 14, 16, 13, 13, 20, 15, 14, 15, 11, 11, 14, 16, 17, 13, 14, 14, 16, 9)	47 (70, 54, 70, 69, 77, 75, 84, 92, 68, 79, 74, 70, 59, 75, 68, 69, 51, 59, 62, 63, 41)
Août 2007 à 2023 : pas d'inventaire (2002, 2003, 2004, 2005, 2006)	(0, 1, 2, 1, 3)	(12, 9, 11, 11, 9)	(34, 35, 34, 31, 32)	(10, 2, 6, 9, 11)	(56, 47, 53, 52, 55)
Septembre 2023 (2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022) ; pas d'inventaire de 2002 à 2006	0 (5, 2, 2, 1, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 2, 0)	13 (17, 15, 12, 10, 7, 9, 10, 11, 13, 11, 11, 10, 10, 13, 16, 8)	32 (45, 38, 43, 46, 40, 45, 40, 46, 41, 35, 31, 34, 37, 33, 29, 20)	10 (8, 11, 15, 12, 8, 10, 9, 10, 11, 10, 15, 12, 14, 8, 11, 8)	55 (75, 66, 72, 69, 55, 64, 60, 57, 65, 56, 57, 56, 61, 54, 58, 36)
Octobre 2007 à 2023 : pas d'inventaire (2002, 2003, 2004, 2005, 2006)	(1, 1, 4, 1, 2)	(12, 10, 9, 8, 6)	(36, 24, 26, 19, 30)	(12, 5, 7, 8, 6)	(60, 41, 46, 36, 44)

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



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

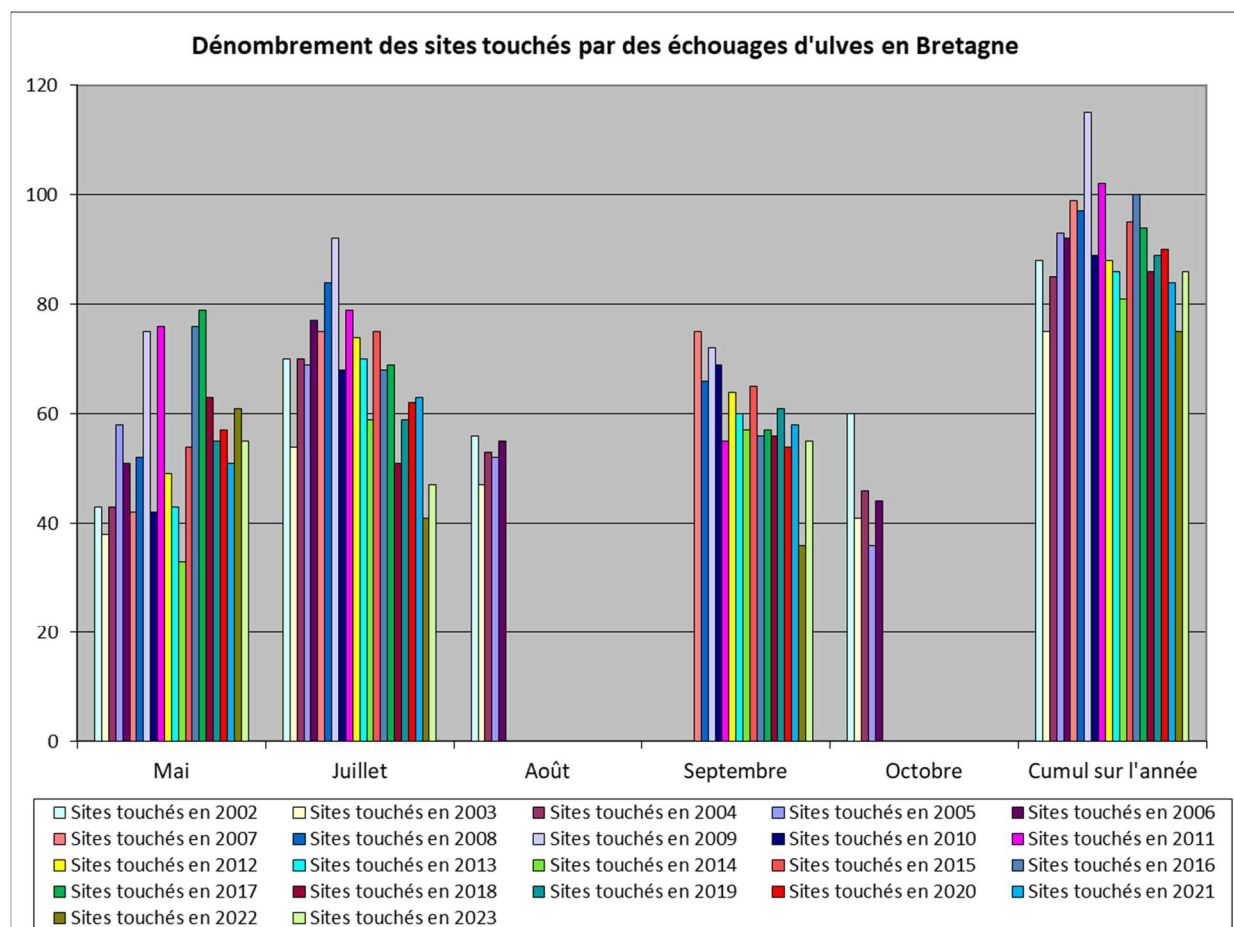


Figure 6 : Nombre de sites touchés par des échouages d'ulves par date d'inventaire sur l'ensemble du littoral breton. Le site de la Fresnaye, touché par des échouages d'*Ulvaria* (« ulvoïde ») de 2007 à 2009 puis de 2015 à 2022 a été classé dans ces sites « ulves ».

Pour l'ensemble des années, on trouve une **augmentation forte entre mai et juillet** (+ 25 % sur la série 2002-2022 et + 20 % sur 2007-2022), puis **une diminution à partir de cette date jusqu'à octobre** (-12 % entre juillet et septembre sur les années 2007-2022 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 2023, **le profil de la saison est atypique** : le mois de mai présente le nombre le plus élevé de sites (avec septembre) et le mois de juillet le niveau le plus bas (avec 8 sites de moins qu'en mai et qu'en septembre). Le niveau de mai, proche de la moyenne 2007-2022 (-1.8 sites), est la résultante d'un niveau un peu inférieur sur les Côtes d'Armor (-2.7 sites) et sur l'Ille et Vilaine (-1.2 sites) alors qu'il est légèrement supérieur sur les côtes finistériennes (+1.4 sites). Pour juillet, le nombre de sites en fort repli par rapport 2007-2022 (-21.1 sites) est en premier lieu lié à la situation sur le **département du Finistère** (-13.5 sites), la situation sur les autres linéaires départementaux s'écartant moins de la moyenne (2.6 à 3.4 sites de moins sur chaque linéaire). Pour le mois de septembre, le nombre inférieur de sites (-5.1 sites) est **également dû au département du Finistère** (-5.1 sites que sur 2007-2022) et de façon plus limitée au linéaire d'Ille et Vilaine (-2.2 sites) alors que le linéaire des Côtes d'Armor présentait un nombre de sites supérieur à la moyenne (+1.6 sites) et le linéaire morbihannais était quasiment conforme (-0.8 sites). Toutefois, le profil de l'année est décrit de façon totalement différente et plus réaliste (on tient compte de l'importance des proliférations à l'intérieur des « sites » et non du simple nombre de sites) dans la partie traitant des surfaces d'échouage.

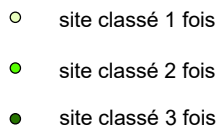
➤ **Fréquences d'apparition et durée de prolifération**

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

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

En 2023, **un quart des sites (26 %) 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 2007-2022 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 31 % 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 2023, plus de la moitié des sites (57 % ; contre 66 % des sites en moyenne sur 2007-2022 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 ».

Limite de l'inventaire





3.1.2. Comparaison inter-annuelle 1997-2023

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 2023 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 17 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 (75.4 sites sur 2010-2022) 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 16 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 démarquait** 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 ; -38% par rapport au niveau moyen 2007-2021). **Le nombre de sites recensé en 2023 est nettement plus élevé qu'en 2022** et plus **proche du niveau des dernières bien qu'inférieur** (- 2 % par rapport à 2017-2022 et -15 % par rapport à 2007-2022).

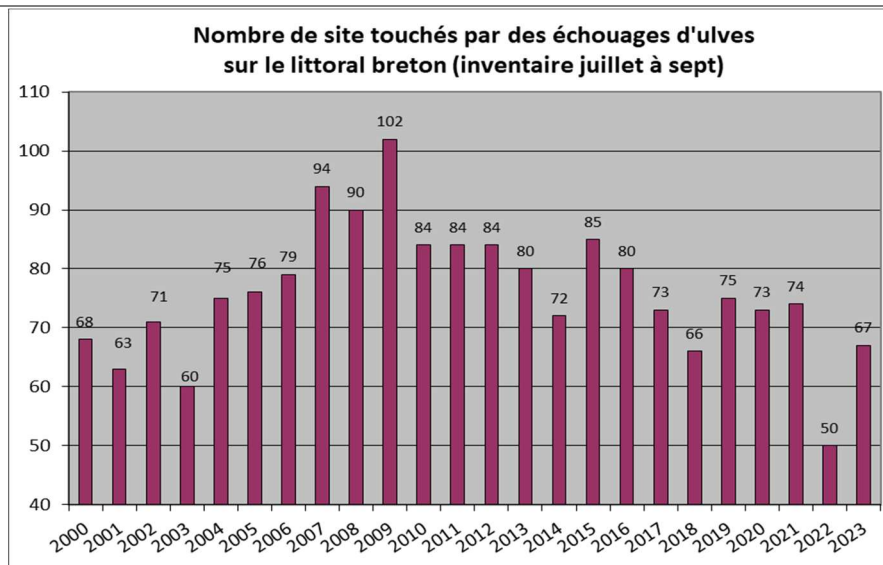


Figure 7 : Nombre de sites touchés entre 2000 et 2023 par des échouages d'ulves en période estivale (début juillet et fin août pour 2000 ; fin juin et début septembre pour 2001 ; juillet et / ou août pour 2002-2006 et mi-juillet et mi-septembre pour les années 2007 à 2022). Le site de la Fresnaye, touché 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 aux proliférations). 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 types de sites étaient en forte régression). En 2015 et 2016, c'est principalement l'augmentation du nombre de sites « 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). En 2023, la forte augmentation du nombre de sites est liée à parts presque égales aux sites de vasières et sableux (entre 31 et 35 % pour ces deux catégories).

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**,



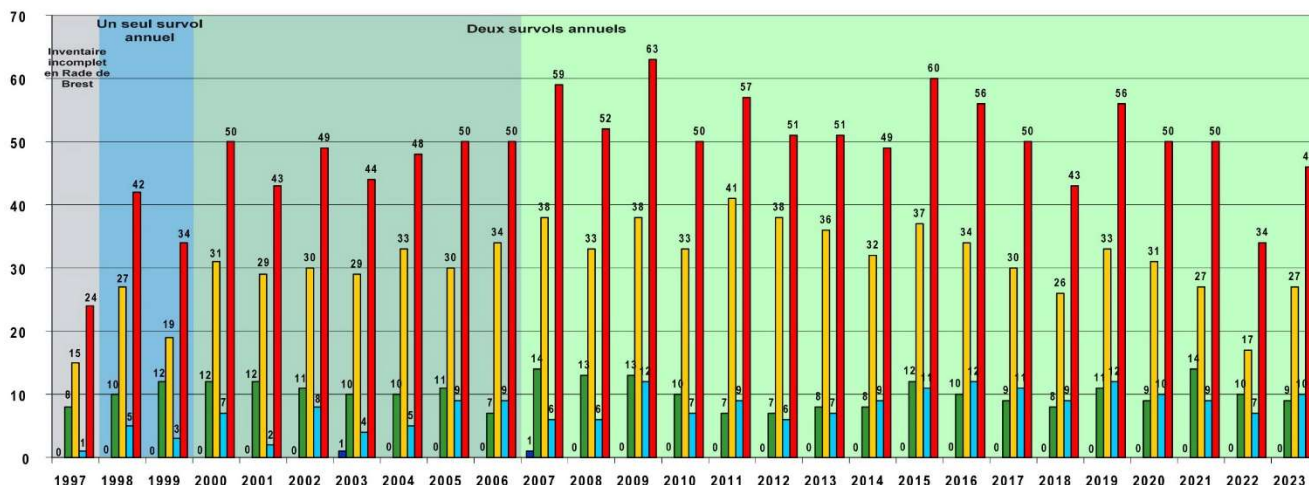
mais aussi à une **meilleure perception par le CEVA** de ces sites, par des survols plus complets des Rias et une meilleure connaissance de ces dépôts. Dans ces circonstances, la diminution sensible du nombre de vasières touchées depuis 2010 (18 de moins entre 2009 et 2023 et 23 de moins en 2022 qu'en 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**.

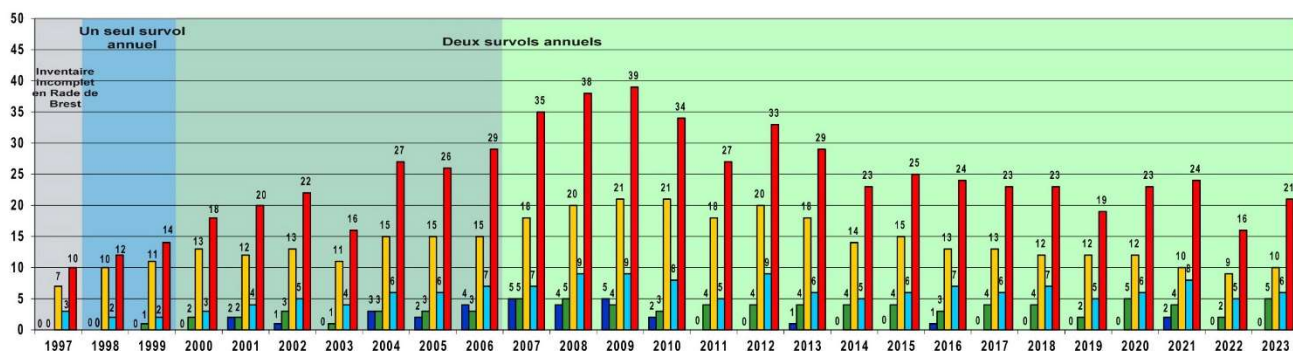


Nombre de sites concernés par des échouages d'ulves entre 1997 et 2023

Secteur de plage



Secteurs de vasières estuariennes



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

Date des inventaires						
1997*	1998	1999	2000**	2001**	2002**	2003**
19, 20 et 31 juillet	25, 26 et 30 juillet	10 et 12 août	4 et 5 juillet puis 29 et 30 août	21 et 22 juin puis 6 et 7 septembre	10 et 11 juillet puis 8 et 9 août	14 et 18 juillet puis 13 et 14 août
2004**	2005**	2006**	2007**	2008**	2009**	2010**
19 et 20 juillet puis 19 et 20 août	21 et 22 juillet puis 19 et 23 août	11, 12, 13 juillet puis 8 et 9 août	15, 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 et 24 juillet puis 20 et 22 septembre	13 et 16 juillet puis 8 et 9 septembre	18 et 21 juillet puis 11 et 12 septembre	19 et 21 juillet puis 16 et 21 septembre	24 et 25 juillet puis 18 et 19 septembre
2018**	2019**	2020**	2021**	2022**	2023**	
11 et 12 juillet puis 8 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 6 et 7 septembre	12 et 13 juillet puis 10 et 12 septembre	18 et 19 juillet puis 14 et 15 septembre	

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

L'ensemble du littoral côtier est survolé à marée basse de fort coefficient. Les sites sont classés comme touchés par des échouages d'ulves à partir du moment où les dépôts sont décelables d'avion et que les contrôles de terrain mettent en évidence des proportions anormales d'ulves. Certains sites sont de très petite taille et ne correspondent pas à la description classique de « marée verte ». Les années antérieures à 2000 ne comportant qu'un inventaire annuel peuvent difficilement être directement comparées aux années postérieures. À 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 2023 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. À 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.

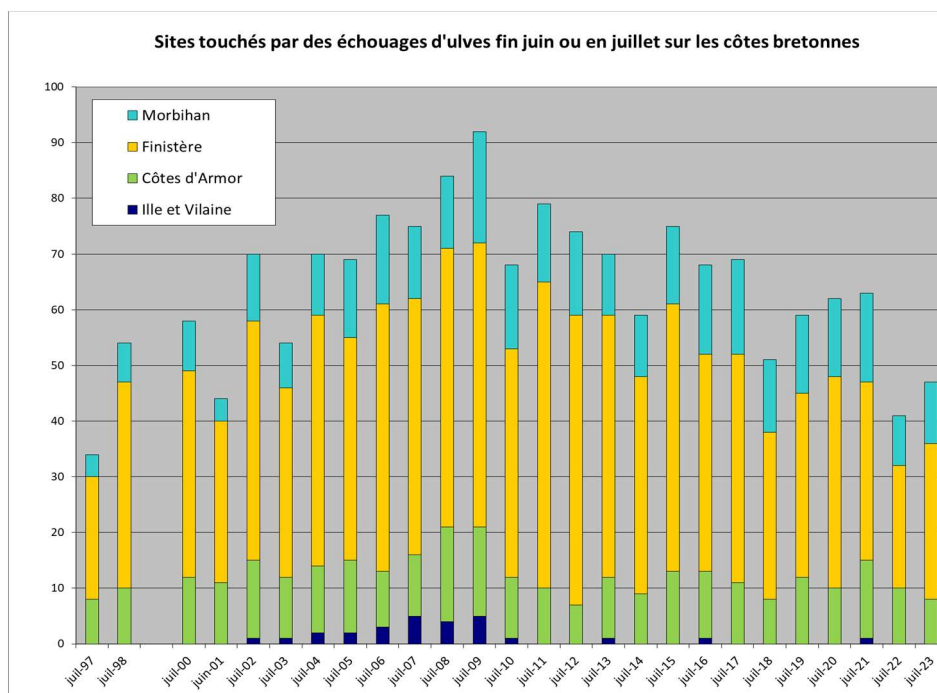


Figure 9 : Sites touchés par des échouages d'ulves en début de saison (fin juin ou juillet) sur les côtes bretonnes. Le site de la Fresnaye, touché par des échouages d'*Ulvaria* (« ulvoïde ») sur les années 2007-2009 puis 2015-2022 a été classé dans ces sites.

La Figure 9 met en évidence un nombre de sites (47) parmi les plus bas pour le début d'été 2023 (juillet). Seules trois années (1997, 2001 et 2022) présentent un nombre de site inférieur à l'année 2023 (1997, la première année d'inventaire est considérée comme une année incomplète). Sur l'ensemble des années le niveau de juillet 2023 est 27 % inférieur à la moyenne (et même 31 % si l'on compare avec la série 2002-2022, plus homogène).

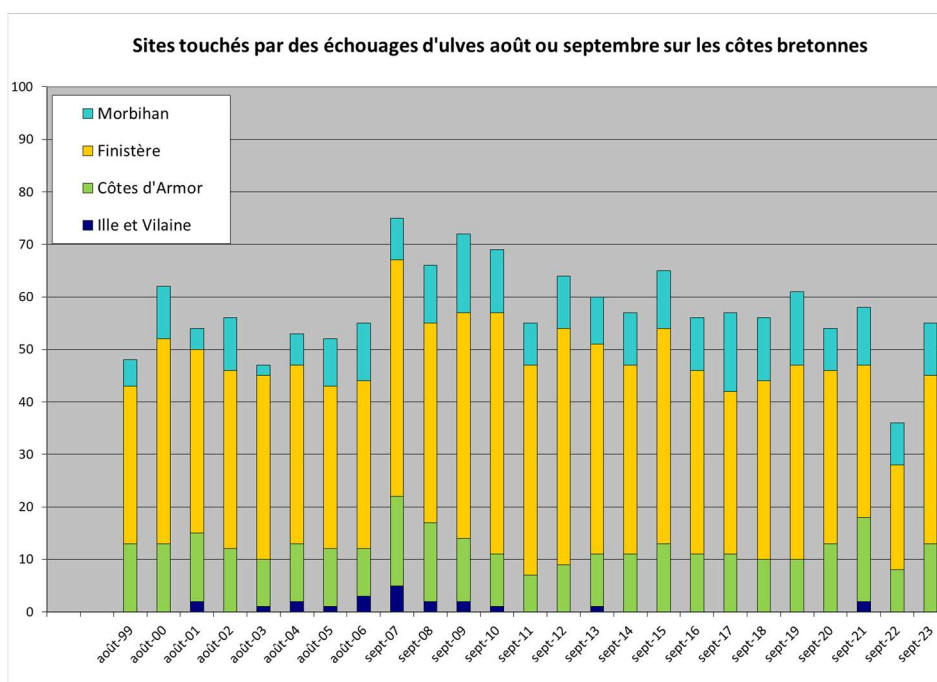


Figure 10 : Sites touchés par des échouages d'ulves en « fin de saison » (août ou septembre) sur les côtes bretonnes. Le site de la Fresnaye, touché par des échouages d'*Ulvaria* (« ulvoïde ») sur les années 2007-2009 puis 2015-2021 a été classé dans ces sites.



La Figure 10 indique, avec 55 sites, un niveau de septembre 2023 assez proche du niveau moyen (-5 % par rapport à la moyenne 1999-2022) et au 10^{ème} rang en partant de la plus petite valeur (sur 25 années). Le niveau de septembre 2023 est plus écarté (inférieur) du niveau moyen si on ne considère que les années comportant un inventaire en septembre (60.1 sur 2007-2022 ; soit -8 %). 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

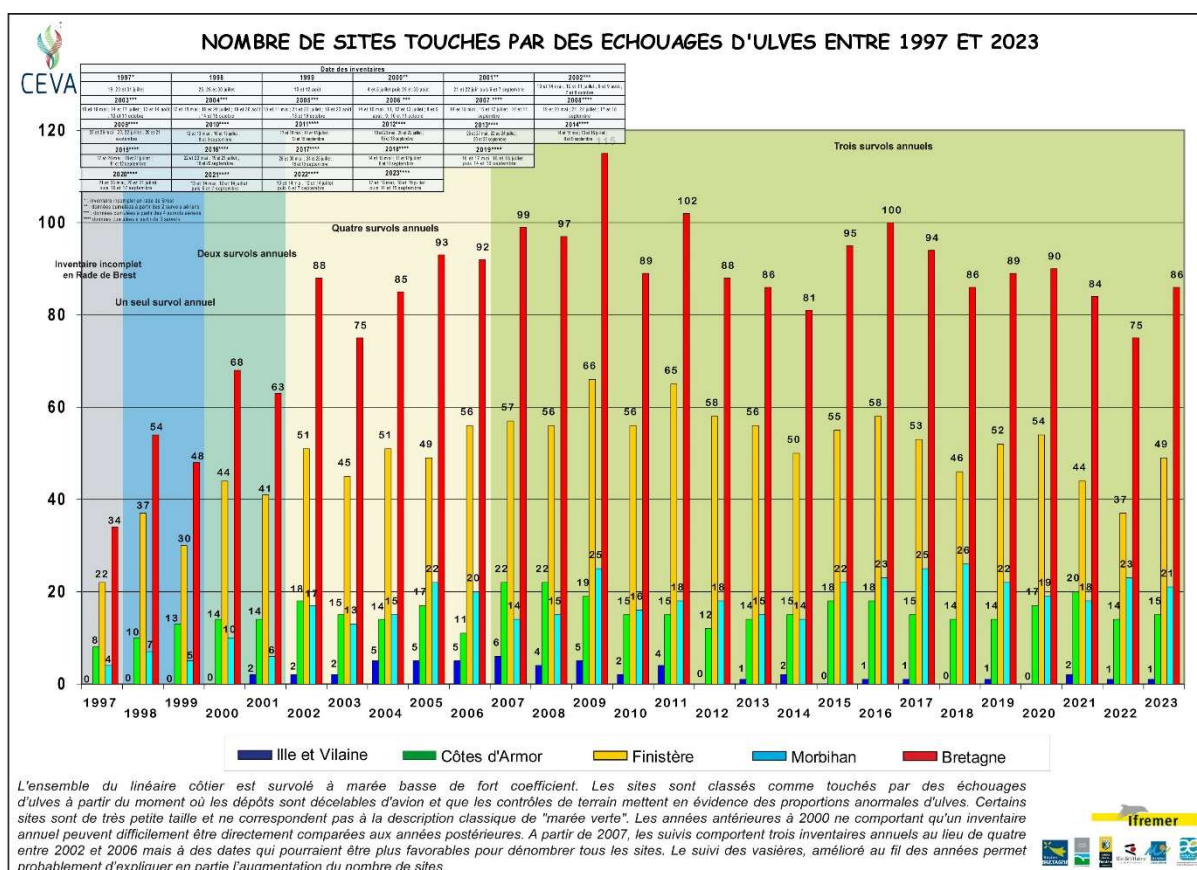


Figure 11 : Nombre de sites touchés par des échouages d'ulves sur l'ensemble de la saison sur les départements bretons entre 1997 et 2023 (nombre d'inventaires différents selon les années). Le site de la Fresnaye, touché par des échouages d'*Ulvaria* (« ulvoïde ») sur les années 2007-2009 puis 2015-2022 a été classé dans ces sites.

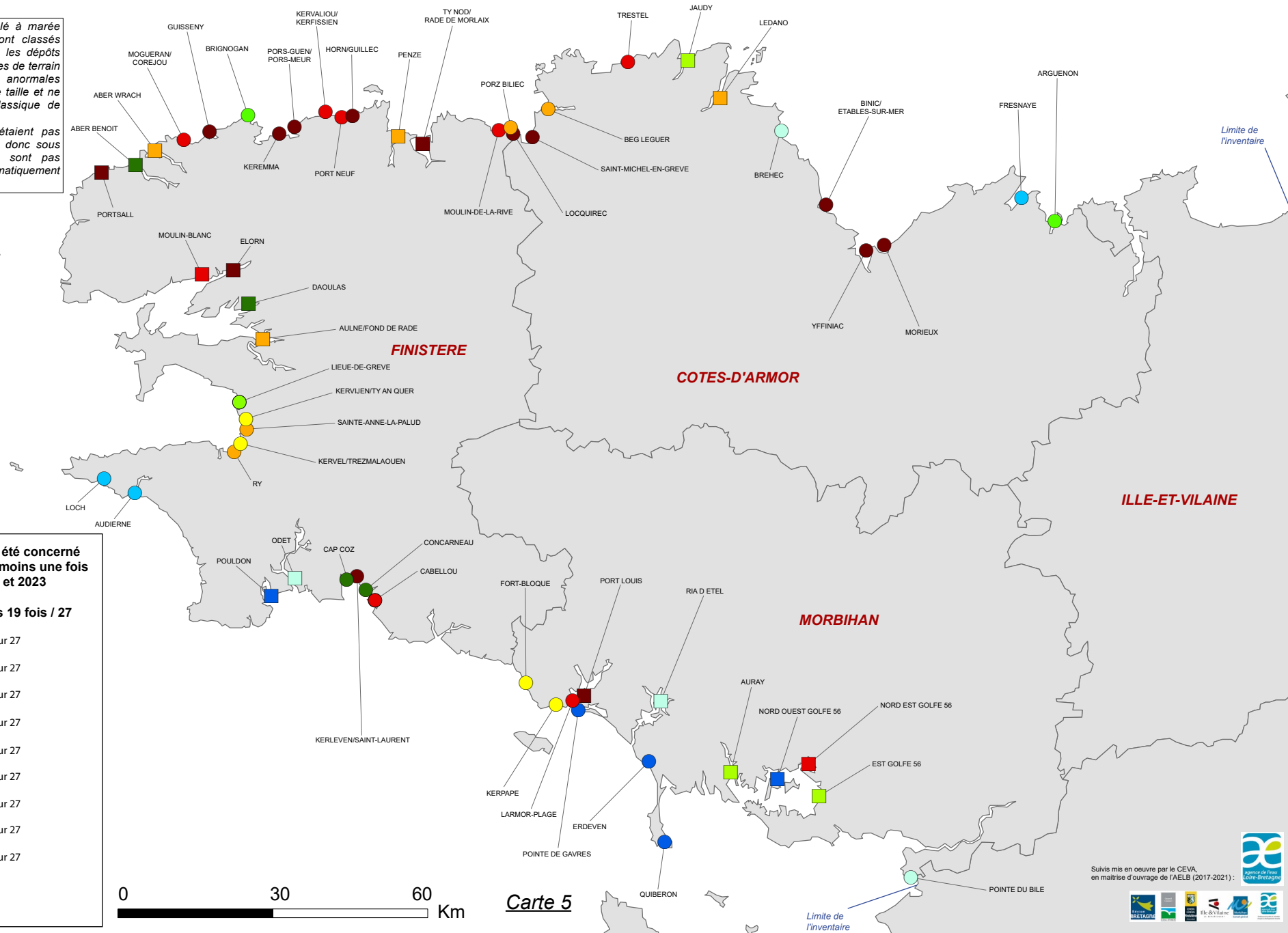


- L'année 2023, en considérant les trois dates d'inventaire (Figure 11), totalise 86 sites soit 11 de plus que l'année précédente. Malgré cette hausse, le niveau sur **l'année 2023 est légèrement inférieur au niveau de la série 2007-2022** (même nombre d'inventaires) avec 6 % de sites en moins (91.9 sites en moyenne). La différence entre le nombre total de sites touchés sur l'année 2023 est moins importante que celle estimée sur les deux inventaires estivaux (-15 % sur juillet et septembre par rapport à la même période 2007-2022), ce qui s'explique un nombre de sites relativement important (12) qui étaient touchés en mai, mais plus en juillet ou septembre. Les années 2007 à 2023, 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, ce qui n'est pas le cas. 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 particulièrement 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 2023 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 19 fois sur les 27 années d'inventaires sont représentés (soit plus de deux années sur trois). 57 sites sont dans ce cas sur le littoral breton (donc 40 % du total des sites déjà repérés depuis 1997) et parmi ces sites, 14 ont été touchés chaque année (« Cabellou » n'ayant pas été classé en 2023 sort de la liste des sites touchés « tous les ans »), 9 l'ont été 26 années sur 27 et 8 l'ont été 25 années sur 27 (soit 31 sites qui ont été touchés au moins 25 années sur 27). Il convient de noter que certains points du littoral (La Rance, la Ria d'Etel, notamment mais également les Iles du Golfe du Morbihan, ...) ne sont survolés que depuis quelques années et ne peuvent donc entrer dans la catégorie des sites touchés 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 les plus fréquemment touchés par des échouages d'ulves sur la période 1997-2023

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).

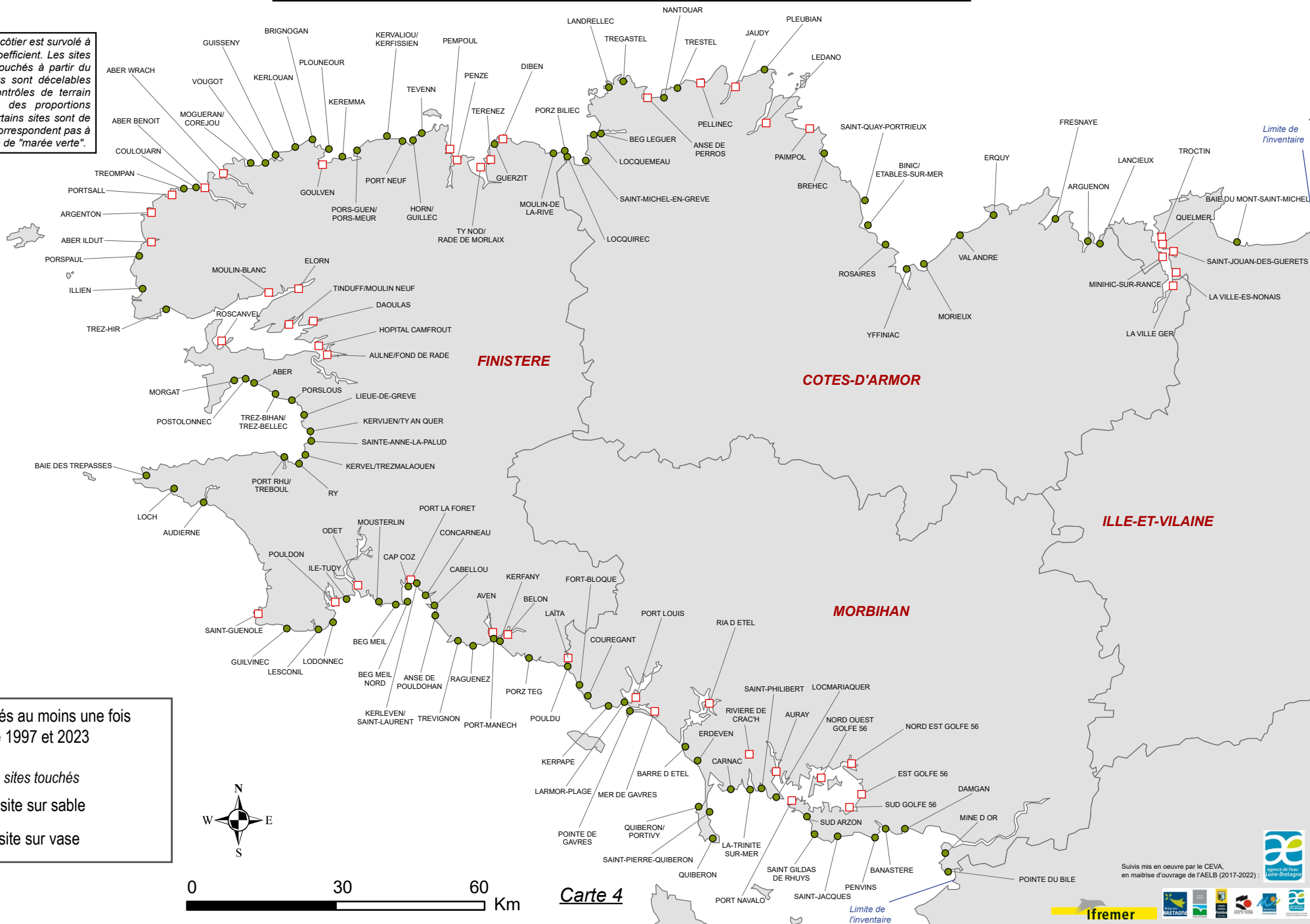


Suivis mis en oeuvre par le CEVA, en maîtrise d'ouvrage de l'AELB (2017-2021) :

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".

Limite de l'inventaire





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 2023. Ces sites sont localisés principalement dans le Golfe du Morbihan, la ria d'Etel, les rades de Brest ou Lorient, les baies de Morlaix et Penzé, la Rance ainsi que dans certains estuaires profonds et les abers.
- Sur les trois inventaires de 2023, **29 sites sur les 86 sites recensés sont des sites de vasière** (soit 33.7 %). **La proportion sites de vasières** concernés par des proliférations d'ulves est **nettement au-dessus de l'année 2022** (proportion la plus basse observée avec 23.5 %) et même **légèrement au-dessus du niveau moyen mesuré sur 2002-2022** (32.5 %). La Figure 12 présente la proportion, sur les inventaires d'été (juillet ou septembre) des vasières touchées sur le total des sites. Pour 2023, 21 vasières sont concernées en juillet ou septembre sur les 67 sites touchés ce qui représente donc **31.3 % du total des sites**. Cette proportion est conforme à **la moyenne depuis 1997** (31.6 %) mais légèrement inférieure à la moyenne sur la série homogène 2007-2022 (33.5%). 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 1997-2023).
- **La prolifération sur la plupart de ces sites est assez longue** : un peu plus de la moitié (52 %) des sites sont touchés deux ou trois fois sur les trois inventaires de 2023 dont 21 % 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.

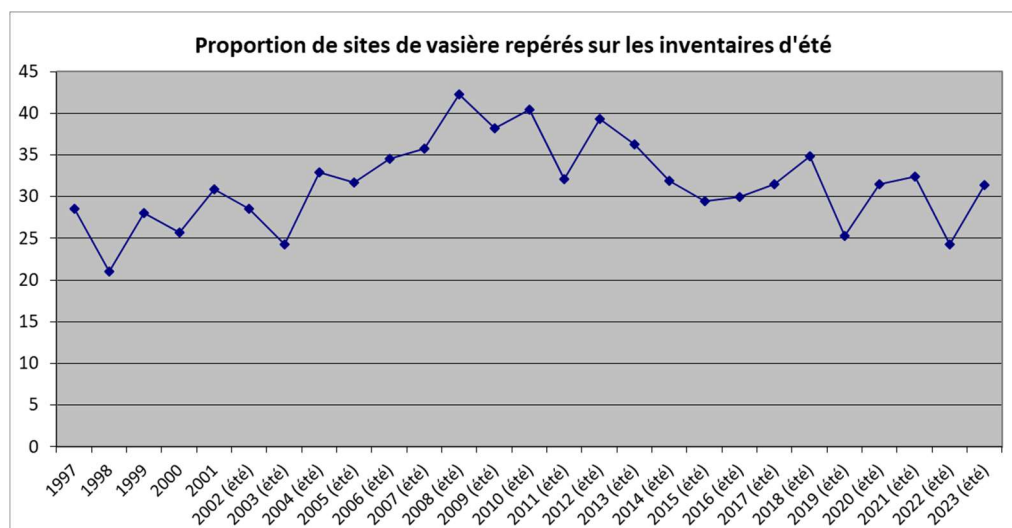
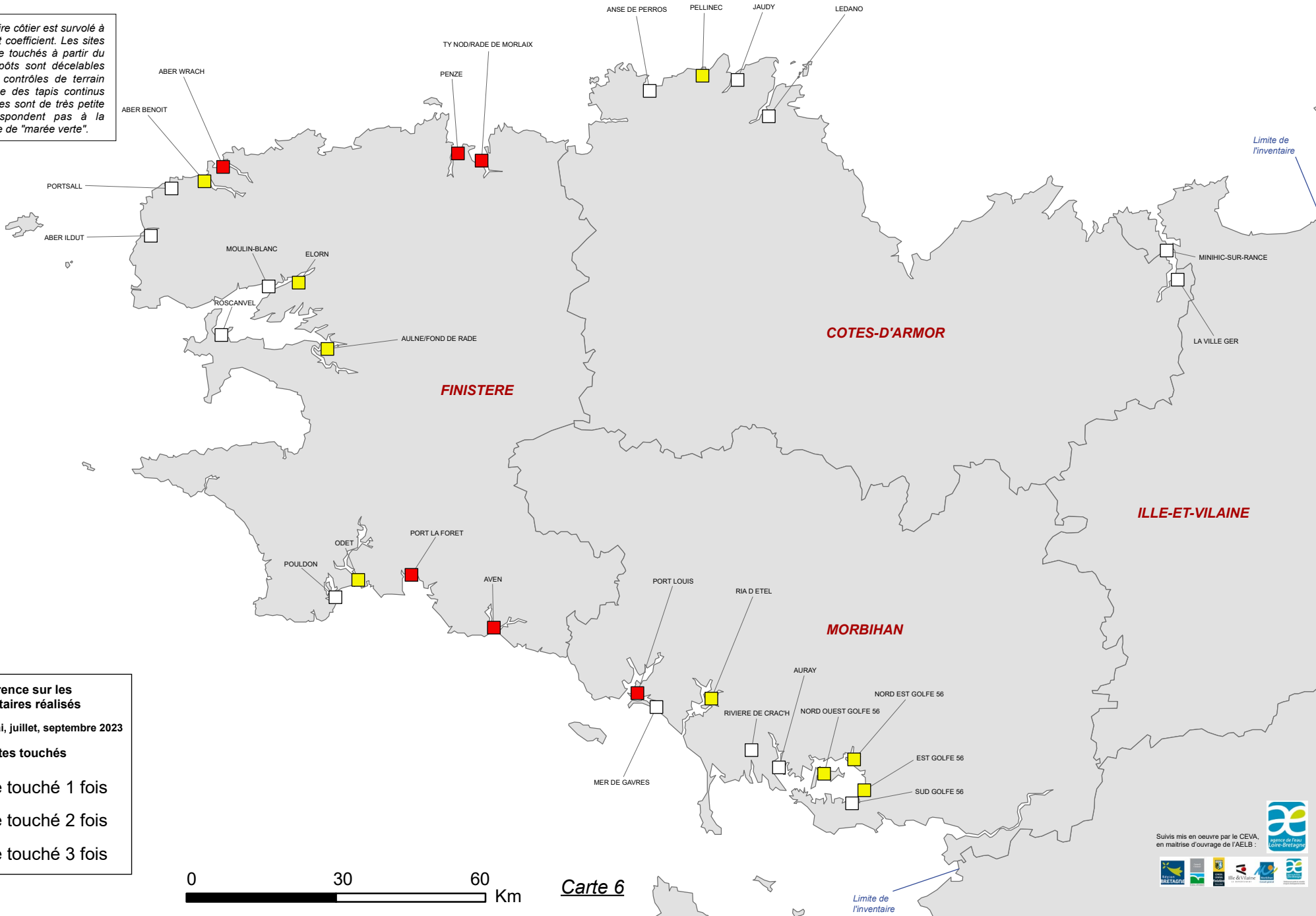


Figure 12 : Proportion de vasières dans les sites touchés par des échouages d'ulves sur les années 1997 à 2023. L'amélioration des suivis permet probablement d'expliquer, en partie au moins, l'augmentation de la proportion des vasières dans le total des sites inventoriés du début des suivis à 2008.

Vasières touchées par des échouages d'ulves au cours de la saison 2023

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





3.1.4. Détermination des espèces proliférantes

Dans le prolongement des missions aériennes, les équipes mobilisées pour effectuer les missions de « vérité-terrain » prélèvent des échantillons d'algues à l'origine de la prolifération observée sur le site. En cas de doute, sur le terrain, sur les espèces rencontrées, les échantillons sont examinés au laboratoire afin que soit déterminée leur systématique. Une première analyse permet de distinguer le genre de l'algue. Pour les « algues vertes en lames », la plupart du temps, il s'agit d'*Ulva* spp, plus rarement, en particulier sur les vasières, de l'*Ulvaria* spp (antérieurement dénommée *Monostroma*). Quand les 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 identifiées 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*⁴ (anciennement *Ulva armoricana*) et dans une moindre mesure *Ulva lactuca* (anciennement *Ulva Rotundata*)⁵.

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 2023, encore plus que l'année précédente, avec 28 sites qui ont fait l'objet de classement pour ces « autres algues »**.

⁴ 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).

⁵ 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 2023, 12 sites ont été concernés par des proliférations d'algues vertes filamenteuses (12 en 2022, 13 en 2020, 11 et 2018 contre 4 en 2021). Certains de ces sites sont assez fréquemment touchés par de telles proliférations (« Landrellec », « Brignogan », pour des proliférations assez modestes mais caractéristiques), mais pour d'autres ces proliférations sont moins classiques (« Binic/Etables sur Mer », « Paimpol », « Concarneau », « Cabellou », « Fort Bloqué »). Cette recrudescence d'algues vertes filamenteuses intervient lors d'une année 2023 qui a été **particulièrement lumineuse sur février, mai et juin** (dans une moindre mesure sur avril). Sur 2022, on notait que ces proliférations d'algues filamenteuses étaient intervenues lors d'une année présentant un excédent d'ensoleillement marqué sur « mars à mai ». Pour ce qui est des années 2020 et 2018, les **proliférations d'ulves avaient été tardives** avec pas, ou quasiment pas, d'ulves sur les premiers inventaires (avril et mai voire juin). Pour ces deux années, on notait **aussi un excédent marqué d'ensoleillement en mai et en fin d'hiver** (mars 2020 et février 2018). Ces conditions sont **a priori favorables à la croissance d'algues filamenteuses fixées** aux roches. Outre ces cas d'algues filamenteuses, 2 sites **ont été touchés par des proliférations d'algues vertes en lames, très proches des ulves** : prolifération en juillet et septembre d'**Ulvaria** sur la plage du Quistillic (plage sableuse à l'ouvert de l'Aber Wrac'h) et sur la « baie de Saint Michel en Grève » (en mélange avec des Ulves, avec certains secteurs plus concernés par les Ulves et d'autres presque exclusivement par l'**Ulvaria**). Sur ces deux sites, ces proliférations d'**Ulvaria** sont « anormales » : première fois que nous les observons sur l'Aber Wrac'h et deuxième observation sur la baie de « Saint Michel en Grève » (après le report de telles proliférations, concomitantes aux proliférations d'Ulves, en juillet 2019). En revanche, de telles proliférations ont été reportées à de nombreuses reprises sur la baie de la Fresnaye depuis 2007, mais cela n'a pas été le cas en 2023.

En plus de ces échouages d'algues vertes « non ulves », des proliférations d'autres algues, brunes et rouges, ont concerné de nombreux secteurs (18 sites) et **cette « thématique » reste donc majeure en 2023**. 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 écophysologique 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 », de la « Fresnaye » et d'Erquy pour 2023), 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 « Cabellou », « Saint-Pierre-Quiberon » et l'« Aber Benoit ». La baie de Douarnenez, en plus des proliférations, d'ulves a vu en 2023 des proliférations successives d'*Ectocarpales*, de *Cladophora* et de *Falkenbergia*.

En 2023, les **échouages de *Solieria chordalis* ont été relativement limités** (lors des vols) et n'ont concerné que **deux sites, en septembre** « Saint Gildas de Rhuys » et « Saint Jacques ».



3.1.5. Conclusion

Les inventaires en dénombrement de sites sur le littoral breton en 2023 ont permis de repérer :

- Un nombre de sites touchés par des échouages d'ulves sur les 3 inventaires **(86 sites) nettement supérieur à l'année 2022** (+11 sites) mais cependant **légèrement inférieur au niveau de la série 2007-2022** (même nombre d'inventaires) avec 6 % de sites en moins.
- Un nombre de sites **en mai** (55 sites) qui est **conforme au niveau moyen** (54.4 sites sur 2007-2022 soit 1 % de plus). Sur le critère « dénombrement », l'année **2023 est donc comme « normalement précoce »**.
- **Un niveau de juillet** (47 sites) qui diminue par rapport à mai (de 8 sites, contre une augmentation interannuelle de 11.3 sites) et se situe alors à un niveau **très inférieur au niveau moyen** (68.1 sur 2007-2022 soit 31 % de moins en 2023). La prolifération peut être donc qualifiée de « peu intense », sur ce critère.
- **Un niveau en septembre** (55 sites) qui augmente sensiblement (+8 sites contre une diminution interannuelle de 8 sites) et reste **légèrement inférieur à la moyenne** (60.1 sites sur 2007-2022 soit 8.5 % de sites en moins sur septembre 2023). La prolifération, malgré un rebond d'arrière-saison, est donc « relativement peu soutenue » en fin de saison, sur ce critère de dénombrement.
- L'analyse sur la seule **période « estivale » juillet à septembre** (67 sites) montre un niveau qui est inférieur au niveau pluriannuel, plus nettement que sur l'indicateur intégrant les 3 inventaires annuels (-15 % par rapport à 2007-2022 et -2 % par rapport aux dernières années 2017-2022 de moindre prolifération).
- Au travers de ce dénombrement on perçoit donc une année de **prolifération « normalement précoce » puis peu intense en été et relativement peu soutenue à l'automne**.
- Une **proportion des sites de vasière** dans le total des sites (33.7 %) qui est **très légèrement supérieure à la situation moyenne** (32.5 % sur les années 2007-2022). Sur la plupart de ces vasières, la prolifération y est longue (un peu plus de la moitié des sites est classés 2 ou 3 fois).
- De nombreux sites touchés par des proliférations **d'algues autres que les ulves** : 12 sites sont touchés par des **algues vertes filamenteuses** (niveau élevé, comme c'était le cas en 2022, 2020 ou 2018, années climatiques également favorables pour ce type de proliférations). En plus de ces proliférations d'algues vertes filamenteuses des proliférations massives d'Ulvaria ont concerné la baie de « Saint Michel en Grève » et la plage du Quistillic à l'ouvert de l'«Aber Wrac'h ». 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*, n'ont concerné que deux sites, sur la Presqu'île de Rhuy en septembre. Avec **28 sites concernés**, cette thématique des « autres algues que les ulves » **est particulièrement d'actualité en 2023**.
- 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 2023. En 2023, sur 16 ME de type vasière (cf. § 2.2 suivis surfaciques), les sites ont fait l'objet de mesures surfaciques : les 10 ME suivies depuis 2011 et 6 ME additionnelles, pour lesquelles l'agence de l'Eau Loire Bretagne a commandé une évaluation surfacique. 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 2023, 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 2023 comme pour les années de 2009 à 2022, 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 2023 »)



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

Pour ce qui est des sites « sableux » touchés par des échouages d'ulves en 2023, 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 0,03 à 244 ha soit dans un rapport de 1 à près de 8 000, 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 2023 (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 dont les surfaces sont non nulles). 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, très légèrement supérieur au mois de juillet, sur le cumul du linéaire breton pour la moyenne 2002-2022), et pour certains sites dont le maximum est en août (Finistère nord notamment) voire en octobre certaines années. En 2023, la prolifération a été **totale**ment « **atypique** » : **tardive puis intense en fin de saison**, avec un maximum annuel, sur le cumul des sites sableux en suivi renforcé, qui se situe **au mois d'octobre** (première fois que ça arrive depuis le début des suivis en 2002). Pour 10 sites le maximum sur 7 inventaires est supérieur au maximum 3 inventaires et pour 7 de ces sites c'est bien la mesure d'octobre qui est le maximum annuel (« Morieux », « Saint Michel en Grève », « Arguenon », « Kerleven/Saint Laurent », « Erquy », « Val André » et « Cabellou »), les 3 autres sites ayant un maximum en juin (« Yffiniac ») ou août (« Horn/Guillec » et « Keremma »). Même si une majorité de sites a connu un maximum annuel parmi les 3 inventaires « généraux » du RCS, l'ajout de survols permet 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 26 sont en dessous de 1 ha (soit 46 % des sites sableux) 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 5 : Répartition des sites sur secteur de plage par classe de taille maximum atteinte en 2023 sur les 3 inventaires « généraux » (« rideau » + échouage en « équivalent 100% » de couverture). 57 sites de type « plage » ont été classés pour des échouages d'ulves en 2023 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	26
de 1 à 10 hectares	18
de 10 à 50 hectares	9
de 50 à 200 hectares	3
plus de 200 hectares	1

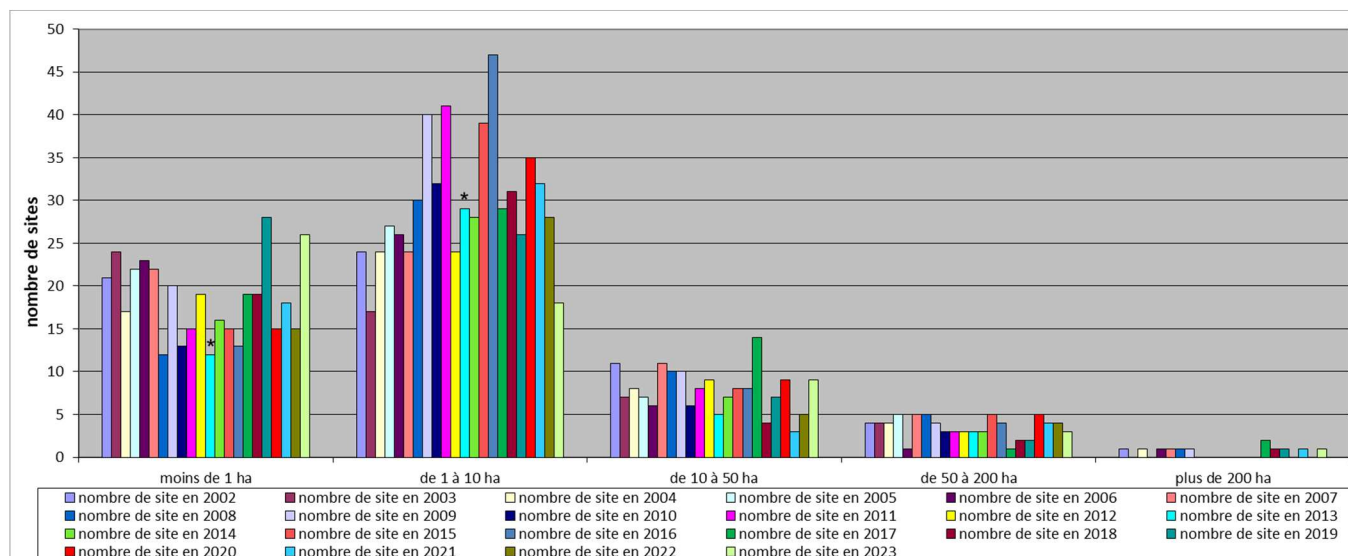


Figure 13 : Répartition par classe de taille (maximum annuel sur les trois inventaires « généraux ») des sites présentant des échouages d'ulves sur secteur de plage entre 2002 et 2023 ; le site de la Fresnaye, touché par des échouages d'*Ulvaria* (« ulvoïde ») de 2007 à 2009 puis de 2015 à 2022 a été 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 6 : Répartition des sites sur secteur de plage touchés en 2023 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		3	18	5	26
de 1 à 10 ha		2	10	6	18
de 10 à 50 ha		1	7	1	9
de 50 à 200 ha		3			3
plus de 200 ha		1			1



L'analyse de la Figure 13 et des Tableau 5 et Tableau 6 permet de conclure pour la saison 2023 :

- **Près de la moitié des sites sont de très petite taille et se trouvent dans la tranche de 0 à 1 ha en maximum annuel** (46 % de cas en 2023, contre 30 % en moyenne 2002-2022),
- Près d'un tiers des sites (32 %) se trouvent entre **1 et 10 ha. On trouve donc une grande majorité des sites (77 %) qui présentaient, en maximum annuel, une couverture de moins de 10 ha.**
- La catégorie des sites « moyens », **entre 10 et 50 ha comprend 9 sites en 2023** (7.8 en moyenne 2002-2022). On relève 1 site dans cette catégorie sur **le littoral du Morbihan** (« Erdeven » avec 20 ha). Mais la majorité se trouve sur les **côtes finistériennes** (7 sites avec par ordre décroissant « Guissény », « Horn/Guillec », « Sainte Anne la Palud », « Kervel/Trezmalaouen », « Locquirec », « Kervijen/Ty an Quer » et « Ry ») et un site se trouve sur le **littoral des Côtes d'Armor** (« Arguenon », juste au-dessus de 10 ha).
- **3 sites**, tous sur le **littoral des Côtes d'Armor** (« Yffiniac », « Saint Michel en Grève » et « Binic/Etables-sur-Mer ») se trouvent entre **50 et 200 ha** alors qu'ils sont 3.5 en moyenne sur 2002-2022.
- **1 site, sur le littoral des Côtes d'Armor** (« Morieux » avec près de 250 ha), est dans la catégorie « **plus de 200 ha** » contre 0.5 en moyenne sur 2002-2022. Sur les 3 inventaires de 2023, on compte donc 4 sites au-dessus de 50 ha (pour 4.0 en moyenne 2002-2022).
- 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** (28 sites de moins de 10 ha et 7 entre 10 et 50 ha). Aucun site n'atteint, sur ce département, en 2023, le seuil de 50 ha. Les sites de « Guissény » et de l'« Horn/Guillec » (anse du Dossen) sont les plus chargés en maximum annuel avec des surfaces de 38 et 35 ha.
- En revanche, sur les **Côtes d'Armor**, le nombre de sites est plus réduit, mais **les sites sableux les plus importants en terme de surface d'échouage** se trouvent sur ce littoral (cf. Annexe 4 : répartition des sites suivant leur surface maximale d'échouage sur 3 ou 7 inventaires). **Les 4 sites de plus grande surface d'échouage se trouvent sur ce département** (« Morieux », « 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 2023, le département **du Morbihan** (seuls les sites sableux sont considérés ici) présentait **1 site au-dessus de 10 ha** (« Erdeven » avec 20 ha) ; **6 sites entre 1 et 10 ha** (plus précisément entre 1 et 2.04 ha, pour le site de « La Trinité sur Mer ») **et 5 sites en dessous d'1 ha.**
- Le département **d'Ille et Vilaine** ne comprend, encore en 2023, 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. La carte 7 fait ressortir les trois plus gros sites régionaux (+ de 100 ha) qui sont tous les trois sur les Côtes d'Armor (« Morieux », « Yffiniac » et « Saint Michel en Grève »), alors que la carte 8 (symboles proportionnels et non « par classes ») montre que les deux premiers sites « Morieux » puis « Yffiniac » sont nettement plus importants (respectivement 575 et 235 ha) que « Saint Michel en Grève » (110 ha) ; que les deux sites « Guissény » et « Horn/Guillec » sont à des niveaux assez proches de « Saint Michel en Grève » (84 et 67 ha) et que « Binic / Etables sur Mer » suit de près (58 ha). Dans les sites de plus de 20 ha se trouvent 2 sites de la



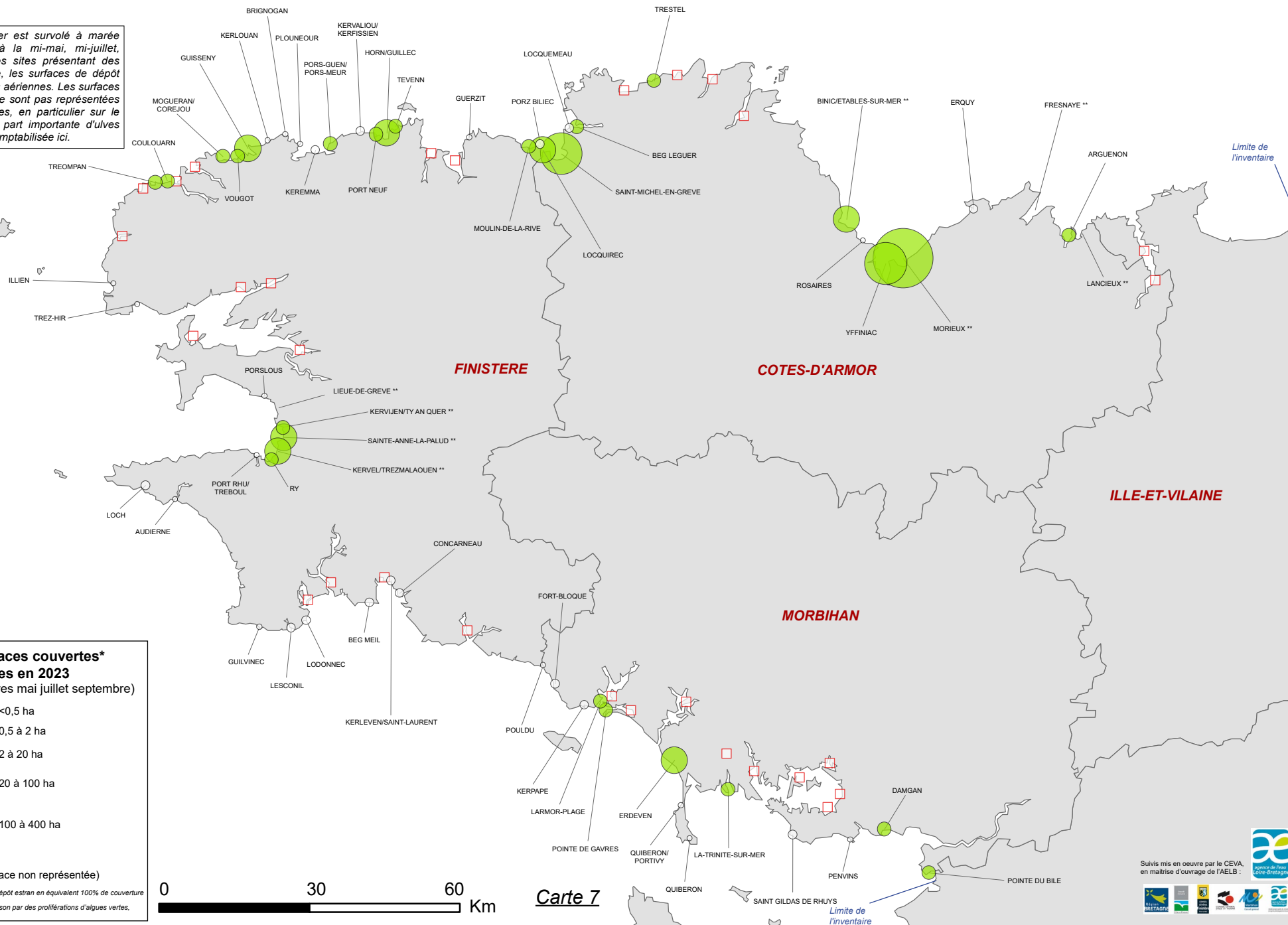
baie de Douarnenez, le site de « Locquirec » et le site « d'Erdeven » (Isthme de Quiberon), seul site « hors baies du PLAV » à être dans cette catégorie. Entre 10 et 20 ha on trouve 5 sites, surtout sur le littoral finistérien mais également costarmoricain pour un site (« Ry » et « Kervijen / Ty an Quer » sur la baie de Douarnenez, « Coulouarn » et « Pors Guen/Pors Meur » sur le Finistère Nord et « Arguenon » sur l'Est des Côtes d'Armor). Tous les autres sites figurant sur les cartes 7 et 8 (42 site sur 57 sites sableux au total soit 74 %) présentent des surfaces cumulées sur les 3 inventaires du RCS inférieures à 10 ha. Il convient de 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. Par ailleurs, il faut rappeler aussi que certains sites sont concernés par des proliférations d'autres algues que les ulves, parfois en mélange ou séquentiellement (« Binic/Etables » avec surtout beaucoup d'algues vertes filamenteuses en fin de saison, dans une moindre mesure « Morieux » avec des Ectocarpales parmi les ulves, certains sites de la baie de Douarnenez, ...) mais dans d'autres cas sans prolifération d'ulves associée cette année (« Baie de la Fresnaye », « Lancieux » ou « Lieue de Grève », en baie de Douarnenez, qui ne sont pas classées pour les ulves en 2023). 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) et générer des nuisances et impacts environnementaux. Enfin, sur ces cartes, l'importance des dépôts d'ulves sur les sites « de vasières » 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 2023 »). On y distingue, encore en 2023, **la très nette prédominance de la ME FRGC05, du « fond de baie de Saint Briec »** qui à elle seule, avec 869 ha recouvre près de 5 fois plus de surfaces que la deuxième ME (FRGC12, « Léon Trégor »). Suivent les ME FRGC10 (« Baie de Lannion ») avec 24 % de moins que la FRGC12 puis la FRGC20 (« Baie de Douarnenez ») avec 36 % de moins que la FRGC10 puis la FRGC35 (« Baie d'Etel ») largement derrière (- 76 % de moins que la FRGC20). Toutes les autres ME présentent, en 2023, des surfaces assez faibles, inférieures à 20 ha. L'analyse par ME renforce encore la perception de l'importance de la baie de Saint Brieux dans l'échouage des ulves en 2023 : cette ME regroupe en effet 62 % de la surfaces d'ulves sur sites de plage à l'échelle régionale.

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 2023

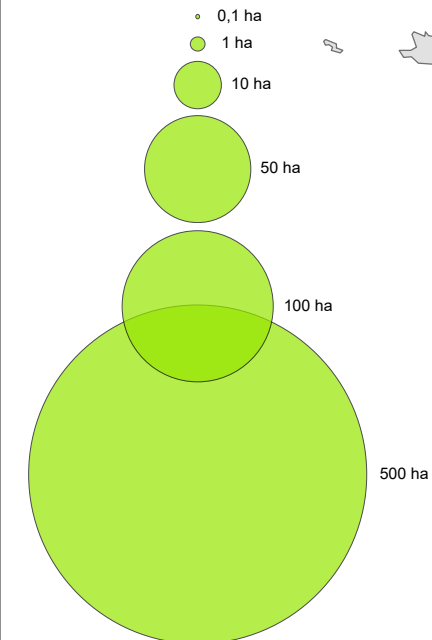
L'ensemble du linéaire côtier est survolé à marée basse de fort coefficient à la mi-mai, mi-juillet, mi-septembre. Pour tous les sites présentant des échouages d'ulves sur sable, les surfaces de dépôt sont mesurées sur les photos aériennes. Les surfaces de dépôts sur les vasières ne sont pas représentées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



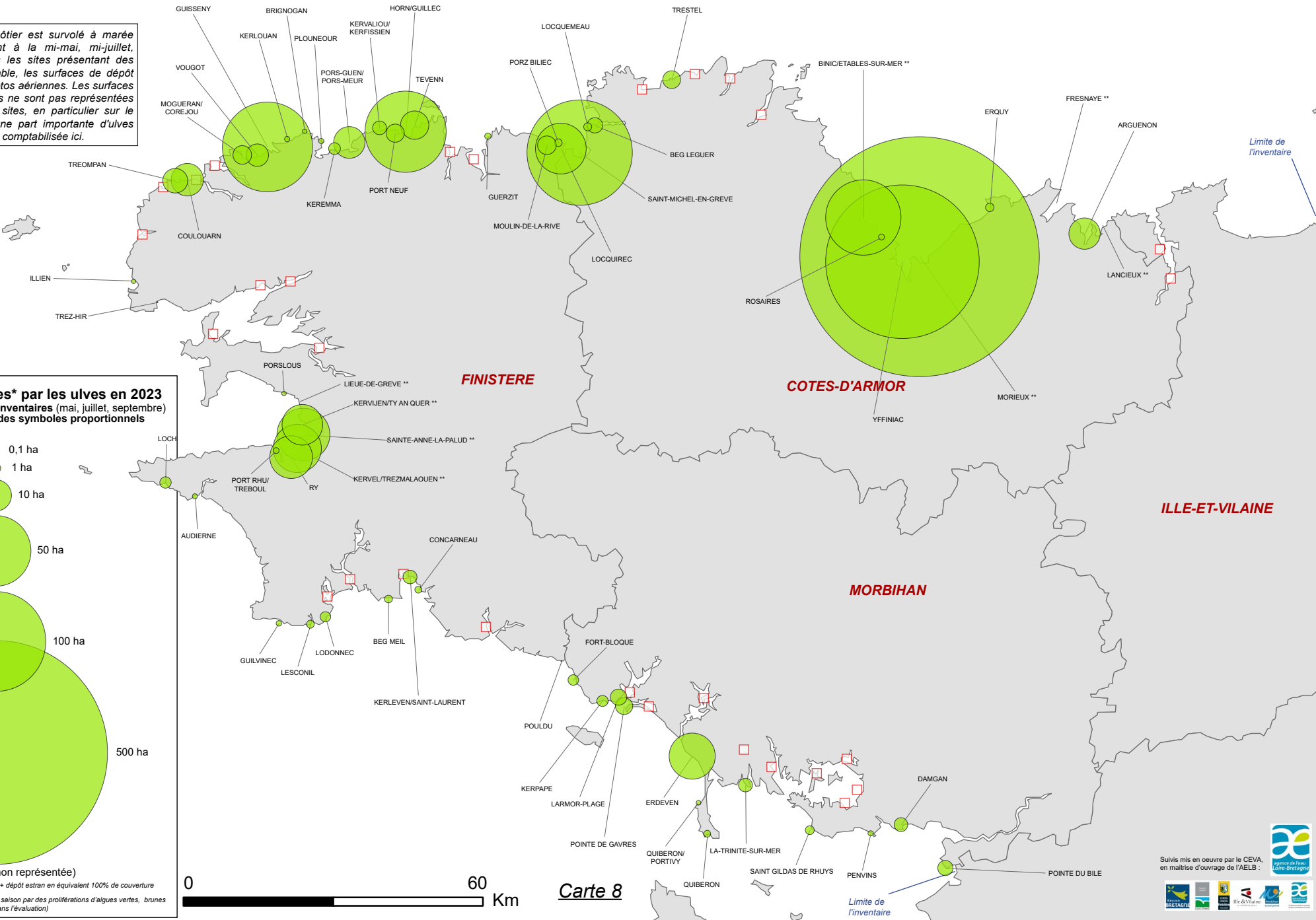
Surfaces couvertes par les ulves cumulées lors des 3 inventaires de surveillance de la saison 2023

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 2023 Plages : cumul sur les 3 inventaires (mai, juillet, septembre) représentation avec des symboles proportionnels



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

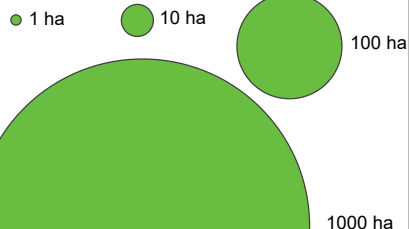


Surfaces couvertes par les ulves sur les plages Cumul par Masse d'Eau en 2023 (contrôle de surveillance DCE)

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 d'algues vertes, brunes ou rouges filamenteuses qui touchent certains sites (Fresnaye massivement en 2023, par exemple) ne sont pas intégrées. 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 2023



FRGCXX 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

0 30 60 Km

FINISTERE

COTES-D'ARMOR

ILLE-ET-VILAINE

MORBIHAN

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



3.2.2. Evolution annuelle de la marée verte

La cartographie des surfaces couvertes par les ulves à chaque mois d'inventaire (**annexe 5**) permet de percevoir le phénomène à différentes périodes de l'année et d'en saisir l'évolution au cours de la saison sur le plan régional. La représentation proposée des surfaces couvertes (dépôt + rideau en « équivalent 100% ») sur les 7 cartes mensuelles 2023 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 2023 par rapport aux années antérieures. On relève :

- **En avril**, seule la **baie de Saint Brieuc** présentait un **échouage d'ulves** et de surface modeste. La prolifération est donc **partout tardive en 2023**.
- **En mai**, les surfaces sur la **baie de Saint Brieuc** (« Morieux » et « Yffiniac ») **augmentent fortement** et de **nombreux sites, de surface plus modeste, apparaissent**, principalement sur la côte nord Finistère (« Guissény », « Coulouarn », « Tevenn », « Tréompan »,....) mais également sur le littoral sud Finistère du Morbihan (« La Trinité sur Mer »). En mai, **les deux sites de la baie de Saint Brieuc représentent encore 75 %** de la surface régionale totale.
- **En juin**, les **surfaces augment encore sur la baie de Saint Brieuc** (en particulier sur « Yffiniac »), **sur la baie de « Saint Michel en Grève » sur « Locquirec » et « l'Horn/Guillec » et le « Ry »** alors qu'elles n'évoluent pas sur « Guissény » (autour de 10 ha). Tous les autres sites présentaient, en juin, des surfaces peu importantes, **de moins de 5 ha**. La baie de Saint Brieuc **totalise encore 80%** de la surface totale régionale.
- **En juillet**, les surfaces à l'échelle de la **baie de Saint Brieuc augmentent légèrement** mais c'est « Morieux » qui prédomine et « Yffiniac » **régresse fortement** (lien avec les vents d'est qui, en juin, avaient engendré des échouages massifs côté « Yffiniac »). La carte de l'annexe 5 montre ensuite de **nombreux sites de surface importante** : baie de Saint Michel en Grève (44 ha, niveau cependant inférieur à la moyenne pluriannuelle), de « Guissény » (38 ha, niveau nettement supérieur à la moyenne pluriannuelle), de l'« Horn/Guillec » (site également plus couvert qu'en moyenne pluriannuelle), « Erdeven » (massivement touché, avec 20 ha, ce qui est assez exceptionnel même si ce site « irrégulier » avait déjà présenté des échouages d'une quinzaine d'ha en mai et juillet 2008 et juillet 2004), « Locquirec », plusieurs sites de la baie de Douarnenez et enfin « Binic/Etables sur Mer ». Les autres sites (26 sites sur les 37 au total de juillet) sont tous sous le seuil de 5 ha. Le **poids relatif de la baie de Saint Brieuc diminue avec 58 %** de la surface régionale en juillet.
- **En août**, les surfaces sur la **baie de Saint Brieuc diminuent légèrement** (- 21 % mais tout en restant supérieures au niveau pluriannuel) ce qui est probablement lié à la tempête Patricia (2 août) qui aurait dispersé une partie des biomasses. En août, les sites de « Saint Michel en Grève » (deuxième rang derrière « Morieux ») et de l'« Horn/Guillec » augmentent fortement (niveau mensuel le plus élevé jamais mesuré sur ce dernier site depuis 2002). Les sites de « Guissény » (36 ha), « Yffiniac » (30 ha), « Binic/Etables sur Mer », « Locquirec » et « Kervel/Tresmalaouen » sont également au-dessus de 5 ha. La part de la **baie de Saint Brieuc (51 %) diminue** encore mais demeure légèrement supérieure à son niveau sur la moyenne 2002-2022 (47 %).
- **En Septembre**, les surfaces ré-augmentent **fortement sur la baie de Saint Brieuc** (+ 35 % ; niveau 92 % supérieur à la moyenne pluriannuelle) ce qui appuie l'hypothèse d'une limitation en août du fait de la dispersion (Patricia). Les surfaces **augmentent aussi très fortement sur « Binic/Etables sur Mer »** (+120 % ; niveau de 140 % supérieur au niveau moyen) et **sur la plupart des sites de la baie de Douarnenez** (+ 230 % sur la somme des sites du fond de baie et niveau 94 % supérieur à la moyenne 2002-2022). Le **site de l'« Arguenon » augmente aussi fortement** (10 ha soit + 100 % par rapport à août et niveau 180 %



supérieur à la moyenne). La **baie de Saint Brieuc** (sans Binic / Etables sur Mer) **représente en septembre 54 % de l'échouage régional** (contre 44 % sur 2002-2022).

- **En Octobre, la situation est inhabituelle.** Certains sites **majeurs voient leurs surfaces augmenter** alors qu'en moyenne la décroissance est forte entre ces deux dates (-28 % au niveau régional contre + 5 % en 2023) : c'est le cas **de la baie de Saint Brieuc** (+33 % entre septembre et octobre), de la **baie de « Saint Michel en Grève »** (+ 23 %), de l'« **Arguenon** » (+ 46 %) et de **Locquirec** » (+ 12%). Parmi les sites de poids régional important, « **Guissény** » (-27 %), l'« **Horn/Guillec** » (-47 %) et les sites de la **baie de Douarnenez voient leurs surfaces diminuer**, ce qui est attendu à cette période de l'année (et même plus accentué en année moyenne). A noter la **particularité du site de « Binic/Etables sur Mer »** qui était très couvert en septembre (52 ha) qui en octobre ne présentait plus de réelle prolifération d'ulves (5-10 % d'ulves parmi les Cladophora très massivement présentes donc pas de classement de ce site pour les ulves et pas de digitalisation de surfaces d'ulves). **En septembre, la baie de Saint Brieuc représentait 70 % de la surface régionale** (contre 53 % en moyenne pluriannuelle).

➤ 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 2023. 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 10 dernières années de prolifération aux « profils parfois écartés des années moyennes » 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 2023 a été atypique, plutôt précoce sur la baie de Saint Brieuc (mis à part le mois d'avril très faible partout) et dans une moindre mesure sur l'anse de « **Guissény** » (échouage important, sur cette baie pour un mois de mai mais « moyen en juin »). On ne peut décrire aucun site comme réellement « précoce » en 2023, mis à part éventuellement la baie de Saint Brieuc. Les baies de « **Saint Michel en Grève** » et de Douarnenez ne peuvent être considérées comme précoces cette année (échouages très faibles jusqu'en mai sur la baie de « **Saint Michel en Grève** » et inférieur aux moyenne jusqu'en août et peu d'échouage jusqu'en juillet sur la baie de Douarnenez en 2023).

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, certaines années en début de saison, est à mettre en relation avec l'abondance de la lumière en fin d'hiver/début de printemps, période durant laquelle ce paramètre limite habituellement les phénomènes de prolifération. Pour ce qui est de l'année 2023, la lumière a été abondante en février (30 à 50 % sur l'ouest Bretagne) et très excédentaire en mai (45 à 5 % sur 3 stations sur les 4 utilisées pour suivre ce paramètre). Cela pourrait expliquer en partie soutenue de site comme « Locquirec », « Horn/Guillec » et « Guissény » malgré un démarrage assez retardé.

▪ 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 2023, **ces sites ont été plutôt tardifs** (sauf précocité de « Guissény » sur le mois de mai, puis retour à une situation « normale » en juin lié à des conditions de vent d'est soutenu, très probablement) mais la prolifération y a été intense à partir de juillet (lien probable avec un éclaircissement fort, en mai et même juin, dans un contexte nutritionnel restant favorable). Le fort éclaircissement printanier pourrait induire aussi 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



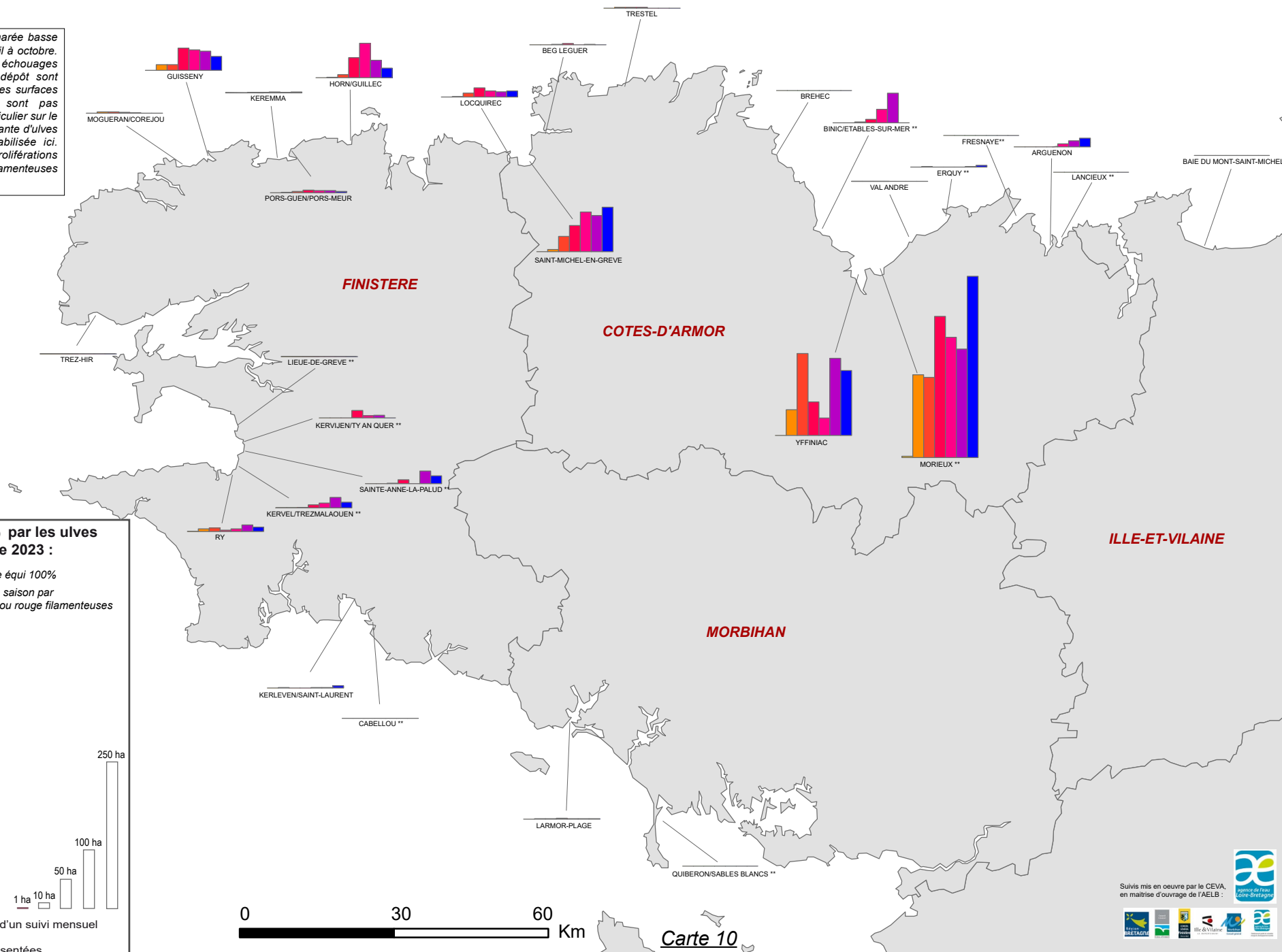
un démarrage plus précoce des échouages avant l'intervention du démarrage sur la baie de « Saint Michel en Grève » par ses stocks, bien dispersés par les conditions hivernales agitées.

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 étayant 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 apparait 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 2023 entre avril et octobre sur les principaux sites sableux

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





3.2.3. Evolutions de la marée verte sur la période 2002-2023

De 2002 à 2006 dans le cadre de Prolittoral puis de 2007 à 2023, 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 2023, 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 2021 une description des principales caractéristiques des proliférations mesurées.

Les suivis surfaciques réalisés sur les principaux sites sableux bretons (suivis mensuellement d'avril à octobre) avaient permis de conclure **pour 2022** :

- Au niveau régional, le **démarrage de la prolifération a été 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).



Evolution surfaciques relevées en 2023 :

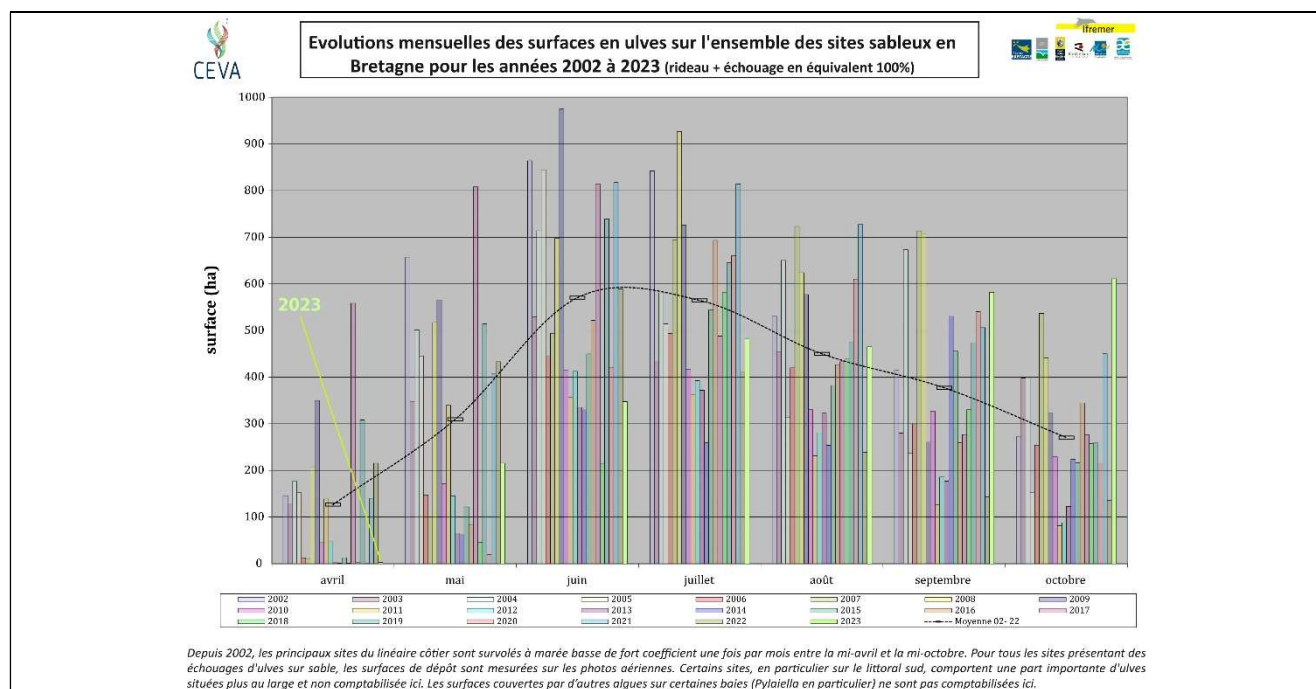


Figure 14 : évolutions mensuelles des surfaces en ulves sur l'ensemble des sites sableux en Bretagne faisant l'objet de suivis mensuels sur la période 2002-2023.

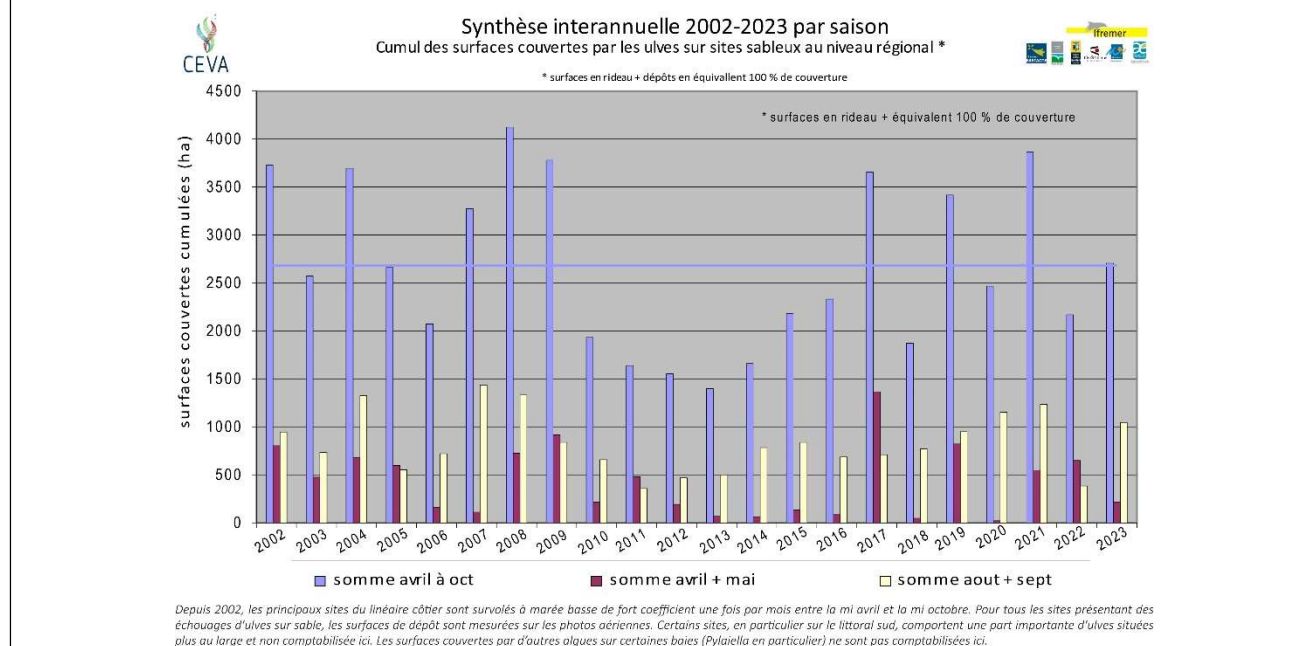


Figure 15 : évolutions annuelles et par saison des surfaces en ulves sur l'ensemble des sites sableux en Bretagne faisant l'objet de suivis mensuels sur la période 2002-2023

Les suivis surfaciques réalisés sur **les principaux sites sableux bretons** (suivis mensuellement d'avril à octobre) permettent d'établir pour 2023 :

- Au niveau régional le **démarrage de la prolifération a été tardif** : la somme « avril + mai » (utilisée pour caractériser la précocité annuelle) pour l'ensemble des sites sableux est **50 % inférieure au niveau moyen 2002-2022** et 3 fois plus basse que l'année 2022 (6 fois plus basse que l'année 2017, la plus précoce de la série). Plus en détail, ces « surfaces modestes » de début de saison concernent surtout la **baie de Saint-Brieuc** (87 %



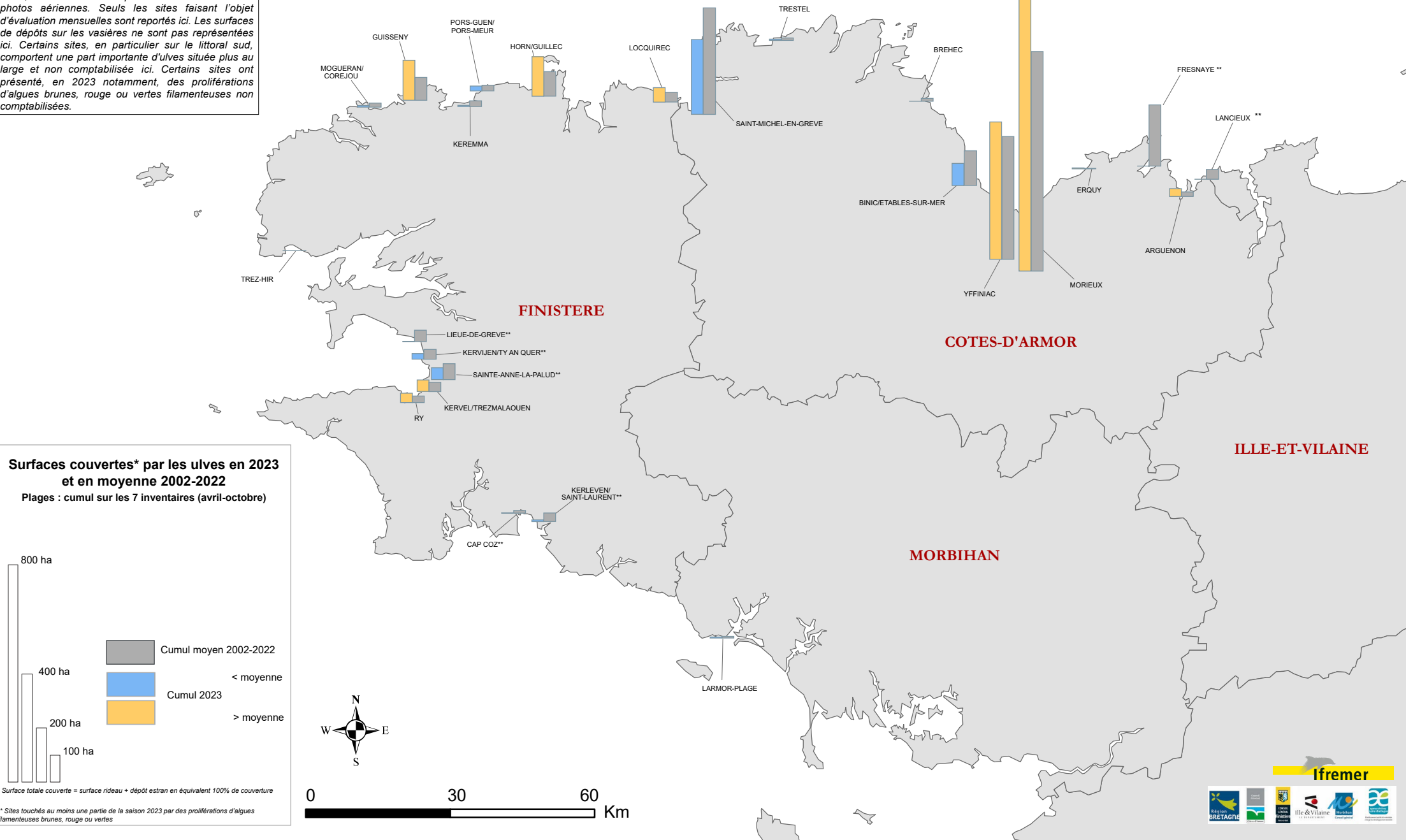
des surfaces « avril+mai » sont sur cette baie) ; les autres secteurs sont **donc particulièrement tardif en 2023** (8.2 fois moins de surface qu'en moyenne 2002-2022).

- Les **surfaces augmentent fortement en juin et juillet, puis en septembre** pour **culminer en octobre** (une première depuis le début des suivis), à un **niveau très élevé, jamais atteint depuis le début des suivis** (125 % supérieur à la moyenne 2002-2022).
- Cette **année atypique, tardive** (surfaces inférieures à la moyenne 2002-2022 jusqu'en août) puis **soutenue en fin de saison** engendre un **cumul annuel égal à la moyenne** (+ 1.5 % de plus) et 25 % supérieur à l'année 2022.
- Cette situation « régionale » recouvre des situations locales très différentes. Certains secteurs ont été **peu ou pas touchés** par des proliférations d'ulves (baie de la Fresnaye, baie de la Forêt, nord de la baie de Douarnenez), alors que d'autres (baie de Saint-Brieuc, baie de Guissény, anse du Dossen) ont subi de grosses proliférations. La prolifération régionale est très influencée par les surfaces de la baie de Saint Brieuc : à l'échelle annuelle la **baie de Saint Brieuc représente, en 2023, 65 % de l'échouage régional** (contre 48 % en moyenne sur 2002-2022) avec certains mois, une part encore plus prédominante (87 % en mai ; 80 % en juin ; 70 % en octobre).
- Cette **prolifération 2023 résulte en premier lieu de précocités** très différentes selon les sites : **la baie de Saint Brieuc** (chargée en novembre 2022, vaste et relativement abritée de la houle) **a été précoce** quand tous les autres sites ont été tardifs. Ensuite, les apports de **flux en période estivale ont été importants** sur certains secteurs (baie de Saint Brieuc, baie de Douarnenez) ou proches des niveaux moyen (Yar, Quillimadec,) **permettant un maintien des ulves jusqu'à l'automne**, en particulier dans le cadre d'un automne très calme et lumineux. A noter aussi, **le cas des vasières** (notamment du Sud Bretagne, Ria d'Etel et Golfe du Morbihan) **qui ont été très précoces et fortement touchées en début de saison**.

La **carte 11** permet de situer l'importante de la prolifération sur l'ensemble de la saison 2023 sur chacun des sites faisant l'objet d'une surveillance mensuelle par rapport à la situation moyenne 2002-2022 et la **carte 10** permet de visualiser le détail des surfaces mensuelles sur ces mêmes sites pour l'année 2023.

Surfaces couvertes par les ulves sur les principaux sites sableux cumul des 7 inventaires de la saison 2023 et moyenne 2002-2022

Les sites principaux sont survolés à marée basse de fort coefficient mensuellement d'avril à octobre. Pour tous les sites présentant des échouages d'ulves sur sable, les surfaces de dépôt sont mesurées sur les photos aériennes. Seuls les sites faisant l'objet d'évaluation mensuelles sont reportés ici. Les surfaces de dépôts sur les vasières ne sont pas représentées ici. Certains sites, en particulier sur le littoral sud, comportent une part importante d'ulves située plus au large et non comptabilisée ici. Certains sites ont présenté, en 2023 notamment, des proliférations d'algues brunes, rouge ou vertes filamenteuses non comptabilisées.





Eléments d'explication des caractéristiques régionales de la marée verte observée en 2023 :

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).

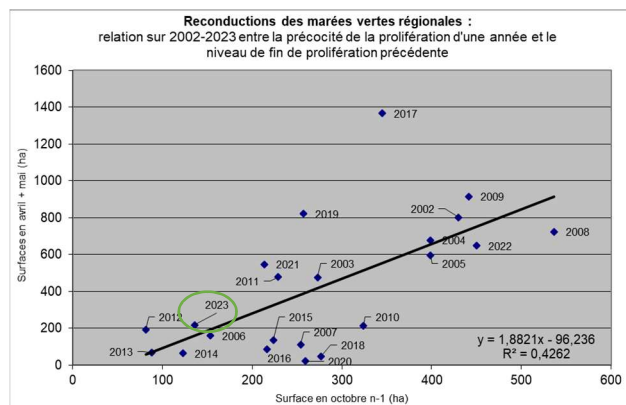
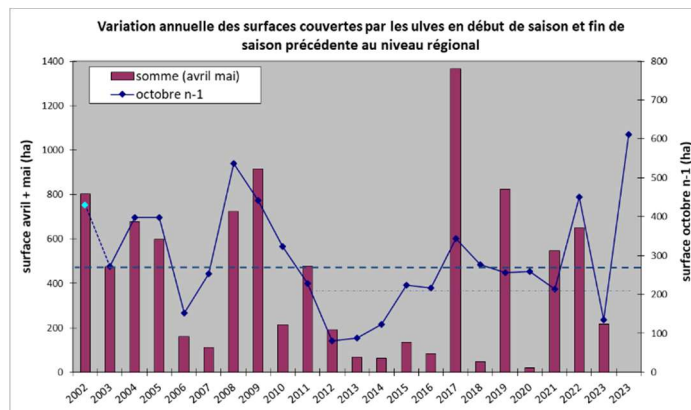


Figure 16 : Surfaces couvertes par les ulves en début de saison (« avril+mai ») et lien avec le niveau de couverture de la fin de l'année n-1. Les niveaux plus faibles qu'attendus en 2006, 2007, 2010, 2013, 2014, 2015, 2016, 2018 et 2020 s'expliquent par : des températures de l'eau plus froides en hiver/printemps 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 2023 (cercle vert) est liée principalement aux surfaces importantes sur la baie de Saint Brieuc (63 % des surfaces d'octobre et 87 % 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.

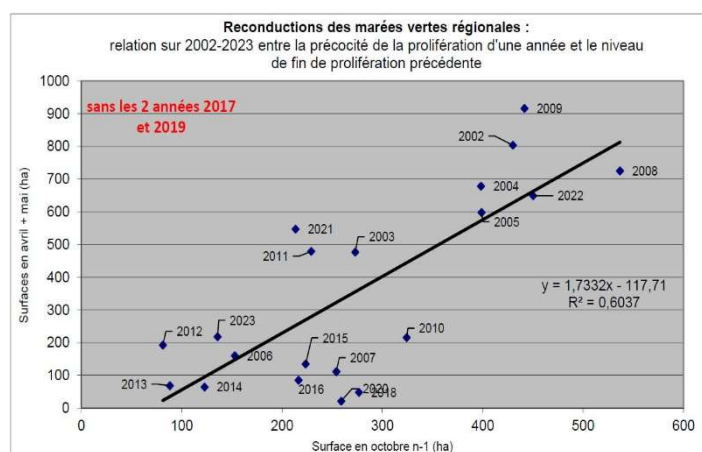
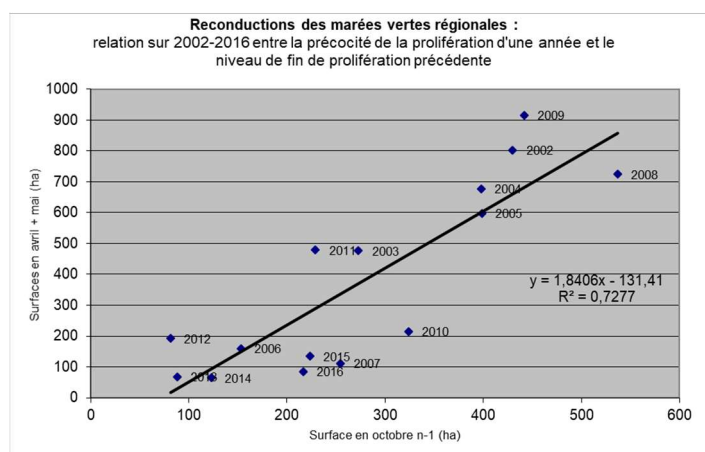


Figure 17 : relation entre les surfaces avril+mai d'une année n avec le niveau d'octobre n-1 sur la période 2002-2016 (figure de gauche) et sur 2002-2023, en retirant les 2 années particulièrement précoces sur la baie de Saint Brieuc 2017 et 2019 (figure de droite)

Pour ce qui est du report sur 2023, les **quantités d'ulves présentes en fin 2022 étaient peu élevées : 51 % inférieures** à la moyenne d'octobre 2002-2022, à l'échelle régionale. Ces stocks d'octobre étaient surtout importants en baie de Saint Brieuc (63 % du total), baie sur laquelle ils se sont même maintenus (voire ont



poursuivi leur progression) **en fin de saison** (observations locale, données de ramassage intervenus jusqu'en fin décembre et images satellitaires Sentinel). Pour le reste des surfaces mesurées, elles sont faibles sur Saint Michel en Grève (-60 % par rapport à la moyenne d'octobre), nulles sur la baie de Douarnenez et de la Fresnaye et quasiment nulles (-97 %) sur la baie de la Forêt. Les autres baies de « Guisseny » et « Horn / Guillec » présentaient des stocks plus importants mais ne sont pas sujettes à reconduction. Pour ce qui est de ce paramètre de reconduction par les stocks de l'année n-1, il est donc **légèrement propice à une reconduction sur la baie de Saint Brieuc** (stocks inférieurs de 40 % en octobre par rapport à la moyenne mais en progression jusqu'en décembre) mais très favorable à un retard dans le démarrage de la saison 2023 sur tous les autres sites sujets à reconduction.

Mais 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.

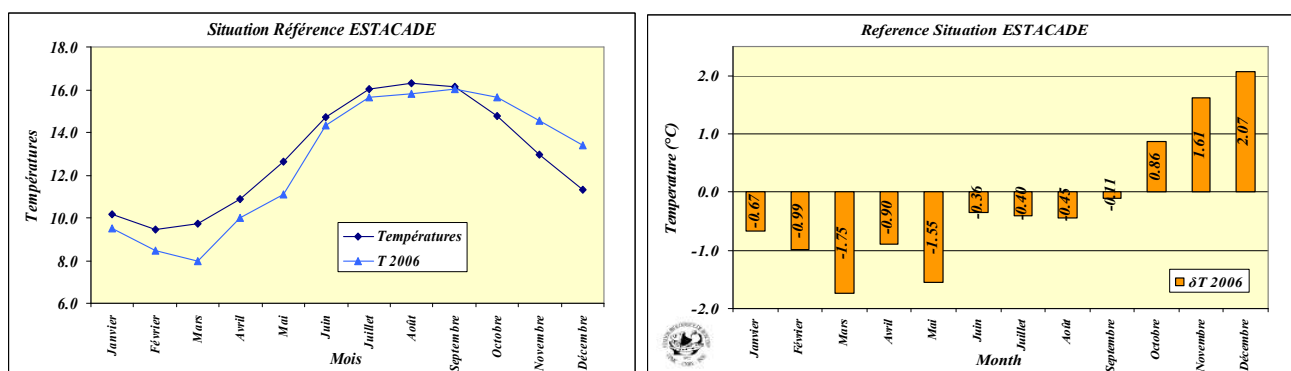


Figure 18 : données de température de l'eau en baie de Morlaix en 2006 par rapport à la moyenne 1985-2006 (données SOMLIT fournies par la Station Biologique de Roscoff)

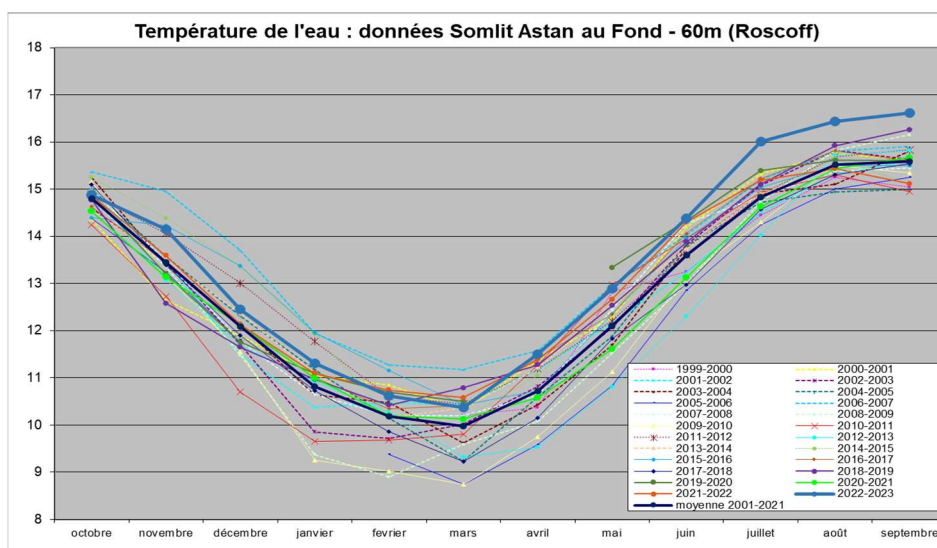


Figure 19 : données de température de l'eau en baie de Morlaix entre 2000 et septembre 2023 sur le point Astan au fond -60m (données SOMLIT fournies par la Station Biologique de Roscoff). On distingue les années 2006, 2010 et 2013 dont les profils sont quasiment identiques avec des températures de l'eau, à partir de mars et jusqu'en juin voire juillet, qui restent très inférieures aux moyennes pluriannuelles (> 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, 2021-2022 et 2022-2023 présentent, des températures de l'eau demeurées élevées.



La saison hivernale 2022-2023 a présenté des **températures supérieures aux normales** (Figure 19), **chaque mois d'hiver et du printemps** (de 0.37 à 0.77 °C de plus, chaque mois entre février et juin ; cette année octobre 2022-septembre 2023 est la deuxième année la plus chaude de la série et présente tous les mois des valeurs supérieures à la moyenne, jusqu'à 1.15 °C en juillet). 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.

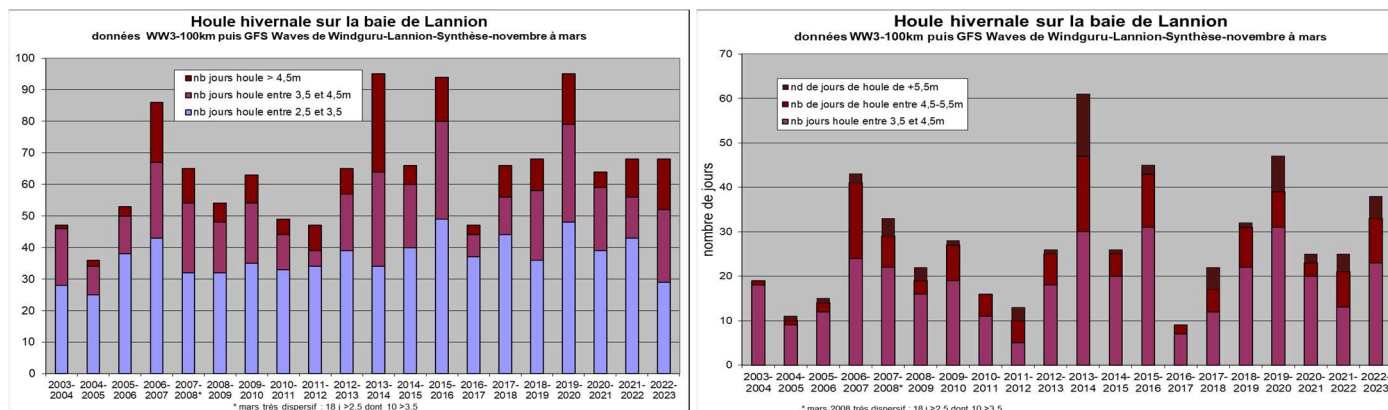


Figure 20 (a) et (b) : statistiques de houle du modèle GFS archivées sur le site Internet Windguru pour le site de Lannion (archivage de la dernière prévision tri-horaire) et compilation par catégorie de hauteur de vague pour la période de novembre à mars. (a), à gauche pour les houles de plus de 2.5 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 2022-2023 (novembre à mars) est nettement plus dispersif qu'en moyenne pluriannuelle : + 5 % de jours de + de 2.5 m que la moyenne 2003-2022, mais surtout **+28.5 % pour les jours de +3.5 m** et même **+ 70 % pour les jours au-dessus de 4.5 m**. L'hiver est donc dispersif sur l'ensemble de la période (avec notamment de fortes dispersions du 16 décembre au 18 janvier, un mois de février très calme puis de grosses conditions de dispersion à partir du 9 mars). L'hiver 2022-2023 apparaît nettement plus dispersif que les hivers antérieurs depuis l'hiver 2016-2017, exception faite de l'hiver 2019-2020. Un tel hiver doit donc conduire à **une faible reconduction**. Cependant, pour des **sites très chargés et bien abrité de la houle** (cas de la baie de Saint-Brieuc) **le redémarrage pourrait malgré tout être relativement précoce** (prépondérance du stock sur la dispersion dans le cadre de sites peu exposés et très vastes comme la baie de Saint-Brieuc).

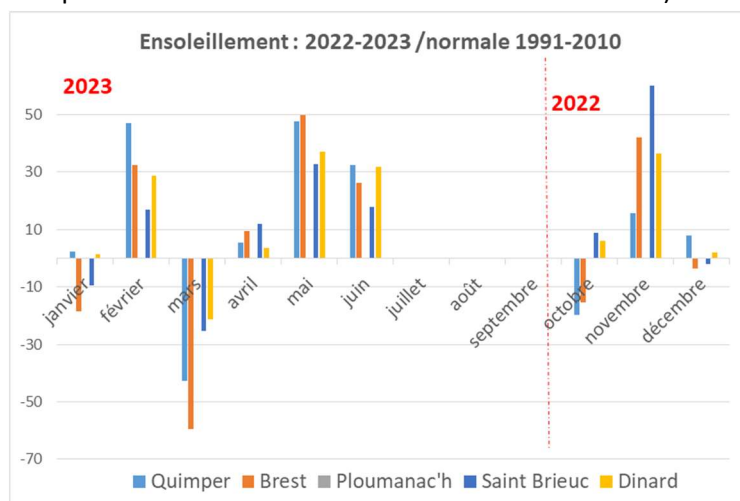


Figure 21 : écart (pourcentage) entre les heures d'ensoleillement sur les stations MétéoFrance littorales suivies et les normales pour ces stations.

Après un mois de **novembre lumineux**, les mois de décembre et janvier ont été « **normalement sombres** » (voire un peu plus sombre qu'en moyenne sur les stations du nord), **le mois de février a été lumineux**, à



l'opposé du **mois de mars très sombre** (48 h de soleil sur Brest pour 120 h en valeur normale soit -59 %). A partir d'avril et surtout sur mai et juin, l'ensoleillement devient excédentaire (près de 50 % en plus sur l'ouest Bretagne en mai). Sur le total de l'hiver (nov-mars) les niveaux d'ensoleillement sont proches de la moyenne mais plutôt excédentaires (autour de + 6 % sur Dinard et Saint Briec et – 7 % sur Brest). Ce paramètre était **donc assez favorable à un maintien des algues en fin de prolifération 2022** (cas observé sur la baie de Saint Briec) et **plutôt 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 2022-2023**, les éléments principaux sont :

- Au « niveau régional », des stocks qui **sont bas à l'automne** avec 50 % de moins qu'en moyenne pluriannuelle (lien avec la sécheresse de l'été 2022) **sauf en baie de Saint Briec** où ils se sont maintenus en octobre puis sur novembre à décembre. Les autres sites « sujets » à reconduction sont **très peu chargés d'ulves** en fin 2022.
- **L'hiver 2022-2023** (novembre à mars) **a été dispersif** : + 5 % de jours de + de 2.5 m que la moyenne 2003-2022, mais surtout +28.5 % pour les jours de +3.5 m et même **+ 70 % pour les jours au-dessus de 4.5 m**. Un tel hiver doit donc conduire à **une faible reconduction**. Cependant, pour des sites très chargés et bien abrité de la houle (cas de la baie de Saint-Briec) le redémarrage pourrait malgré tout être relativement précoce (prépondérance du stock sur la dispersion dans le cas de sites peu exposés et très vastes comme la baie de Saint-Briec)
- La saison hivernale **2022-2023 a présenté des températures supérieures aux normales**, chaque mois d'hiver et du printemps (de 0.37 à 0.77 °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.
- **L'ensoleillement à l'automne a été favorable au maintien** des algues dans les baies (cas de la baie de Saint Briec) puis a été « proche du niveau moyen » sur « novembre à mars » et est redevenu favorable en avril-juin à un redémarrage des secteurs ayant conservé des ulves dans les baies.

Au total, l'ensemble des paramètres conduisaient à attendre une prolifération retardée, surtout du fait des stocks d'automne qui étaient faibles (hors Saint Briec) **et d'un hiver particulièrement dispersif. Seule la baie de Saint Briec** qui conservait encore beaucoup d'algues en décembre et qui est particulièrement abritée et vaste (donc difficilement destockable) **pourrait échapper à ce retard saisonnier de la prolifération 2023**.

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 :

Un survol de fin d'hiver a pu être programmé le 21 février dans de bonnes conditions pour observer la présence éventuelle d'algues (temps calme depuis plus d'un mois, plafond nuageux suffisant et coefficient de 112 découvrant largement les estrans). Ce « petit vol d'avant saison » a permis de survoler :

Baie de la Forêt : manifestement pas ou peu d'ulves (difficile sans contrôle de terrain de trancher, mais les petits dépôts sur Kerleven, Cap Coz et Cabellou semblent être du goémon + phytoplancton face à l'exutoire du Saint Laurent),

Baie de Douarnenez : aucun dépôt visible (mais eaux colorées/phytoplancton ?)

Moulin Blanc / rade : pas d'algues sur les secteurs qui ont pu être survolés.

Locquirec : anse propre (très léger échouages brun = goémon très probablement)

Bai de Saint Michel en Grève : très petit échouage brun en bas d'estran. Des investigations poussées sur l'estran le jour du vol permettent d'attester l'absence d'ulves dans les dépôts : fucales, laminaires algues rouges et débris végétaux terrigènes. Les seules ulves trouvées sont de petites algues fixées sur les récifs d'hermelles (Beg ar forn).

Trestel : petit dépôts de goémons, Ledano = vasière « vierge » (confirmé par relevés de terrain)

Binic/Etables : petit échouage sen bas d'estran sur les Godelins mais qui semble brun/rouge (pas d'ulves perceptibles contrairement à 2022).



Baie de Saint Brieuc : petit rideau et échouage de relativement faible extension et dominé par le brun. Seul le rideau laisse apparaître de franches nuances vertes. Les contrôles de terrain, le jour du vol (et guidé depuis l'avion) ont permis de bien caractériser les algues présentes. Les dépôts diffus et tapis plus denses sont constitués majoritairement d'algues brunes filamenteuses (Pylaiella) ce qui explique la perception « brune ». Mais dans ces dépôts des ulves de petites tailles (souvent autour de 1 cm de long mais parfois plus de 5 cm...) sont mêlées de façon très régulière. En rideau, la perception plus « verte » est liée probablement surtout à une meilleure remise en suspension des ulves les pylaiella reste plus au fond). Enfin des dépôts sont également présents sur les criques de l'ouest d'Hilion (relativement peu épais) et sur la Granville. La présence de ces très nombreux fragments d'ulves en baie en cette fin février pourrait impliquer une reprise précoce de la prolifération en cas de temps calme et ensoleillé (la taille et forme des ulves semblent déjà attester d'une faible croissance). Mais la présence plus massive (autour de 95 % en proportion ?) de Pylaiella dans le contexte actuelle d'eau encore froides (température SST mesurée par satellite est autour de 9 °C en baie) pourrait favoriser ces algues brunes. Et la présence massives des algues brune peut ralentir la croissance des ulves (effet sur la lumière, principalement). Enfin la survenue de tempêtes, encore de saison sur la fin février et le mois de mars pourrait contrecarrer ce démarrage en achevant la dispersion de ce stock de reconduction.

Baie de la Fresnaye : une bonne partie de la baie présente des échouages qui semblent très « bruns ». Aucun contrôle de terrain n'a pu être engagé (prévu la semaine prochaine par Dinan Agglo) mais l'absence totale de nuance de vert perceptible laisse supposer qu'il s'agit exclusivement de Pylaiella. A cette période l'année 2022 présentait de vastes tapis d'algues vertes (ulvaria) ; la situation semble donc nettement plus favorable en 2023.



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).

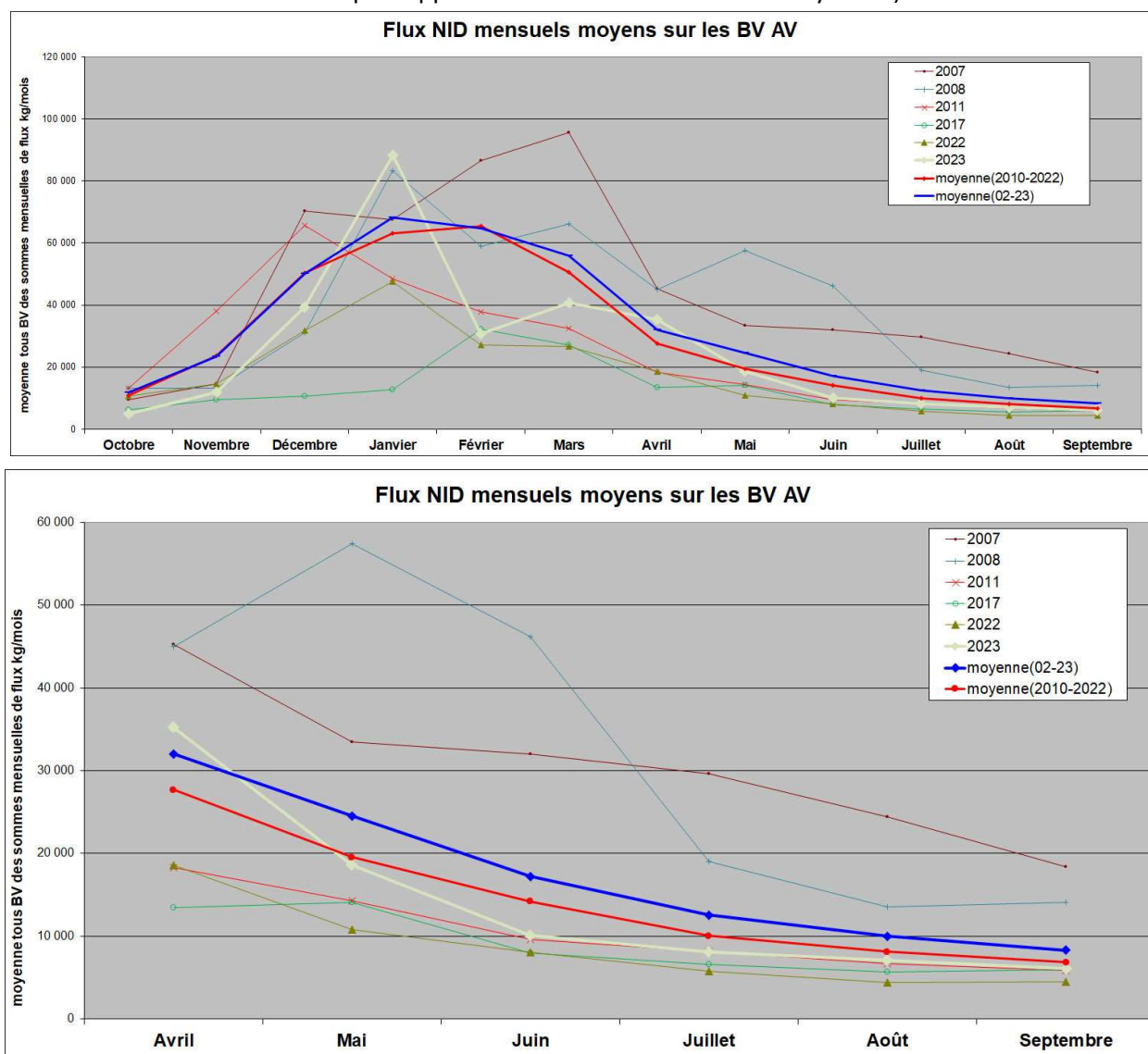


Figure 22 (a) et (b) : flux moyens mensuels à l'exutoire des bassins versants PLAV concernés par les proliférations (moyenne des flux mensuels des 7 cours d'eau alimentant les sites du programme « Prolittoral 2002-2006 » + flux des trois cours d'eau du fond de baie de Saint Brieuc : Gouessant, Urne et Gouet + flux de l'Horn + Guillec). Seules certaines années ont été sélectionnées sur ces graphiques, ainsi que les moyennes pluriannuelles 2002-2022 et 2010-2022 (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.

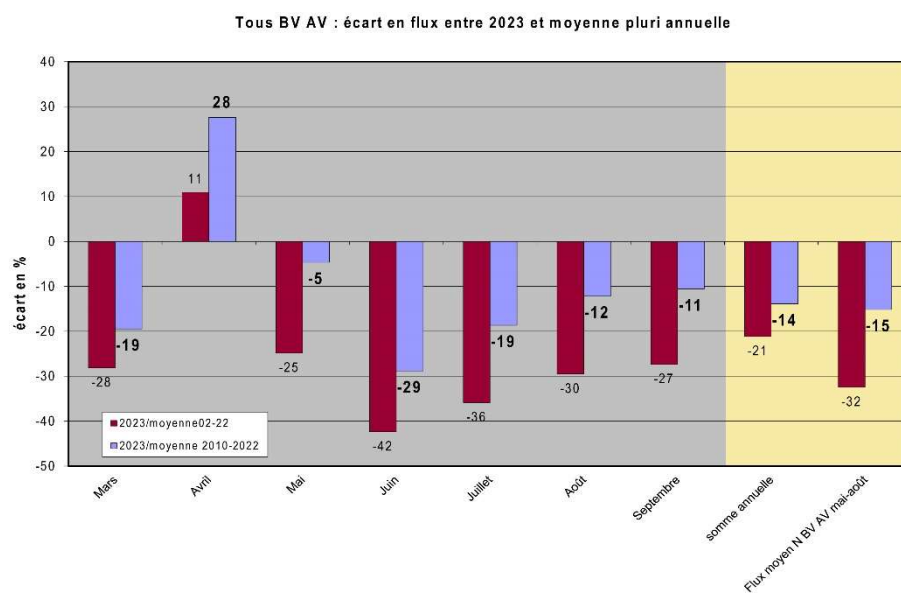


Figure 23 : Ecart des flux mensuels, annuels et saisonniers aux exutoires des BV AV par rapport aux années antérieures (moyenne des sommes mensuelles pour tous les BV).

La Figure 23 montre, sur l'ensemble de la période annuelle, **un flux « régional » qui est de 14 % inférieur à la moyenne 2010-2022**. Plus en détail (Figure 22) on peut noter que les mois d'**octobre, novembre et février** sont **très déficitaires** (environ - 50 % de flux) ; **janvier et avril excédentaires** (40 et 30 % de flux en plus que la moyenne 2010-2022). Sur la période sensible « mai-août » le flux est **également inférieur à la moyenne 2010-2022 avec 15 % de flux en moins** ; le mois de **juin est le plus fortement déficitaire avec - 30 %** et les mois de mai et août et septembre plus proches de la moyenne avec respectivement - 5 %, -12 et -11 %. Ces « valeurs régionales » sur la période sensible sont **cependant très variables** selon les territoires : défaut de flux élevé sur le Frémur (-35 %) ou le Yar (-30 %) plus proche de la moyenne sur la baie de Saint Brieuc (-12 %) , le Quillimadec (-7 %) et le Lesnevard (-1 %) et excédentaire sur la baie de Douarnenez (+ 16 et + 11 % sur le Lapic et Kerharo).

Les données de pluviométrie fournies par Météo France (cf. rapport CIMAV P1 et Figure 24) montrent un excédent pluviométrique **sur novembre et décembre** (surtout sur les stations de Brest, Quimper et Saint Brieuc) une situation assez « **moyenne en janvier** », **un fort déficit sur février** (-88 à - 93 %), suivi d'un **fort excédent en mars** (de + 50 % sur Dinard à + 115 % sur Brest) puis d'un **déficit plus léger sur avril** (sauf Brest en Dinard en léger excédent), **mai et juin** (déficit de plus de - 50 % sur Quimper, Ploumanac'h et Dinard). **En été, la pluviosité est excédentaire sur juillet** (35 à 45 % et + 67 % sur Quimper et même + 91 % sur Lorient) et **sur août** (+ 40 % sur Quimper, environ + 20 % sur Brest et Saint Brieuc et + 5 % sur Ploumanac'h). Le mois de septembre, en revanche, est en léger déficit. Sur la **période de « drainage »** (novembre à mars), les pluies ont été **excédentaires** sur Brest (+ 33 %), Lorient (+20 %) et Quimper (+ 15 %), Saint Brieuc (+ 12 %) et **proches des moyennes** sur Dinard et Ploumanac'h (environ - 3 %). Alors qu'en été (juillet - août) elles ont été excédentaires sur toutes les stations (plus fortement sur le Sud Bretagne : Quimper et Lorient). Pour ce qui est de **l'année civile 2023**, les stations Météo France ont enregistré **des situations assez contrastées** entre le nord-est et le sud-ouest Bretagne : des excédents sur Brest, Quimper et Lorient (+10, + 6 et + 13 % respectivement) et des déficits sur Dinard, Saint Brieuc et Ploumanac'h (respectivement -16, - 12 et - 9 %).

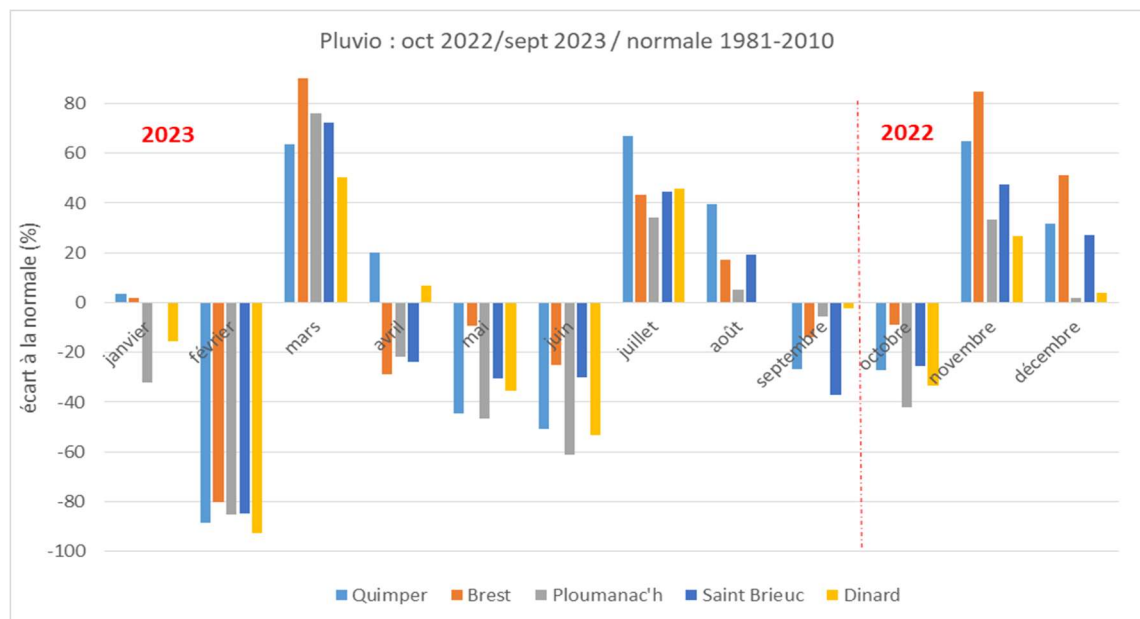


Figure 24 : pluviosité sur les stations Météo France suivies entre octobre 2022 et septembre 2023 comparée au niveau moyen des années 1981-2010

Les pluies soutenues de mars, devenant déficitaires en début de printemps pour redevenir excédentaires en juillet août expliquent les débits (et les flux enregistrés) : élevés en avril (et mai sur l'ouest Bretagne) puis relativement bas sur le printemps pour remonter en fin d'été (tout particulièrement sur la baie de Douarnenez sur laquelle ils sont nettement supérieurs aux moyennes). Les différences de pluviosité locale (pluies plus marquées sur l'ouest et le sud Bretagne en été 2023) 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 la situation sur la saison mai-août et le détail mensuel par cours d'eau (figure de droite) : on y perçoit des flux assez soutenus sur avril et mai (cas de la baie de Saint-Brieuc et des cours d'eau de l'ouest Bretagne, les autres étant en léger déficit). En juin et juillet, la quasi-totalité des cours d'eau est en défaut de flux (marqué que la Fresnaye ; très peu sur l'ouest Bretagne) et les flux deviennent excédentaires en août sur la baie de Saint-Brieuc, de Douarnenez et de la Forêt.

Derrière les flux « moyens » mesurés en 2023 on trouve donc **des particularités marquées par territoire** et par mois en 2023 en lien avec **des pluviosités assez contrastées et des fonctionnements hydrologiques** différents des différents bassins versants. On peut notamment relever **des flux qui ont été forts en début de saison** (avril-mai) **puis en août en baie de Saint-Brieuc** et encore plus **sur la baie de Douarnenez**, ce qui est **favorable à une prolifération soutenue en été**. Alors que sur la **baie de la Fresnaye**, les flux ont été **bas dès mai et sur toute la saison** et sur les **autres secteurs** (les plus saturés par les flux du fait d'étiages tous les ans élevés et de configurations littorales de fort confinement), **les flux ont été déficitaires mais assez proches des moyennes pluriannuelles** (- 7 % à - 23 % du Quillimadec au Yar et - 29 % sur l'Ic).

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). Le contexte de bassins versants schisteux de l'Est de la baie engendre, quant à lui, des débits très faibles les étés secs et cet effet sur les débits 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, par exemple, en fin



août et en septembre 2022 sont en dessous d'1 mg/l de NO_3^- mais les valeurs en NH_4^+ entre 2 et 6 mg/l attestant d'une situation « anormale ».

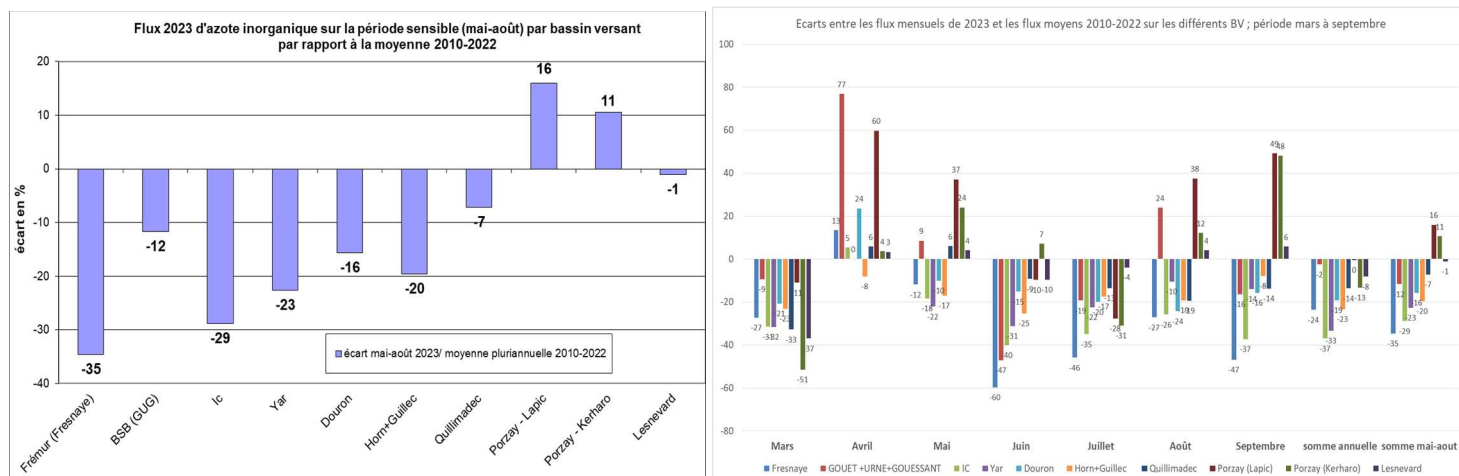


Figure 25 : (gauche) Écarts, par BV, entre flux d'azote inorganique dissous sur mai-août 2023 et le flux pluriannuel 2010-2022 et (droite) détails des écarts mensuels sur mars à septembre 2023, et écart au flux annuel 2023 (octobre 2022-septembre 2023) et sur la période « sensible » (mai-août 2023) et les flux pluriannuels 2010-2022. 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 Brieuc/Trémuson). Ca a moins été 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 encore atténuées par la présence du barrage de Ploufragan). En 2023, on ne retrouve pas ce fort excédent sur juin ; en revanche on enregistre des pluies importantes en juillet et en août (respectivement + 45 et + 20 %). Les années 2016-2021 (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 2023, la situation, bien que différente, est également assez défavorable avec des pluies importantes à partir de fin juin, sur juillet puis août entraînant des reprise de débits à la baie.

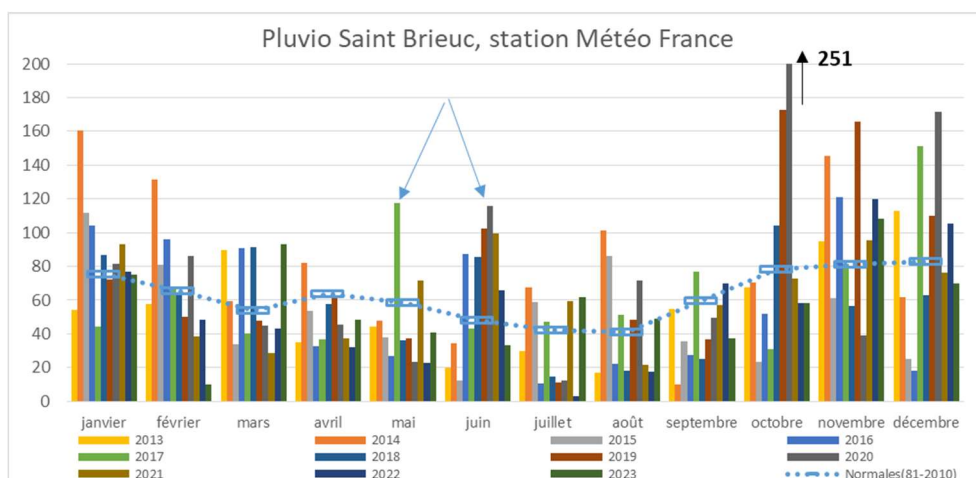


Figure 26 : Données de Météo-France de pluviosité mesurée sur la station de Saint Brieuc de 2013 à 2023



La Figure 21 présente les données d'ensoleillement mesurées par Météo-France. On perçoit un ensoleillement sur toutes les stations météo suivies, **abondant en novembre et février puis en mai et juin**. Ce paramètre était donc assez favorable à un maintien des algues en fin de prolifération 2022 (cas observé sur la baie de Saint Brieuc) et plutôt favorable au redémarrage printanier (paramètre habituellement limitant à cette saison) sur les sites ayant conservé des stocks d'ulves.

Il convient d'ajouter que l'ensoleillement permet également un **réchauffement local des eaux**, en particulier dans les baies peu profondes et les platiers rocheux (mares d'estran, par exemple) et que les excès d'ensoleillement mesurés en mai et juin peuvent donc avoir permis un réchauffement rapide des eaux.

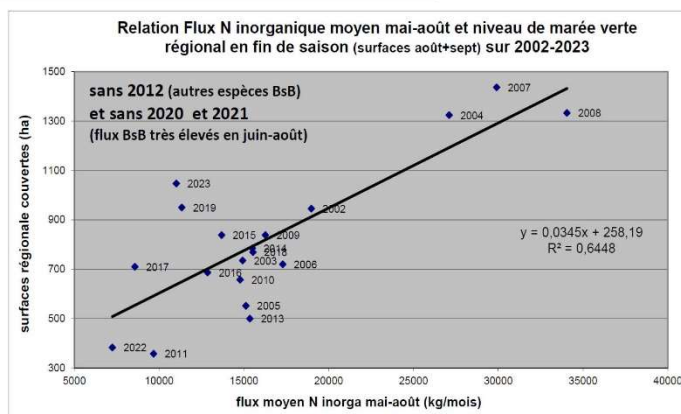
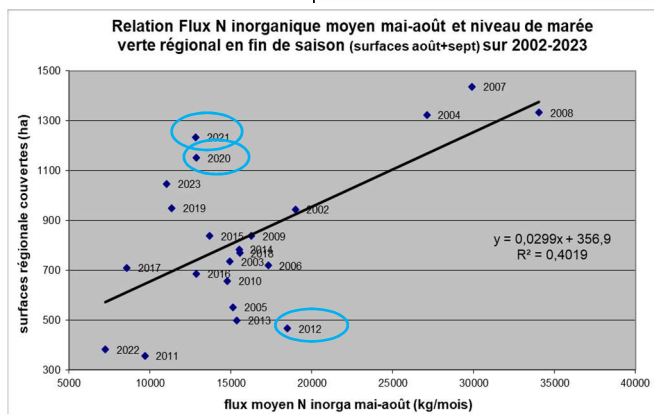
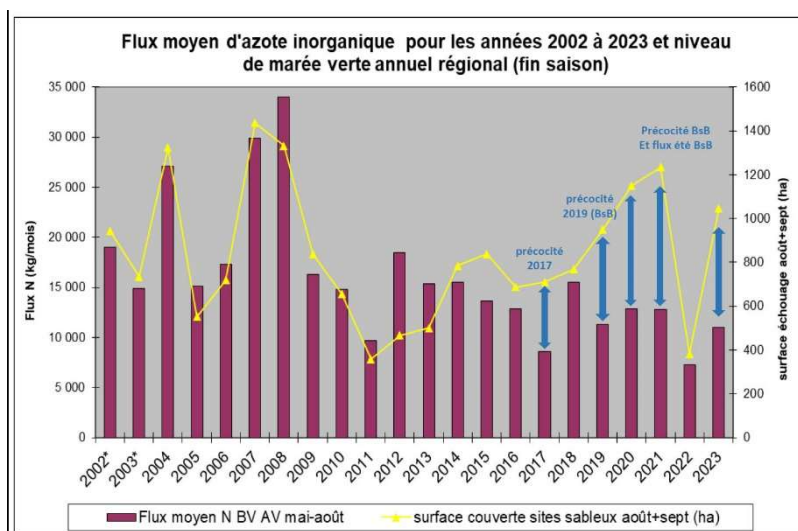


Figure 27 (a), (b) et (c) : Flux d'azote sur la période sensible (moyenne des flux de mai à août sur 8 baies du PLAV) et niveau de surfaces couvertes par les algues vertes en fin de saison (surface en août + septembre sur les plages bretonnes). Les surfaces couvertes par des algues brunes (ou rouges) 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.

Les flux de l'année 2023, sont globalement (à l'échelle « région ») assez bas sur mai août (-15 %) même si dans le détail (cf ci-dessus), ils sont plutôt élevés en baie de Saint Brieuc en août (24 % par rapport à la moyenne 2010-2022). De plus, la prolifération a été tardive sur la somme des sites mais pas sur la baie de Saint Brieuc (plus précoce qu'en moyenne). Ces éléments (précocité de la baie de Saint Brieuc et flux importants pour le mois d'août sur cette baie contrairement au niveau « régional ») expliquent en partie le « décalage » entre les flux et la prolifération « statistiquement attendue ».

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 Brieuc 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 2023 pour chaque site aux années antérieures. **La carte 11** permet de comparer l'année 2023 à la moyenne pluriannuelle 2002-2022. 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 (voire pas) touchés par les proliférations d'ulves** : **baie de la Fresnaye, anse de Bréhec, baie de la Forêt, nord de la baie de Douarnenez** (mais autres algues filamenteuses présentes sur une partie de ces sites). Sur ces secteurs, la faible reconduction (peu ou pas d'ulves en fin 2022 + dispersion hivernale) explique le retard de démarrage puis les flux relativement bas au printemps (sauf baie de Douarnenez) auraient pris le relai (la présence d'autres algues filamenteuses jouent également un rôle de protection vis-à-vis des ulves, en particulier dans le cas de la baie de la Fresnaye).
- d'autres secteurs ont été **concernés par des proliférations inférieures au niveau moyen** : **baie de « Saint-Michel-en-Grève », anse de « Binic/Etables sur Mer », centre de la baie de Douarnenez** (en raison, principalement, sur tous ces secteurs d'un démarrage tardif).
- enfin d'autres secteurs ont connu **des proliférations soutenues** : **baie de Saint Brieuc, de « Guissény », du Dossen, de « Locquirec »**. La baie de Saint Brieuc a connus une prolifération précoce (liée à des quantités élevées en fin 2022 et une configuration de « baie abritée ») et des flux relativement soutenus quand les autres secteurs ne sont pas influencés par la reconduction et connaissent des soutiens d'étiage de flux importants autorisant la croissance estivale (saturation forte par les flux).

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 Brieuc (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 » avaient généré un poids de la baie de Saint Brieuc de 48 % ce qui est conforme à la **moyenne 2002-2021**. Et l'année 2023, de forte prolifération en baie de Saint Brieuc et relativement faible ailleurs, engendre un poids de ce seul fond de baie de 65 % de la surface régionale.

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 élevées 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** (hiver le moins dispersif de la série) **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.

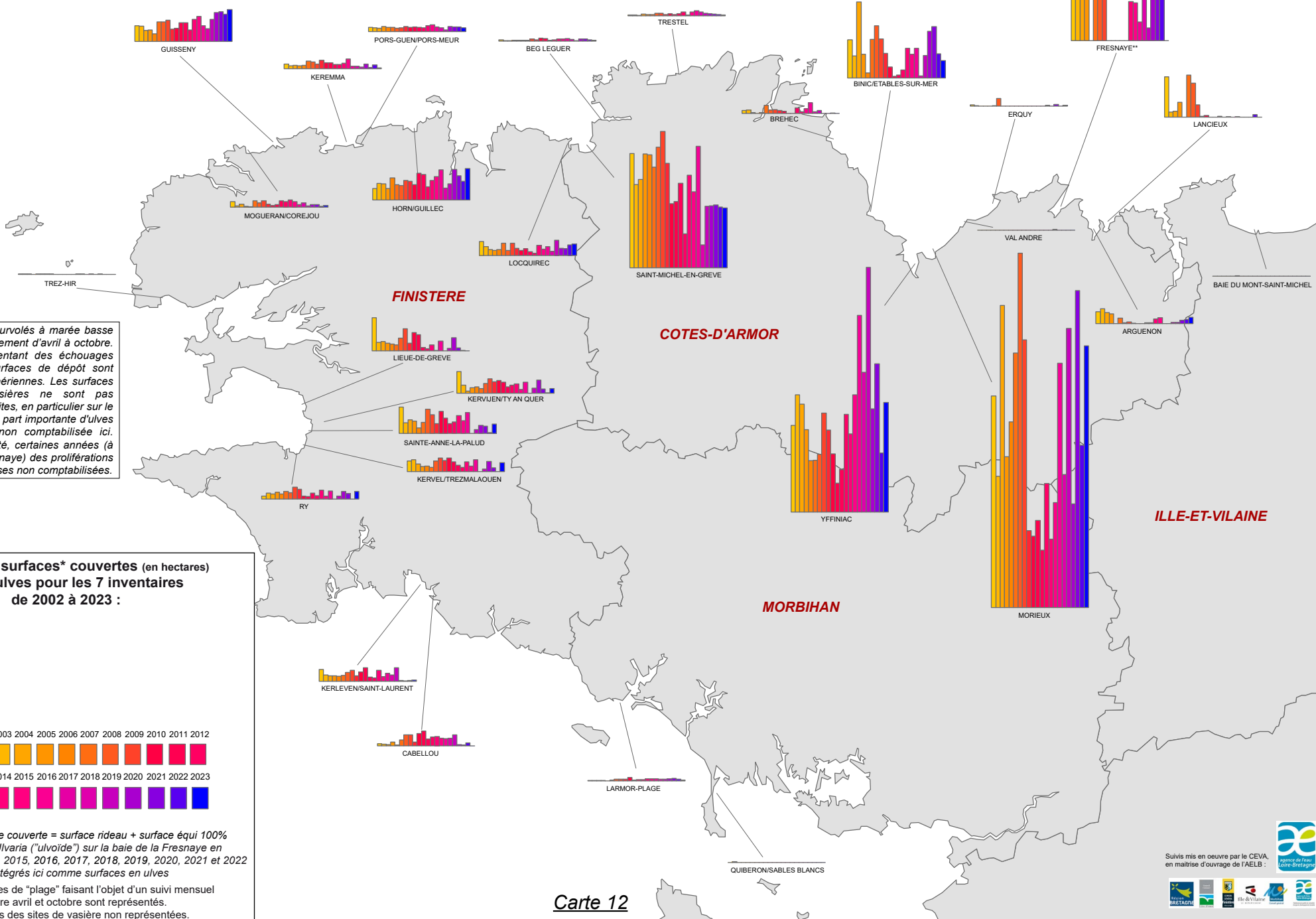
L'année 2019 a été particulière : sur une partie des baies la prolifération a été tardive (baie de Douarnenez ou de « Saint-Michel-en-Grève ») ce qui s'explique, en partie, par des quantités d'ulves faibles (voire nulles) en fin 2018 et un hiver « suffisamment » rigoureux **pour le déstockage de telles 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.

Le cas de l'année **2023** est assez proche de 2019 avec un **démarrage** relativement **précoce en baie de Saint-Brieuc et retardé sur les « autres sites »**. Mais avec un démarrage partout un peu plus tardif que ce qu'avait proposé 2019. La deuxième partie de la saison (surtout septembre puis octobre) a, en revanche, été très différente avec, dans le cas de **2023, une prolifération de fin de saison beaucoup plus intense**.

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
sableux entre 2002 et 2023 (cumul annuel)





3.2.5. Conclusions

Les principales conclusions qui ressortent des suivis surfaciques de 2023 des sites de plage, concernés par le programme RCO (suivi renforcé), sont :

- Au **niveau régional** le démarrage de la **prolifération a été tardif** : la somme « avril + mai » pour l'ensemble des sites sableux est **50 % inférieure au niveau moyen** 2002-2022 et 3 fois plus basse que l'année 2022. Plus en détail, ces « surfaces modestes » de début de saison **concernent surtout la baie de Saint-Brieuc** (87 % des surfaces « avril+mai » sont sur cette baie) ; les autres secteurs sont donc particulièrement tardif en 2023 (8.2 fois moins de surface qu'en moyenne 2002-2022). En complément de cette situation mesurée sur les sites sableux, il est à noter (situation rencontrée aussi en 2019, 2020, 2021 et 2022, 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.
- Les surfaces **augmentent fortement en juin et juillet**, puis en septembre pour culminer en octobre (une première depuis le début des suivis), à un niveau très élevé, jamais atteint depuis le début des suivis (125 % supérieur à la moyenne 2002-2022). Les flux proches des niveaux moyens (voire supérieurs en août sur la baie de Saint Brieuc et août et septembre sur la baie de Douarnenez) et les conditions « très calmes » et très lumineuses pour ce qui est du début « octobre » expliquent ce « rebond » de fin d'été (période durant laquelle les besoins de croissance sont plus faibles et les apports en hausse).
- Cette **année atypique, tardive** (surfaces inférieures à la moyenne 2002-2022 jusqu'en août) puis **soutenue en fin de saison** engendre un **cumul annuel égal à la moyenne** (+ 1.5 % de plus) et 25 % supérieur à l'année 2022.
- Cette situation « régionale » recouvre des **situations locales très différentes**. Certains secteurs ont été **peu ou pas touchés par des proliférations d'ulves** (baie de la Fresnaye, baie de la Forêt, nord de la baie de Douarnenez), alors que d'autres (baie de Saint-Brieuc, baie de Guissény, anse du Dossen) ont **subi de grosses proliférations**. La prolifération régionale est très influencée par les surfaces de la baie de Saint Brieuc : à l'échelle annuelle la baie de Saint Brieuc **représente, en 2023, 65 % de l'échouage régional** (contre 48 % en moyenne sur 2002-2022) avec certains mois, une part encore plus prédominante (87 % en mai ; 80 % en juin ; 70 % en octobre).
- Cette prolifération 2023 résulte **en premier lieu de précocités très différentes** selon les sites : la baie de Saint Brieuc a été **précoce** quand tous **les autres sites ont été tardifs**. Ensuite, les **apports de flux en période estivale ont été importants sur certains secteurs** (baie de Saint Brieuc, baie de Douarnenez) ou proches des niveaux moyen (Yar, Quillimadec,) permettant un maintien des ulves jusqu'à l'automne, en particulier **dans le cadre d'un automne très calme et lumineux**. A noter aussi, le cas des vasières (notamment du Sud Bretagne, Ria d'Etel et Golfe du Morbihan) qui ont été très précoces et fortement touchées en début de saison.
- Les suivis des **surfaces d'algues vertes sur vasières** sont conduits en dehors du présent programme (cf. rapport RCS LB 2023). Les mesures réalisées ne concernaient, en 2023, qu'une partie des masses d'eau (ME), a priori les plus concernées (16 ME au total). 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 2023 montrent une légère augmentation par rapport à 2022 (+11%) et une valeur de 2023 qui **reste supérieure au niveau moyen 2008-2022 de 36 %**. Cette légère augmentation est surtout le fait de deux ME (FRGC39 et FRGT21) dont les surfaces augmentent (respectivement de + 16 et + 51 %) tout en restant inférieures au niveau mesuré en 2020. La somme des 8 autres ME est en légère diminution par rapport à 2022 (- 2 %) mais 16 % au-dessus du niveau moyen 2008-2022. **Ces niveaux élevés, sur la plupart des ME** peuvent probablement **être en partie expliqués, comme en 2022, 2021, 2020 ou 2019, par les conditions de lumière intense en fin d'hiver/début de printemps** : les mois de février, mai et juin ont été particulièrement lumineux en 2023 (40 % ou plus chaque mois sur la station de Lorient), le mois de mars en léger déficit (-19 %) et avril un léger excédent (+12 %). Ces conditions permettent un **accroissement précoce des biomasses, dans des conditions de flux encore soutenus**. Ce niveau encore élevé en 2023 peut aussi être lié à un **effet cumulatif** des dernières années notamment pour le golfe du Morbihan abrité de la houle (biomasses importantes en fin 2018, 2019, 2020, 2021 et 2022 allant dans le sens d'une meilleure reconduction des proliférations sur l'année suivante).



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 2023 :

Les flux sur l'année hydrologique 2023 (octobre 2022-septembre 2023) sont, sur la somme des cours d'eau évalués, **en léger déficit (-14 %)**. Sur la période la plus **sensible**, « **mai-août** » **le déficit de flux est de 15 %**, malgré des flux en excédent en avril (+11 %), proches de la moyenne en mai (- 5%) et plus nettement déficitaires en juin (-29 %) et redevenant plus conformes aux moyenne ensuite (Figure 23). Les pluies soutenues de mars, devenant déficitaires en début de printemps pour redevenir excédentaires en juillet août expliquent les débits (et les flux enregistrés). Ce niveau régional est, en réalité, issu de situations assez différentes sur les territoires, en lien avec **des pluviosités assez contrastées et des fonctionnements hydrologiques** différents de chaque bassin versant.

L'annexe 9 présente le flux régional, par mois et sur la période sensible, ainsi que le **détail par baie**. On peut notamment relever **des flux qui ont été forts en début de saison** (avril-mai) **puis en août en baie de Saint Brieuc** et encore plus **sur la baie de Douarnenez**, ce qui est **favorable à une prolifération soutenue en été**. Alors que sur la **baie de la Fresnaye**, **les flux ont été bas dès mai et sur toute la saison** et sur les **autres secteurs** (les plus saturés par les flux du fait d'étiages tous les ans élevés et de configurations littorales de fort confinement), **les flux ont été déficitaires mais assez proches des moyennes pluriannuelles** (- 7 % à - 23 % du Quillimadec au Yar et - 29 % sur l'Ic). 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 homogènes**, même si en 2023 nous n'avons pas connu de très gros orages « localisés » 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 différents en avril : entre le sud-ouest (excédent pluviométrique sur Lorient et Quimper) et le nord Bretagne (déficit sur Best, Ploumanac'h et Saint Brieuc). En juillet aussi on peut relever des excédents pluviométriques nettement supérieurs sur le sud-ouest (91 % sur Lorient ; 67 % sur Quimper) que sur les autres stations (autour de 40 % d'excédent) ; situation que l'on retrouve, en plus atténué en août (+32 à + 40 % sur Lorient et Quimper contre moins de 20 % d'excédent sur les autres stations).

Concernant les **conditions météorologiques** (annexe 8), le rayonnement global enregistré à Saint-Cast-le-Guildo (pris comme indicateur du niveau « moyen régional ») est **conforme à la normale sur l'année** (1182 J/cm² contre 1183 sur 2002-2022) malgré un **léger déficit sur la période avril-septembre** (1772 J/cm² contre 1815 de normale soit 2.4 % de moins). Assez logiquement, malgré ce niveau assez proche de la moyenne **les disparités au sein de la période sont assez fortes**. Sur la station de Saint-Cast-le-Guildo, le **rayonnement moyen mensuel** (Figure 28, bas) est **légèrement supérieur aux normales sur janvier et février**, **déficient sur mars et avril**, plus **nettement excédentaire sur mai et juin** (+ de 8 %) et **fortement déficient sur juillet et août** (11 % de moins) et **septembre** (- 4 %). En revanche, **les trois derniers mois de l'année présentent un rayonnement moyen excédentaire** (8, 4 et 10 %). 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 mai et juin** (avec des écarts, en nombre d'heures de soleil, entre 40 et 45 % contre 8 % en rayonnement). Sur **juillet et août l'anomalie négative en nombre d'heures** de soleil est respectivement de 15 et 12 % ce qui est assez proche de la mesure en rayonnement (11 %). La mesure en rayonnement et heures de soleil est **en revanche divergente pour avril et septembre** (dans les deux cas un déficit en rayonnement et un léger excédent en nombre d'heures de soleil). 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'enneuagement important (ex. du 28 juin avec 0 h 0 mn de soleil à Dinard et 800 J/cm² à saint Cast le Guildo et 2 jours plus tard 2h17 mn de soleil pour quasiment le même rayonnement -900 J/cm²-). La position des mesures sur Dinard (station météo France pour les heures d'ensoleillement) plutôt que Saint Cast le Guildo (mesure du rayonnement) peut aussi expliquer de légères différences certains jours (distance d'environ 15 km ?).

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 début janvier** puis une période longue de temps calme (15 janvier - 8 mars), un mois d'avril plutôt dispersif (jusqu'au 14, ce qui peut expliquer la faible détection d'ulves lors du premier survol le 17 avril). Ce qui est notable, voire exceptionnel, c'est l'épisode dispersif intervenu en début août (tempête Patricia) mais aussi quelques jours plus tôt (mi-juillet) et quelques semaines plus tard (mi-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).

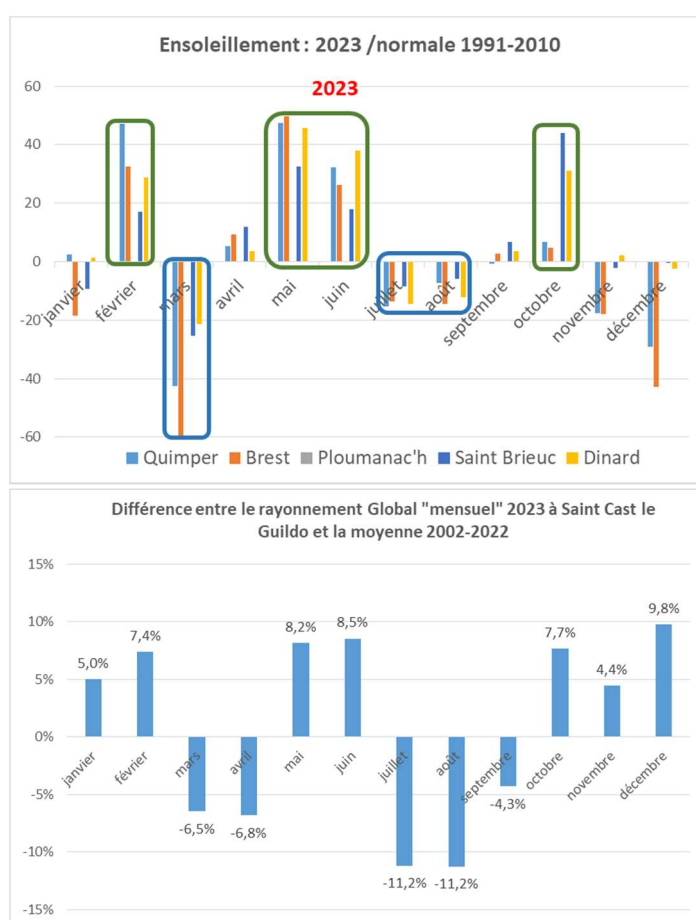


Figure 28 : en haut, écart mensuel (%) d'ensoleillement sur les stations Météo France suivies sur la période janvier à décembre 2023 par rapport à la normale 1991-2010 ; bas, écarts mensuels (%) entre le rayonnement global mesuré par Météo France à Saint-Cast-le-Guildo et la moyenne 2002-2022

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 12 dernières années soit 36 dates potentielles), les ulves étaient nettement minoritaires sur les algues vertes filamenteuses (« ulves éparses » sur tapis d'algues filamenteuses avec des taux de couverture par les ulves estimés de 5 à 10 % en général). Il a toutefois été possible de faire des prélèvements sur la plupart des dates prévues (6 prélèvements réalisés sur les 10 visites de terrain ; 4 dates pour lesquelles les ulves n'étaient pas présentes ou pas en quantité suffisante pour faire un prélèvement). 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%) sur les prélèvements de juin et du début juillet ainsi qu'à la mi-août. Les valeurs sont même très basses (au niveau du quota de subsistance) le 8 juin et le 3 juillet. Suite à ce dernier prélèvement de juillet, les ulves étaient trop peu présentes pour pouvoir faire un prélèvement (19/07). La diminution des ulves/leur disparition semble donc bien en ligne avec des teneurs en azote trop faibles dans le milieu pour leur croissance. La remontée des teneurs en N dans les ulves de fin de saison (à partir de fin juillet) peut être reliée à des flux en hausse (remontée des débits le 25 juillet et sur le mois d'août) dans un contexte de besoins de croissance plus limités (moins de lumière). Sur ce point de prélèvement, on note que **les teneurs en phosphore, basses lors du premier prélèvement augmentent régulièrement** pour être, dès la mi-juin au-dessus de la valeur de limitation et très nettement saturant en fin juin et sur les semaines suivantes (relargage abondant avec les températures de l'eau qui augmentent).

Sur le secteur de Keridaouen (Figure 40) **dans l'Aber Wrac'h**, le **phosphore est en position de limitation** dès le premier prélèvement et jusqu'à la fin septembre (seules 2 valeurs sont proches du Q1N, le 04/05 puis le 21/07). La limitation semble assez franche sur toute la saison et la valeur la plus basse est mesurée début juin (0.07 %, le 6 juin). 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 2023 semblent particulièrement basses pour ce site, y compris en fin d'été (contrairement à 2022, année pour laquelle les valeurs étaient remontées en août puis septembre). Pour ce qui est des teneurs en azote, comme en 2022, les courbes montrent **une quasi absence de limitation**. La seule valeur « légèrement » limitante (1.83 %) est le 21/06, date pour laquelle les tapis étaient dominés par les algues vertes filamenteuses (et ulves « parsemées »). 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) à des niveaux proches des moyennes pluriannuelles (autour de - 10 % en juin et juillet). Il faut aussi noter que la prolifération des ulves sur le site de Keridaouen 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 sont restées élevées sauf en début juillet, date à laquelle elles étaient légèrement limitantes (1.7 %). A noter qu'à la date suivante (20/07), les ulves étaient en quantité et état insuffisant pour réaliser un prélèvement. Cet épisode de limitation intervient à la période de débit particulièrement bas du Blavet (près de 50 % de moins que la normale en début juillet). En début août, les flux étaient remontés de façon rapide (3 à 4 fois plus que la moyenne pluriannuelle et 2 fois la moyenne à partir du 24 juillet) ce qui est bien en ligne avec des teneurs dans les algues en très forte hausse (2.8 % le 01/08). Pour ce qui est des teneurs en phosphore, en 2023, **aucune valeur n'est proche des limitations**. Les valeurs les plus basses sont nettement au-dessus des limitations (0.15 %, le 3 juillet) et culminent en août à 0.24 % soit 2 fois le début de la limitation). Ces valeurs élevées sont très probablement en lien avec des relargages sédimentaires soutenus, en particulier en période estivale (température de l'eau, anoxie, ..). 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.

Les teneurs en azote des ulves sur **Arcal** (Figure 47), élevées et non limitantes lors du premier prélèvement, le 21 mai étaient franchement limitantes à partir de début juin (1.5 % le 05/06) et le sont restées jusqu'en fin juillet (1.96 le 23/07). Ensuite elles augmentent fortement pour culminer à 2.8 % le 20 août. Les débits (donc probablement les flux), inférieurs aux normales jusqu'au 20 juillet deviennent supérieurs après cette date et plus de 3 fois le niveau moyen le 2 août. Ces augmentations de flux semblent donc bien expliquer (avec en parallèle la diminution de la lumière) les hausses des teneurs et la croissance accrue des ulves à partir de fin juillet. Pour ce qui est des **teneurs en phosphore**, elles sont restées élevées depuis le début de la saison (0.17 % le 21 mai) et n'ont, à aucun moment, été limitantes. La valeur très élevée le 19 juin (0.29 %) semblent **concorde avec des températures de l'eau probablement très élevées** (augmentation des relargages sédimentaires) du fait d'un temps très ensoleillé et de températures de l'air de 3-4 voire 6 °C au-dessus des normales durant plusieurs semaines. Pour les prélèvements sur le site voisin de **Séné** (Figure 48) il faut tout d'abord noter que beaucoup de prélèvements n'ont pu être réalisés **du fait d'absence de réelle prolifération d'ulves**. En début de saison on trouvait surtout des Gracillaires et pas d'ulves. Puis un peu d'Entéromorphes et des ulves éparses. Les teneurs indiquées par les ulves dans de telles configurations pourraient être moins révélatrices du niveau trophique du site. Malgré cela, on ne mesure pas de franche limitation de la croissance par l'azote et encore moins par le phosphore, qui est plus nettement saturant. En 2022, les niveaux assez bas en azote semblaient assez contradictoires avec les mesures des années antérieures et avec les analyses sédimentaires de relargage de NH₄ (rapport IMPRO) qui étaient environ 4 fois plus élevées que pour le site voisin d'Arcal et que le niveau moyen régional. En 2023, ce relargage sédimentaire local pourrait être un facteur d'explication de la non limitation par l'azote contrairement à la situation du site d'Arcal. 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). Les teneurs en phosphore, sont, elles aussi au-dessus des limitations de croissance des ulves et de façon plus marquée que pour l'azote.



➤ 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** », qui avait connu une **prolifération d'*Ulvaria obscura*** (algue verte en lame, d'aspect très proche des ulves) particulièrement précoce en 2022 (lien avec une prolifération intense jusqu'en fin 2021 et un très bon report pluriannuel comme le démontrait le survol hivernal) avait vu cette algue disparaître au cours de l'été à la faveur des Ectocarpales (*Pylaiella littoralis*). Comme attendu, les ulves et *Ulvaria* étant absentes en fin 2022, le printemps 2023 a vu, à nouveau, les Ectocarpales s'imposer dans cette baie. Les flux d'azote inorganiques ayant été bas en mars (-27 % / moyenne 2010-2022), proche de la moyenne en avril puis déficitaires en mai (-12 %), devenant très bas en juin (-60 %) on ne s'attendait pas à voir les algues vertes s'imposer sur les Ectocarpales déjà « en place ». Durant toute la saison 2023, on en pu constater l'absence d'algues vertes sur la baie et le maintien des Ectocarpales (certains mois, en mélange avec des *Polysiphonia* ; cf. fiches annexe 6). La **Figure 30** présente les teneurs en N et P des Ectocarpales. On peut noter des positions « relatives » des deux nutriments avec les teneurs en P, comme les années précédentes, relativement élevées et qui montent en saison et les teneurs en N nettement plus basses. Les teneurs en N sont même sous le Q1N, dès le mois de juin, mais ce niveau, établi pour les ulves, serait plus bas pour les Ectocarpales. On relève toutefois une descente marquée des teneurs en N quand les flux diminuent (- 60 % sur le mois de juin par rapport à la moyenne 2010-2022) et un niveau qui remonte un peu en début août (flux qui sont plus proches des moyennes d'août avec - 27 % et biomasses qui probablement génère de l'auto-ombrage). Pour ce qui est des teneurs en P des Ectocarpales, elles demeurent toute la saison nettement au-dessus des limitations (établies pour les ulves) et surtout (sauf le dernier point de fin septembre) sont en augmentation régulière durant la saison. Cela semble confirmer la provenance sédimentaire du P avec des fournitures qui augmentent avec l'augmentation des températures de l'eau et de la moindre oxygénation du milieu. Et confirmer que cet élément ne peut être un facteur de contrôle dans de tels environnements de baies en proche littoral.

En **baie de Saint-Brieuc**, la prolifération d'ulves a été **relativement précoce** (même on relevait peu d'ulves en avril du fait des conditions encore agitées en mi-avril, juste avant le vol), **en lien avec le niveau très élevé des biomasses d'ulves** en novembre et décembre 2022 et malgré un hiver dispersif. Les surfaces en ulves, supérieures à la moyenne en mai (+ 30 %) sont proches du niveau moyen de juin à août (conditions « estivales » assez dispersives qui pourraient expliquer une limitation des surfaces) pour devenir importantes et **même « record » en fin de saison** (niveau trois fois supérieur à la moyenne en octobre et jamais atteint auparavant). La **figure 31** propose les teneurs en N et P des ulves et aussi pour les *Ectocarpales* qui, bien que minoritaires (annexe 6) ont été présentes durant une bonne partie de la saison. On peut voir que les teneurs **en azote étaient élevées en mai** (3.1 et 3.4 % les 3 et 18 mai), non limitantes ce qui est bien en ligne avec des **flux encore très élevés** (+ 77 % par rapport à la moyenne 2010-2022 d'avril et + 9 % pour mai). A partir du **début juin les teneurs en azote deviennent limitantes** (1.6 % le 8 juin puis 1.07 % le 19 juin) dans un contexte de flux qui sont bas (autour de 500 kg/j de N mi-juin soit -50 % par rapport à 2010-2022). Sur juillet et début août, les teneurs dans les ulves remontent légèrement (légère remontée des flux et contexte peu lumineux) tout en restant franchement sous le Q1N. Le niveau bas mesuré le 18/08 (1.06 %) peut s'expliquer par quelques jours de soleil intense juste avant cette date et des flux bas (- de 400 kg/j le 15/08). Pour ce qui est des teneurs en phosphore, on observe en 2023 des niveaux relativement bas par rapport aux années antérieures (en particulier 2022 ce qui peut être lié à des conditions, de température notamment, exceptionnelles cette année 2022). Le 3 mai, les niveaux sont légèrement limitants (0.09 % de P), ce qui est assez classique quand les eaux sont encore froides (moindre relargage) et la croissance des ulves soutenue (peu d'auto ombrage, soleil abondant début mai). En juin (8 et 19), les teneurs sont encore très proches des limitations (0.11 %) ce qui peut être lié à une forte croissance à cette période et des relargages qui seraient



encore relativement peu importants. Sur tout le mois de juillet, les teneurs en P sont franchement non limitantes (0.15 %) et re-diminuent sur le prélèvement du 18 août (au niveau du début de limitation Q1P) ce qui, comme pour l'azote peut être lié à une croissance intense à cette date (fort ensoleillement, les deux nutriments marquent une baisse sensible). Malgré ces périodes de légère limitation par P, surtout en début de saison, on peut donc noter que **l'azote est clairement le nutriment qui est en position de contrôle des proliférations d'ulves**. La courbe 31 présente également les teneurs en N et P dans les Ectocarpales. Ces dernières, bien que présentes en faible pourcentage sur la plupart des dates, n'ont pas été en position de réelle prolifération (les ulves étaient chaque fois nettement prédominantes). Les prélèvements ont cependant été réalisés (utile surtout si les ulves avaient décliné au profit des Ectocarpales, ce que l'on ne peut savoir au moment des prélèvements). On voit, comme pour les ulves, une **position relative du P qui est moins limitante que N et des teneurs plus constantes du P** qui peuvent être liées à la fourniture sédimentaire. La valeur plus basse en début mai peut, comme pour les ulves, être liée à un moindre relargage saisonnier. Les variations plus fortes des teneurs en N peuvent être liées à des apports plus fluctuant par les cours d'eau.

Sur l'anse de « **Binic/Etables su Mer** », le démarrage de la prolifération d'ulves a été très tardif, avec très peu d'ulves jusqu'en juillet (vol le 18 juillet montrant encore des couvertures minimales : 80 % inférieures à leur niveau moyen de juillet sur les années 2002-2022). Les surfaces sont ensuite devenues importantes en septembre (+ 100 % par rapport à la moyenne de septembre) mais avec des **ulves parmi lesquelles les Cladophora** (algues vertes filamenteuses) **devenaient prépondérantes**, en particulier sur le sud de l'anse (« la Banche »). En octobre, aucun des points de contrôle de terrain ne montraient des pourcentages d'ulves de plus de 10 % ; les biomasses importantes **n'étaient plus constituées que de Cladophora**. Les teneurs en N (**Figure 32**) sont peu limitantes jusqu'en fin juillet (2.3 % le 31/07) mais deviennent franchement limitantes le 18/08 (1.5 %) pour baisser encore jusqu'en septembre (1.1 % le 15/09). Cette forte limitation de la croissance intervient au moment où les Cladophora se sont imposées sur les ulves **ce qui semble indiquer que le manque d'azote pour les ulves a laissé la place** à une croissance accélérée de ces algues filamenteuses, a priori (cf. Cimav P3), moins exigeantes en azote pour leur développement. Ces niveaux limitants en azote (et développement des AV filamenteuses) interviennent avec des flux qui sont environ 40 % inférieurs au flux moyens en septembre (- 26 % en août). Pour ce qui est **des teneurs en phosphore**, on relève des niveaux **limitants en début de saison** et des teneurs qui montent en juin pour s'approcher des niveaux de saturation. Comme déjà noté les années précédentes, les teneurs P plus faibles sur cette baie que, par exemple, en baie de Saint Brieuc **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 », aucune prolifération d'ulves n'a été relevée en 2023. Déjà en 2022, comme en 2020 et 2021 la prolifération avait été très faible, presque insignifiante (très faibles surfaces mesurées en juillet et août et un total annuel 15 fois inférieur au niveau pluriannuel). Ce n'est que lors de la dernière tournée que les opérateurs de terrain ont pu trouver assez d'ulves (« quelques thalles d'ulves vert clair de moyenne taille ») pour effectuer un prélèvement. Cet unique mesure montre (**Figure 33**) des valeurs qui **seraient très limitantes pour la croissance** pour l'azote, et moyennement limitante pour le phosphore.

Sur l'anse de « Trestel » la prolifération a été relativement limitée, maximale en juin et juillet et quasiment nulle à partir du mois d'août (cumul annuel de 50 % inférieur à la moyenne 2002-2022). Les teneurs **en azote (Figure 34)** sont **très élevées en mai** (3.3 et 3.4 %) et deviennent **limitantes en début juin** (1.4 % le 6 juin) ce qui peut être lié à la forte croissance (lumière) en début juin dans un contexte de flux qui seraient insuffisant pour assurer la croissance. **Les teneurs en azote restent peu élevées jusqu'en septembre**. Le fait que les surfaces sont très faibles voire nulles à partir d'août peut aussi expliquer les faibles teneurs dans les algues (peu d'auto ombrage). Les conditions dispersives de l'été 2023 (mi-juillet puis début août avec la tempête Patricia et des vents en rafales sur Ploumanac'h, station voisine, mesurés à 104 km/h le 2 août) peuvent expliquer une disparition des ulves sur ce site, relativement exposé à la dispersion. Les quelques algues restantes peuvent alors avoir des teneurs internes d'autant plus faibles qu'elles font leur croissance sans auto ombrage. Ces algues semblent toutefois indiquer un niveau trophique azoté qui serait très bas sur le site. Les



teneurs en P, basses en début de saison remontent à partir de la mi-juin et semblent moins en position de limitation que les teneurs en N (et comme pour l'azote, la faible densité algale du site va dans le sens d'une baisse des teneurs).

Sur la baie de Saint-Michel-en-Grève, la prolifération a été, à l'image des 5 saisons précédentes (2017 étant la dernière année « précoces »), **très tardive** (en cohérence avec des surfaces faibles en octobre 2022 et un hiver dispersif). Les surfaces sont très faibles jusqu'en juillet (- 67 % par rapport à la situation « moyenne » 2002-2022) et faibles en août (-35 % par rapport à la moyenne d'août). A cela, il faut ajouter, qu'en réalité, le début de saison (juin surtout) a été marqué par une présence d'*Ulvaria* et très peu d'ulves. Même s'il est difficile d'évaluer, à l'échelle d'un tel site (sans moyens humains très importants), la proportion des espèces formant la biomasse, on relève une **prédominance des *Ulvaria* en juin** mais **des surfaces très faibles**, une situation **plus équilibrée en juillet** (prédominance des ulves sur la partie centre de la baie mais maintien des *Ulvaria* sur l'ouest), et **les ulves qui s'imposent plus franchement à partir d'août pour devenir largement majoritaires en septembre puis octobre** (pas d'*Ulvaria* perçues). En fin de saison, malgré un démarrage tardif, les surfaces colonisées sont conformes à la moyenne pluriannuelle **en septembre et nettement supérieures en octobre** (+ 70 %). Les **teneurs en azote dans les ulves (Figure 35)** sont élevées en mai (nettement au-dessus de limitation avec 3.7 et 4.3 % d'azote le 3 puis 21 mai). Début juin les ulves sont au niveau du seuil Q1N (2 % le 07/06) puis **l'azote est en situation de limitation assez prononcée** (1.4 et 1.7 % les 19/06 et 08/07) pour ensuite remonter jusqu'à des valeurs nettement non limitantes en septembre. Ces teneurs internes limitantes interviennent alors que les flux (sur la base des suivis sur le Yar) **sont inférieurs au niveau moyen pluriannuel, assez nettement en juin** (-31 %), en juillet (-22 %) et plus proches des moyennes en août et septembre (-10 et -14 %). A noter aussi que, **malgré cette légère limitation par l'azote, les surfaces en ulves ont progressé jusqu'en octobre** pour se situer à un niveau nettement supérieur aux moyennes et que les ulves sont parvenues à s'imposer sur les *Ulvaria* dans ce contexte. Le niveau élevé en octobre des surfaces et biomasses d'ulves est probablement en lien avec des **conditions de temps assez exceptionnel** à cette période : maintien d'un temps calme, peu dispersif et très lumineux (« été indien ») ce qui est favorable à une croissance d'arrière-saison (peu de besoin de croissance car lumière moins abondante et apports qui redeviennent plus importants de par les arrivées des cours d'eau et les reminéralisations des algues et microalgues). La courbe **des teneurs en phosphore indique une légère limitation en début mai** (lien avec les températures de l'eau encore fraîches) et en juin puis des **teneurs qui augmentent et sont saturantes pour la croissance des ulves**. Cela semble conforter sa provenance sédimentaire avec un relargage qui augmente avec les températures de l'eau et les conditions moins oxiques. Les courbes des teneurs en N et P dans les *Ulvaria* sont assez convergentes avec celles des ulves (exception faite du point en mi-septembre) mais se situent nettement au-dessus des courbes des ulves ce qui tend à **conforter des moindres besoins de nutriments pour la croissance** et des taux de croissance probablement inférieurs en conditions *in situ*. Cela semble donc indiquer que dans le niveau trophique de 2023 (pourtant inférieur au niveau trophique moyen des dernières années) les ulves sont **peu limitées par l'azote et même en cas de faible report** (comme en 2023) elles sont capables de générer des biomasses importantes (malgré tout, nettement diminuées par rapport à la situation moyenne des 20 dernières années). Le contrôle des proliférations par les nutriments impose donc de baisser encore d'avantage les teneurs en nitrates des cours d'eau.

Sur l'**Anse de Locquirec**, malgré un niveau encore faible en avril et mai (-37 %), la prolifération **d'ulves a été soutenue dès juin** (+ 25 % par rapport à 2002-2022) et **intense jusqu'en fin de saison** (+60 en juillet autour de +30-40 % en août et septembre et + 200 % en octobre). Les flux, encore élevés en avril (+ 25 % par rapport à 2010-2022) sont en léger déficit depuis mai (-10 % jusqu'en septembre (autour de -15 à -25 % chaque mois sur juin à septembre). Les teneurs en azote dans les ulves (**Figure 36**) sont nettement au-dessus du Q1N en mai, diminuent fortement en juin (1.91 % le 07/06) dans un contexte de croissance rapide (« rideau très peu dense ») puis restent durant les mois de juin jusqu'à septembre nettement au-dessus des limitations (environ 2.5 %). Seul un prélèvement montre des valeurs nettement plus basses (1.76 % le 18/08) dans un contexte de flux bas (150 kg N/j sur les 8 derniers jours) mais surtout **d'un prélèvement qui a dû être réalisé en fond de baie** (algues potentiellement plus loin des flux et plus exposées à la lumière), l'opérateur n'ayant pas pu



trouver d'algues en rideau. Pour ce qui est des **teneurs en phosphore**, elles sont limitantes jusqu'au prélèvement du 19/06 ce qui peut être lié à une forte croissance (encore peu de biomasse donc peu d'auto ombrage) et une fourniture sédimentaire encore limitée en début de saison. Ensuite les teneurs remontent au-dessus des limitations, excepté sur 2 prélèvements dont celui du 18/08 (ulves prélevées en fond de baie et non en rideau). Sur l'anse de Locquirec, le phosphore apparaît donc **en position de faible limitation** plus marquée que pour l'azote en début de saison (mai-juin) 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 au printemps 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 2023 avec -54 % de surface en mai et en juin), la prolifération a été très **soutenue en juillet** (+45 % par rapport à la situation moyenne de juillet) et exceptionnelle en août (+ 150 % ; niveau le plus élevé jamais mesuré sur la baie, tous mois confondus depuis 2002, début de ces suivis). Les surfaces sont ensuite restées supérieures aux moyennes jusqu'en octobre (+ 50 % en septembre et + 140 % en octobre). Sur cette anse, les flux de l'Horn et du Guillec ont été sur chaque mois d'avril à septembre légèrement inférieur au niveau pluriannuel (- 8 % en avril ; - 25 % en juin entre - 15 et - 20 % en juillet et août et - 8 % en septembre). Malgré ces flux « relativement bas » les flux sont, comme tous les ans élevés sur cette baie et les étiages peu marqués (de 1 900 kgN/j en moyenne sur avril 2023 à plus de 1 000 encore en septembre). La **Figure 37** montre des teneurs en azote dans les ulves qui sont **très nettement au-dessus des seuils de limitation de la croissance** : la plupart des points se trouvent au-dessus de 4 % et la valeur la plus basse est de 2.79 % le 18/08 au moment du pic de biomasse. Cette valeur la plus basse (mais très nettement au-dessus des limitations correspond à un prélèvement qui a été réalisé au centre de la baie, donc plus éloigné de l'Horn et du Guillec (point de prélèvement habituel entre les 2 filières). Les teneurs en phosphore dans les ulves sont également globalement non limitantes. Seul le point du 7 juin serait sous le Q1P, à une période où les relargages seraient encore faibles et les besoins de croissances soutenus. On peut donc parler, comme les années antérieures **de saturation forte par les flux d'azote**, malgré une année dont les flux sont de 15 à 20 % inférieurs à leur niveau pluriannuel sur les mois de juillet et août potentiellement les plus limitants. 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 de flux 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.

La **baie de « Guissény »** est un des sites habituellement tardif. En 2024 la prolifération y a été particulièrement précoce (mai : 150 % de plus qu'en moyenne, juillet + 115 %) mais les échouages en juin ont été fortement limités (- 30 % par rapport à la moyenne pluriannuelle) probablement du fait d'un épisode inhabituel et soutenu de vent de nord-est. Ensuite la prolifération est restée très soutenue jusqu'en octobre (chaque mois de 70 à 160 % de plus qu'en moyenne). Les flux du Quillimadec ont été supérieurs aux moyennes pluriannuelles en début de saison (avril et mai : + 6 %) et deviennent légèrement inférieurs aux moyennes mensuelles en juin (-9 %) puis sur juillet à septembre (autour de - 15 %). 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 » avec certaines périodes qui présentent, sur le Club Nautique, de légères limitations (1.74 le 21/06 et 1.66 % le 02/08). Une partie de la biomasse serait donc légèrement limitée par l'azote. Le point « centre baie » montre quant à lui des valeurs nettement plus élevées et loin des limitations (excepté le point du 06/06 légèrement sous le Q1N avec 1.93 %). Au niveau du rideau, au centre de la baie les ulves ne sont donc pas bridées par le manque d'azote (proche du panache du Quillimadec). Pour ce qui est des teneurs en phosphore, les deux courbes sont



à des niveaux assez proches, régulièrement sous les limitations Q1P avec une tendance à l'augmentation au fil de la saison qui peut, comme sur les autres sites, être liée à des fournitures sédimentaires (et/ou provenant de la colonne d'eau) plus élevées avec les températures de l'eau qui augmente. Les oscillations parallèles des courbes de teneurs en phosphore sur les deux points sont très probablement liées à des conditions externes qui sont identiques (pour la croissance des algues et pour la fourniture sédimentaire). Ce niveau de limitation par le phosphore, 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). Les flux d'azote, pourtant relativement bas en 2023 à partir de juin (du moins inférieur au niveau moyen pluriannuel) sont donc encore trop importants pour réellement limiter la croissance des ulves ce qui se voit sur les teneurs des algues en azote mais aussi sur les biomasses très importantes sur l'ensemble de la saison de prolifération. La maîtrise de la prolifération par les actions préventives nécessitera donc d'abaisser sensiblement au-delà des flux de 2023 les apports par une baisse des concentrations actuellement encore élevées en période estivale (autour de 40 mg/l sur mai-août).

La prolifération d'*Ulves* sur **Moguéran/Coréjou**, contrairement à la baie de Guissény, a été **très peu intense en 2023**. Malgré un démarrage relativement précoce (mai 2023 supérieur de 60 % à la moyenne 2002-2022) les surfaces ont ensuite, chaque mois, été inférieures à leur niveau moyen pluriannuel pour finir sans ulves (de 90 à 100 % de moins sur août à octobre). La **Figure 39** montre des **teneurs internes en azote qui deviennent limitantes** à partir du 20/07 mais sans être très fortement limitantes (1.87 % ; 1.80 % puis 1.71 %). Outre l'aspect nutritionnel, la diminution des échouages à partir de juin pourrait être liée aux conditions de vent de nord-est soutenu qui ont aussi impliqué un destockage (momentané) sur la baie voisine de Guissény. Les teneurs en P, ponctuellement limitantes en début juin (conditions particulière de croissance intense ?) ne sont plus limitantes à partir de la fin juin et jusqu'à la mi-septembre, sauf sur le prélèvement du 18/08 (0.11 %). 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 2019 **significativement plus basses que les années antérieures** et avec des teneurs en azote dans les tissus des algues qui sont relativement basses.

Sur la baie de **Douarnenez**, habituellement précoces, les proliférations ont été très tardives en 2023. Les ulves ont été majoritairement présentes, contrairement à l'année 2022 durant laquelle diverses algues filamenteuses brunes, rouges et vertes (Ectocarpales, Cladophora, Falkenbergia, Aglaothamnion, ...) avaient proliféré avec de très faibles quantités d'ulves. Après un démarrage très tardif (encore 85 % de surfaces en moins qu'en moyenne pluriannuelle en juin puis - 24 % et - 42 % en juillet puis août) la prolifération a été soutenue en fin de saison (+ 95 % en septembre et + 125 % en octobre). Comme sur une partie des baies bretonnes la baie a donc été touchée par une prolifération d'automne plutôt que de printemps comme c'est habituellement le cas. Les flux d'azote à la baie ont été importants en début de saison (+ 30 % en avril et mai sur la somme des 4 cours d'eau principaux), puis proches des niveaux pluriannuel de juin à août (mais probablement plus bas sur le centre de la baie en juin et juillet, d'après les estimations sur le Lapic ou Kerharo) pour devenir très élevés en septembre (+ 130 % en septembre mais déjà + 40 % en août sur le Lapic). La **Figure 41** présente les teneurs sur le site de « Sainte-Anne-la-Palud ». Les teneurs sont élevées en début de saison ce qui est cohérent avec des flux encore soutenus. En début juillet (07/07) les teneurs sont plus basses et juste sous le Q1N mais remontent sur le prélèvement suivant (20/07) sans lien avec les flux qui restent bas (autour de 30 kgN/j sur le Lapic). Cette remontée peut être liée à un retour sur les plages d'algues de fond à croissance plus lente (moins de lumière). Lors des deux tournées suivantes (08/08 et 19/08) les opérateurs n'ont pas pu prélever d'ulves (vent/ressac fort et aucune algue ni en dépôt ni en rideau accessible) ce qui ne permet pas de confirmer une éventuelle limitation sur cette période. Plus tard, le 31/08 puis le 15/09 les ulves prélevées montrent une limitation assez franche de la croissance par l'azote (1.47 et 1.33 % d'azote dans les tissus). A ces dates les flux du Lapic étaient encore très bas, autour de 25-30 kg N/j. Pour ce qui est du phosphore, cet élément ne limite pas la croissance des algues sur les dates sur lesquelles des algues ont été prélevées (manque également le mois d'août, sans prélèvement). La valeur la plus basse est obtenue fin août et est juste



au niveau du Q1P indiquant des disponibilités en phosphore plus faibles (mais l'azote étant plus fortement limitant à cette date cela peut expliquer en partie le niveau de phosphore plus bas). Sur l'anse du Ry, contrairement au cas général de la baie de Douarnenez, les échouages ont été assez intenses en 2023 (+ 40 % sur le cumul des 7 inventaires et déjà + 20 % en mai avec un maximum de couverture en septembre et une valeur de plus du double de la moyenne). D'après les estimations de flux sur le Ris, les apports d'azote ont été importants en avril et mai (respectivement + 20 et + 30 % par rapport à la moyenne, puis proche des valeurs moyennes en juin à septembre (entre 0 et - 10 % par rapport à 2010-2022 avec des valeurs devenant plus élevées après le 15 septembre). Dans les teneurs mesurées en azote (**Figure 42**) on ne voit aucune limitation de la croissance par ce nutriment (teneurs entre 2.6 % et 3.5 % sur toute la saison). Les teneurs en phosphores sont également au-dessus des limitations excepté ponctuellement (21/05 avec 0.12% soit juste sous le Q1P). Sur cette anse, dans les conditions de 2023, la biomasse d'ulves n'a donc pas été limitée par les nutriments N et P.

La **baie de la Forêt**, a été pour la quatrième année consécutive (depuis 2020) quasiment indemne d'ulves. Les échouages ont été faibles et surtout comportaient des proportions d'ulves le plus souvent très faibles (mais plus importants en fin de saison). Les ulves ne sont donc pas absentes mais ne sont pas en réelle prolifération et ne s'imposent pas massivement. Cette baie est connue pour habituellement constituer de grosses biomasses infralittorales et des échouages plus modérés sur plage (expression des quantités infralittoral). Contrairement aux années antérieures qui avaient présenté des flux très bas par rapport aux valeurs moyennes, les flux de 2023 sont proches de la moyenne 2010-2022 (environ 5 % de plus en avril, mai puis août et septembre et - 10 et - 5 % en juin et juillet). La courbe **Figure 43** montre des valeurs de teneurs en azote assez élevées en mai (2.62 % et 2.42 % les 05 et 19 mai) ce qui est assez cohérent avec des flux encore élevés et des algues qui semblent en bon état physiologique (vert soutenu). Les teneurs baissent ensuite fortement jusqu'à un minimum, très bas, le 20/07 (0.93 %). La remontée, fin août n'est pas en lien avec des remontés de flux mais pourrait être liée à des débarquements d'algues de l'infralittoral (croissance plus lente du fait de la lumière moins abondante). Malgré cette remontée, les teneurs restent limitantes pour la croissance (sous Q1N) et baissent à nouveau fortement sur les 2 derniers prélèvements. Les teneurs en phosphore sont basses depuis le début de saison mais montrent une remontée assez marquée à partir du début juillet.

Sur le site **de Fort Bloqué (Figure 44)**, l'azote est nettement limitant sur juin, puis remonte très nettement sur les deux prélèvements de juillet, largement au-dessus des limitations (2.76 et 2.49 %) ce qui peut être lié à la présence de biomasses importantes (auto ombrage). Sur août les teneurs diminuent à nouveau fortement. Comme cela est relevé chaque année, les **teneurs en phosphore, sont basses**, depuis le début de saison et jusqu'en septembre mais avec des remontées ponctuelles ((20/07 avec 0.11 % et 30/08 avec 0.13). Les oscillations globalement parallèles aux courbes des teneurs en azote suggèrent des variations des conditions de croissance de la biomasse. 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 2023 a été plutôt limitée (-25 % sur l'ensemble des inventaires) mais supérieure à la moyenne sur le mois de juillet (+ 40 %). La **Figure 45** montre des teneurs qui sont restées élevées durant toute la saison de prolifération (minimum 2.6 % en juin-juillet). Pour ce qui est du phosphore, **cet élément apparaît légèrement limitant sur le début de la saison** mais des valeurs qui montent à partir du début juin et ne sont plus limitantes à partir du début août. Ce site, à l'exutoire du Blavet (apports importants de nutriments et de turbidité) explique probablement la non limitation par l'azote. Le fait que les courbes de 2 nutriments présentent des oscillations parallèles suggère un lien avec des conditions de croissance qui affecte les teneurs internes mais peut être aussi un apport direct par la colonne d'eau des deux éléments (à l'opposé des sites pour lesquels la fourniture sédimentaire du P).

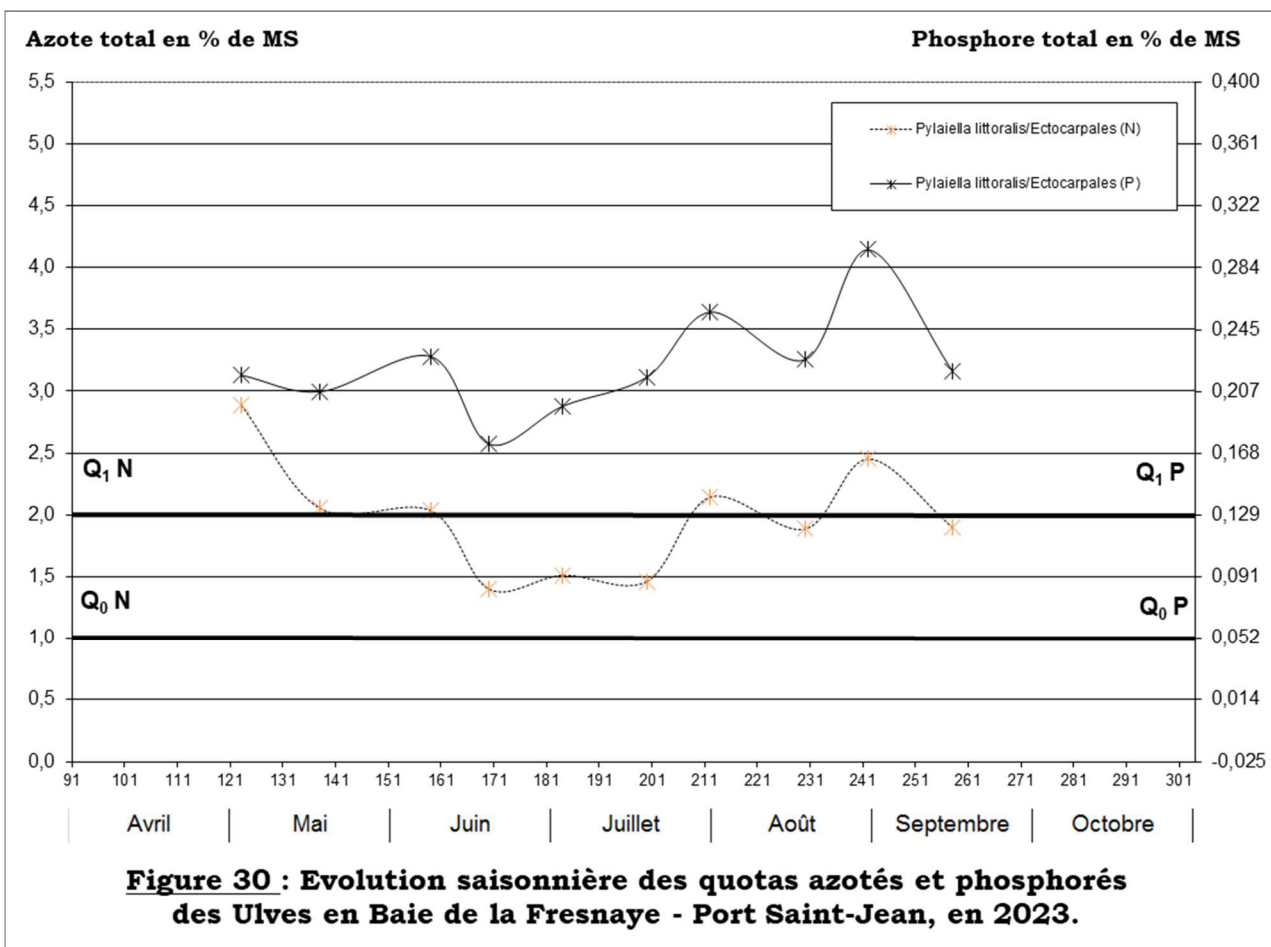
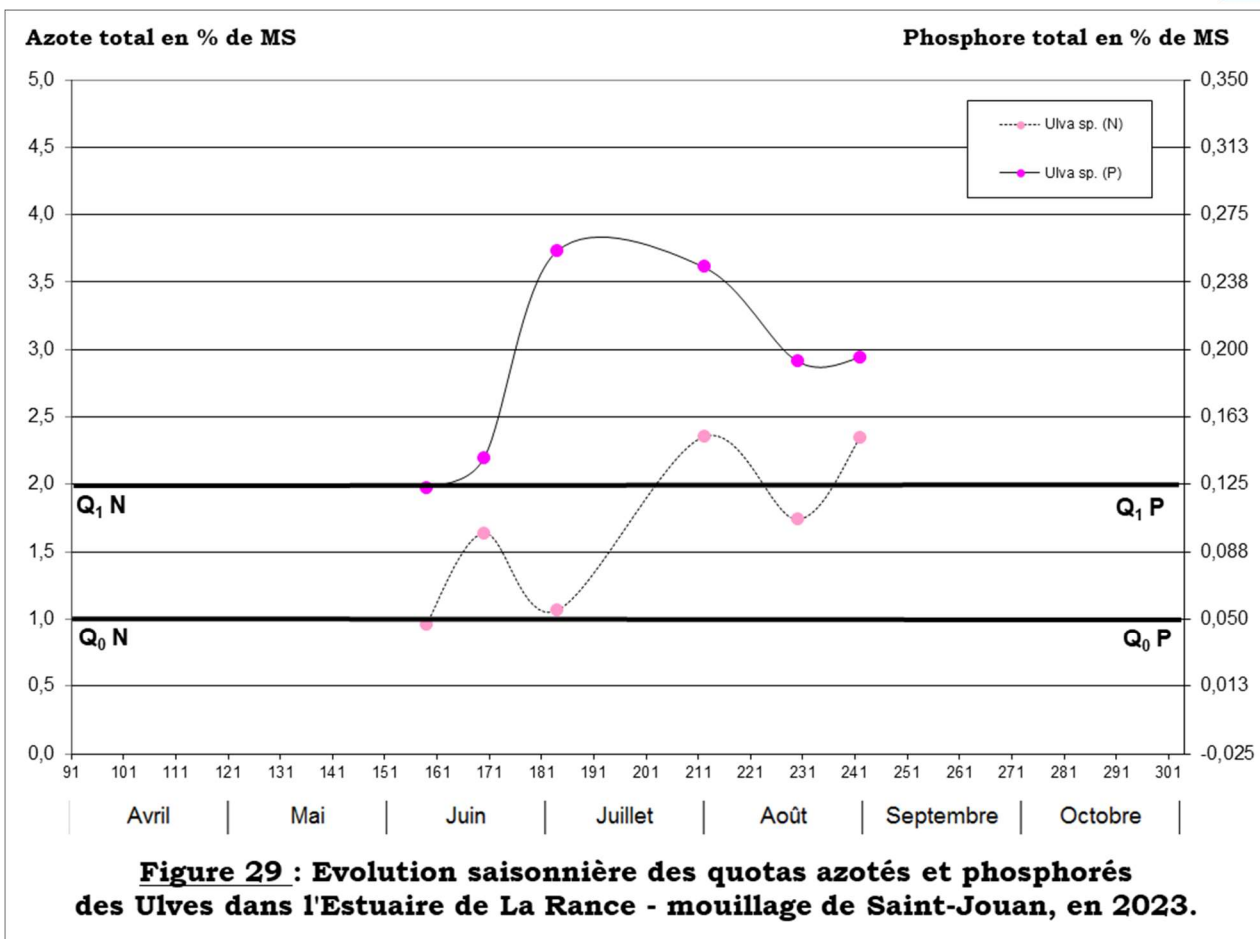
Sur le **site de Pennvins**, la prolifération a été très faible en 2023 et le site n'a été classé pour les ulves que pour l'inventaire de septembre (autres algues en mélange avec ulves minoritaires sur juillet et quasi absence

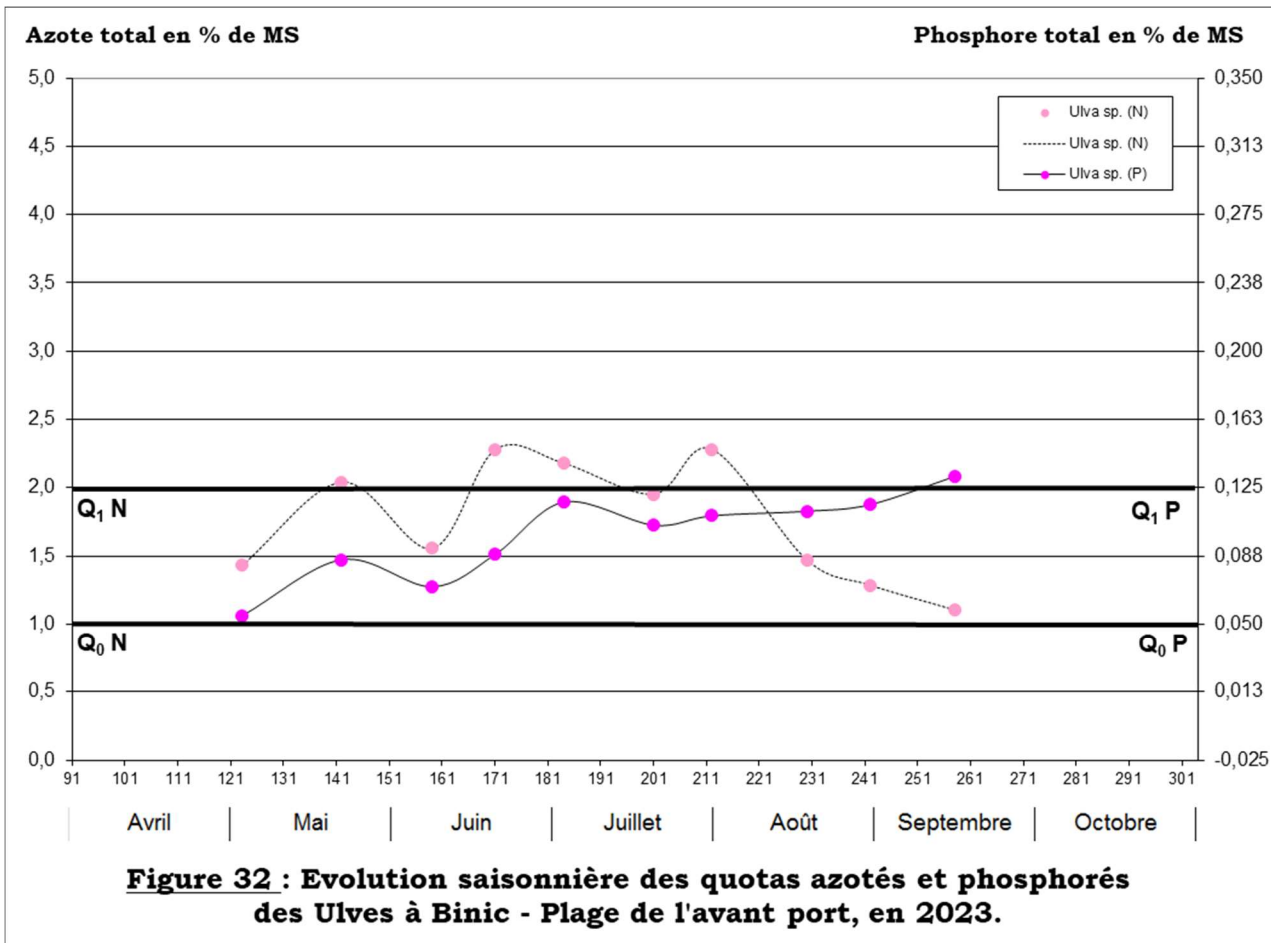
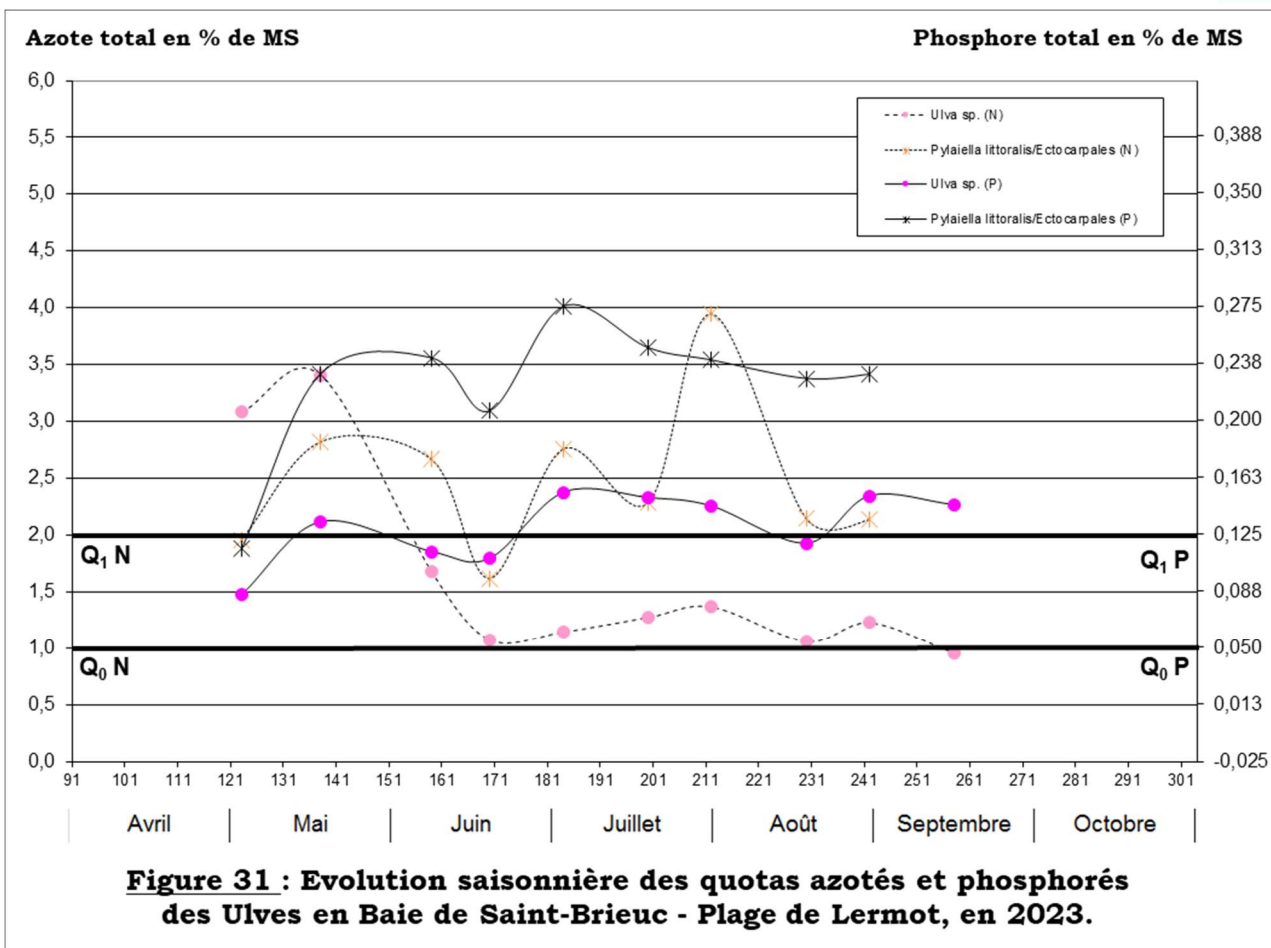


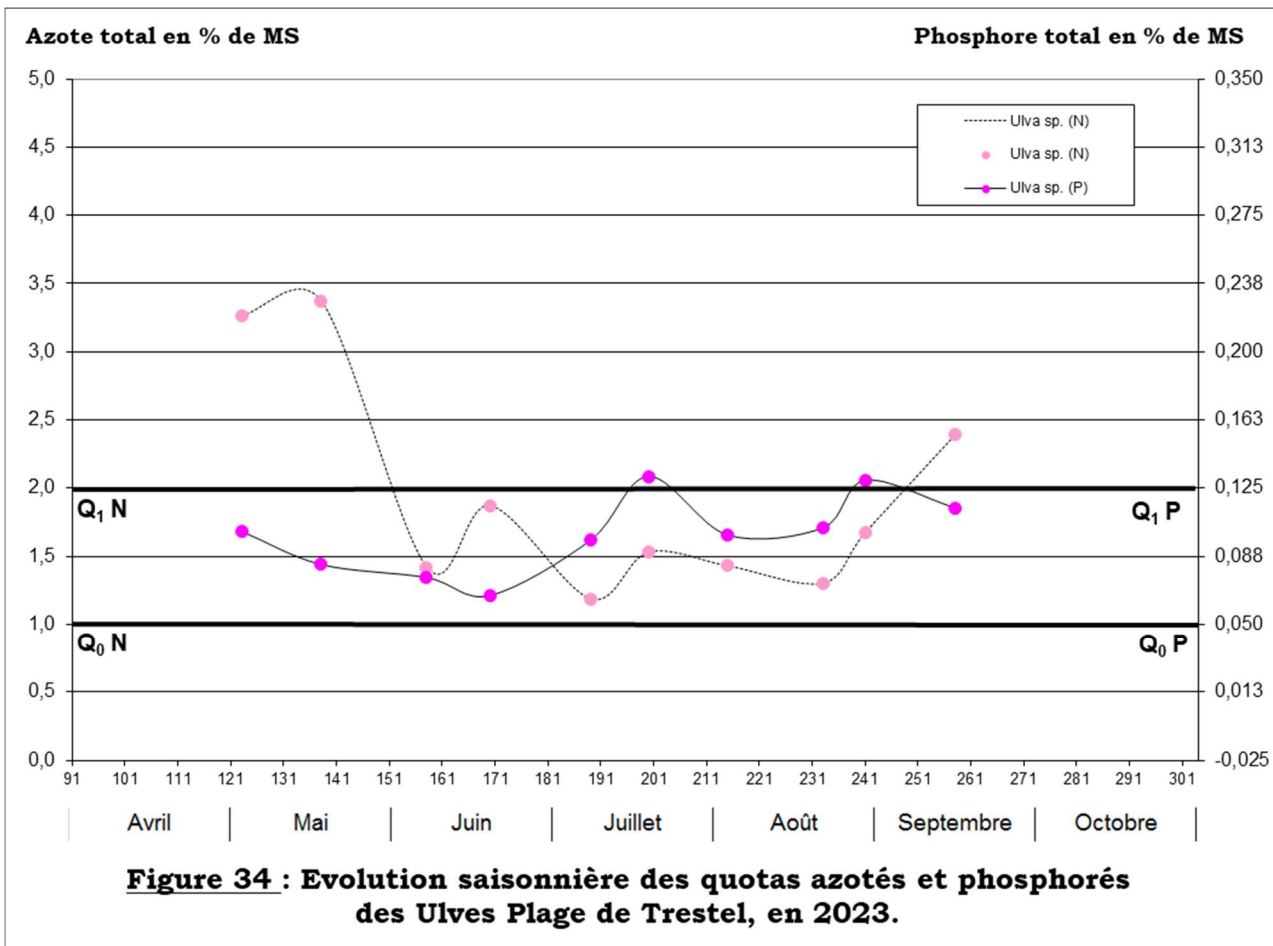
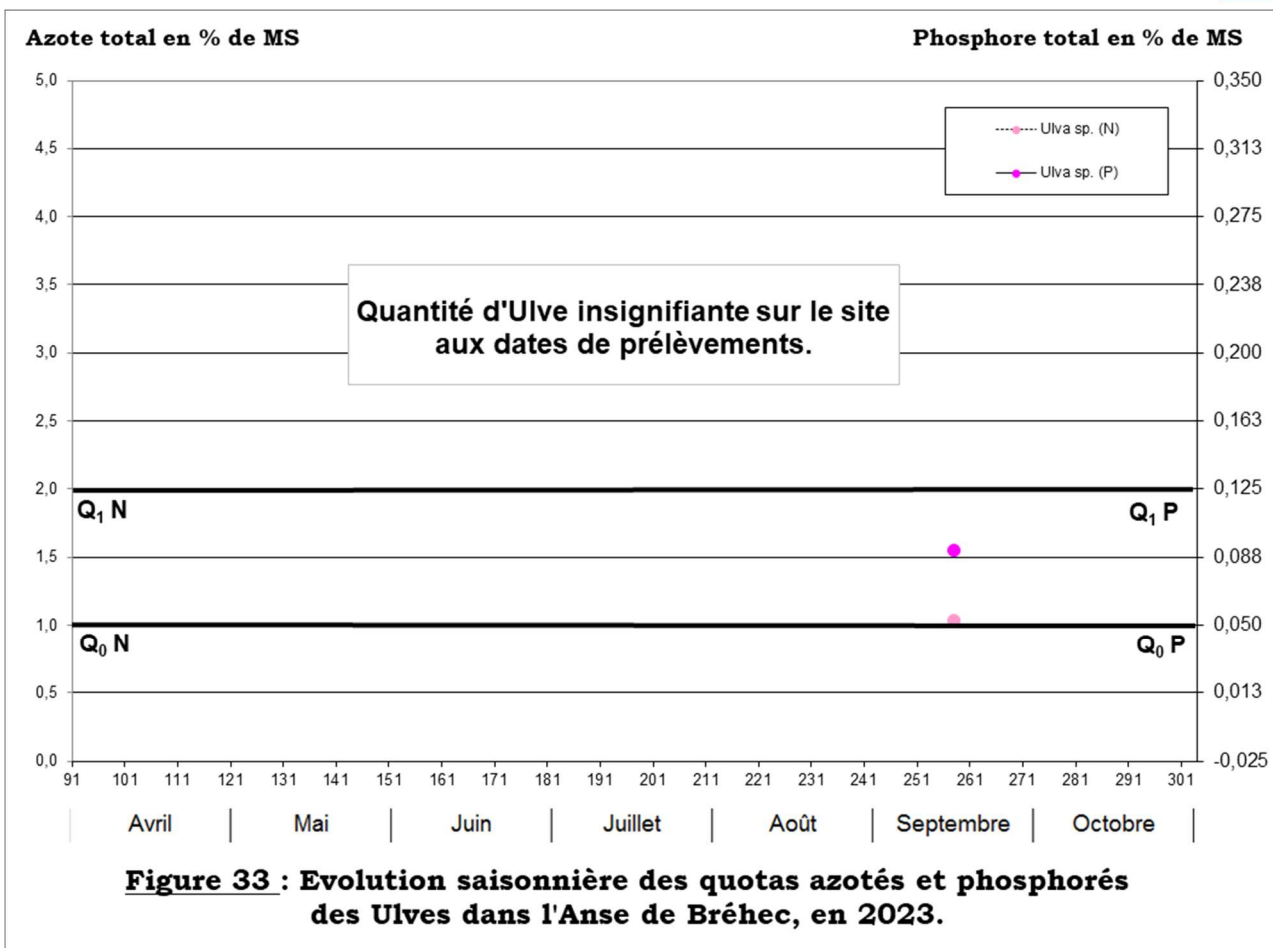
d'échouage en mai). La courbe **Figure 49** indique une limitation par l'azote dès début juin (1.84 % le 05/06) et des teneurs qui restent limitantes sur l'ensemble de la saison (minimum très bas avec 0.89 % le 03/07). Ces teneurs semblent donc bien indiquer une faible présence des ulves en lien avec un niveau trophique bas pour l'azote. Pour ce qui est des teneurs en **phosphore, elles sont basses en début de saison** mais semblent néanmoins relativement moins limitantes que l'azote. Le fait que la prolifération d'ulves a été peu importante (et en mélange avec d'autres algues) retire probablement une partie de la pertinence de cet indicateur.

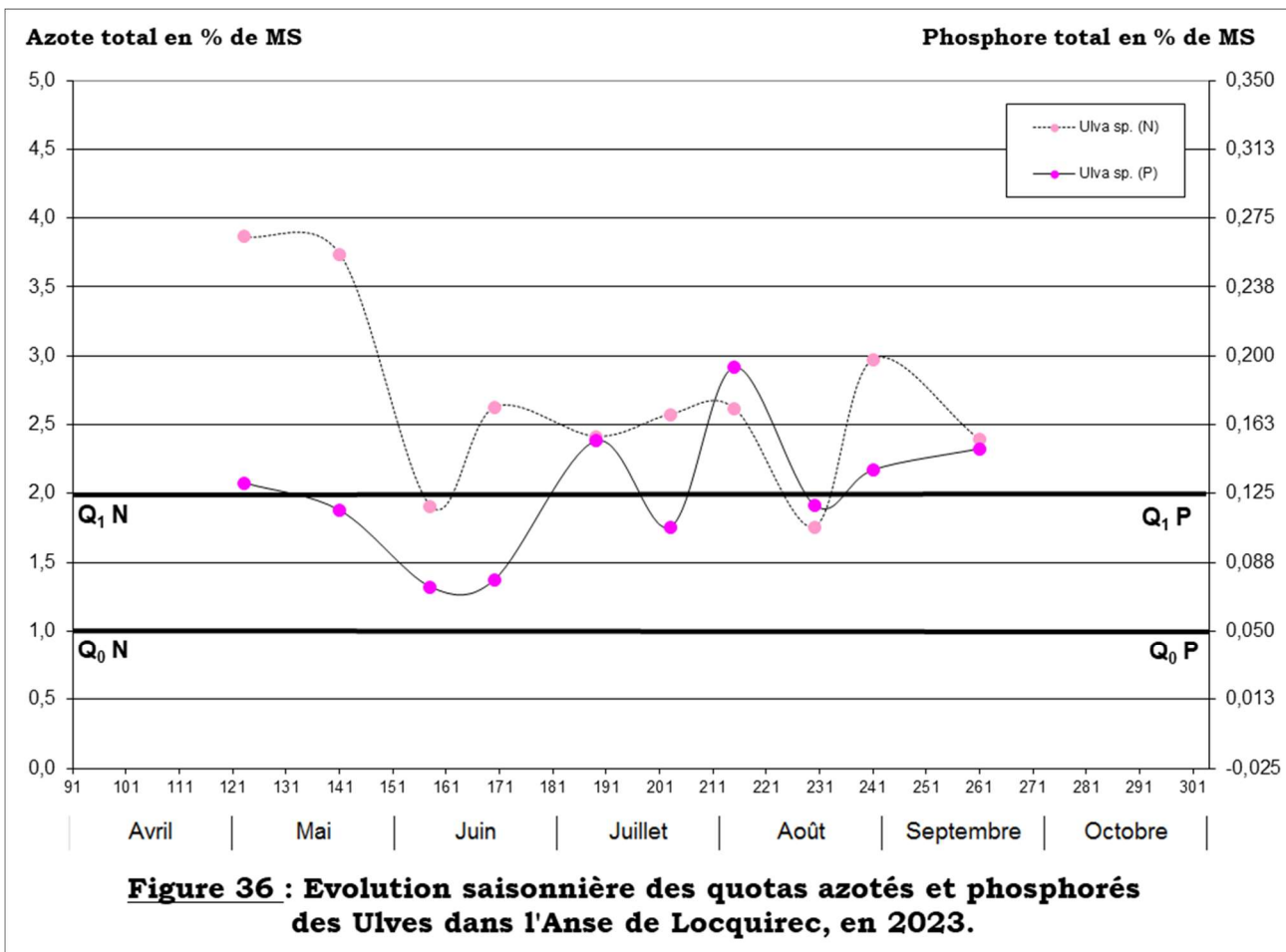
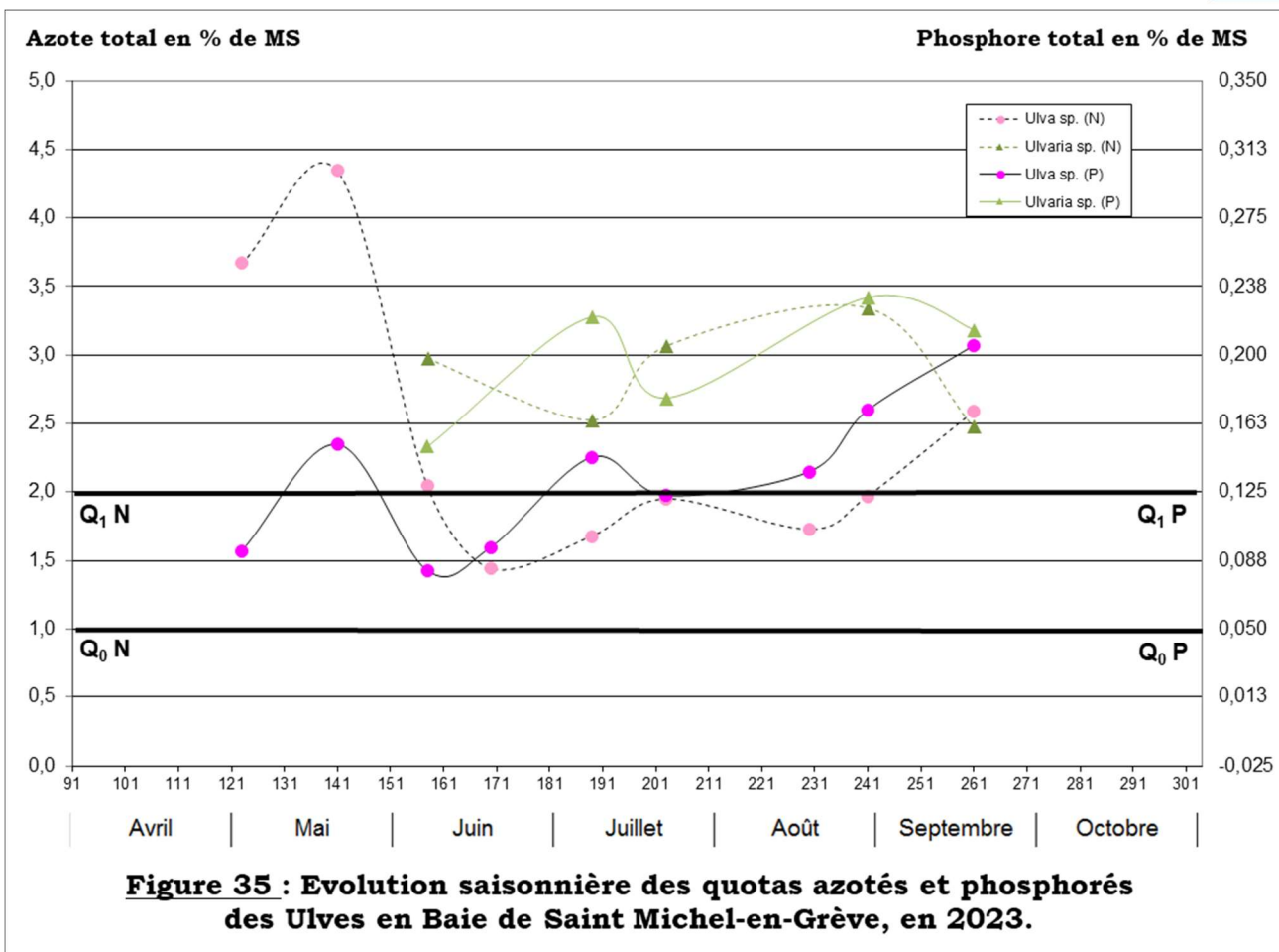
Sur le site de la **Mine d'Or (Penestin)**, aucune prolifération d'ulves n'a été observée (pas d'échouage lors des 3 vols régionaux et pas de classement du site). Pour chaque date prévue, le site a été visité mais les ulves ont systématiquement été absentes (parfois d'autres algues en fragments, mais pas d'ulves) et aucun prélèvement n'a pu être réalisé sur la saison.

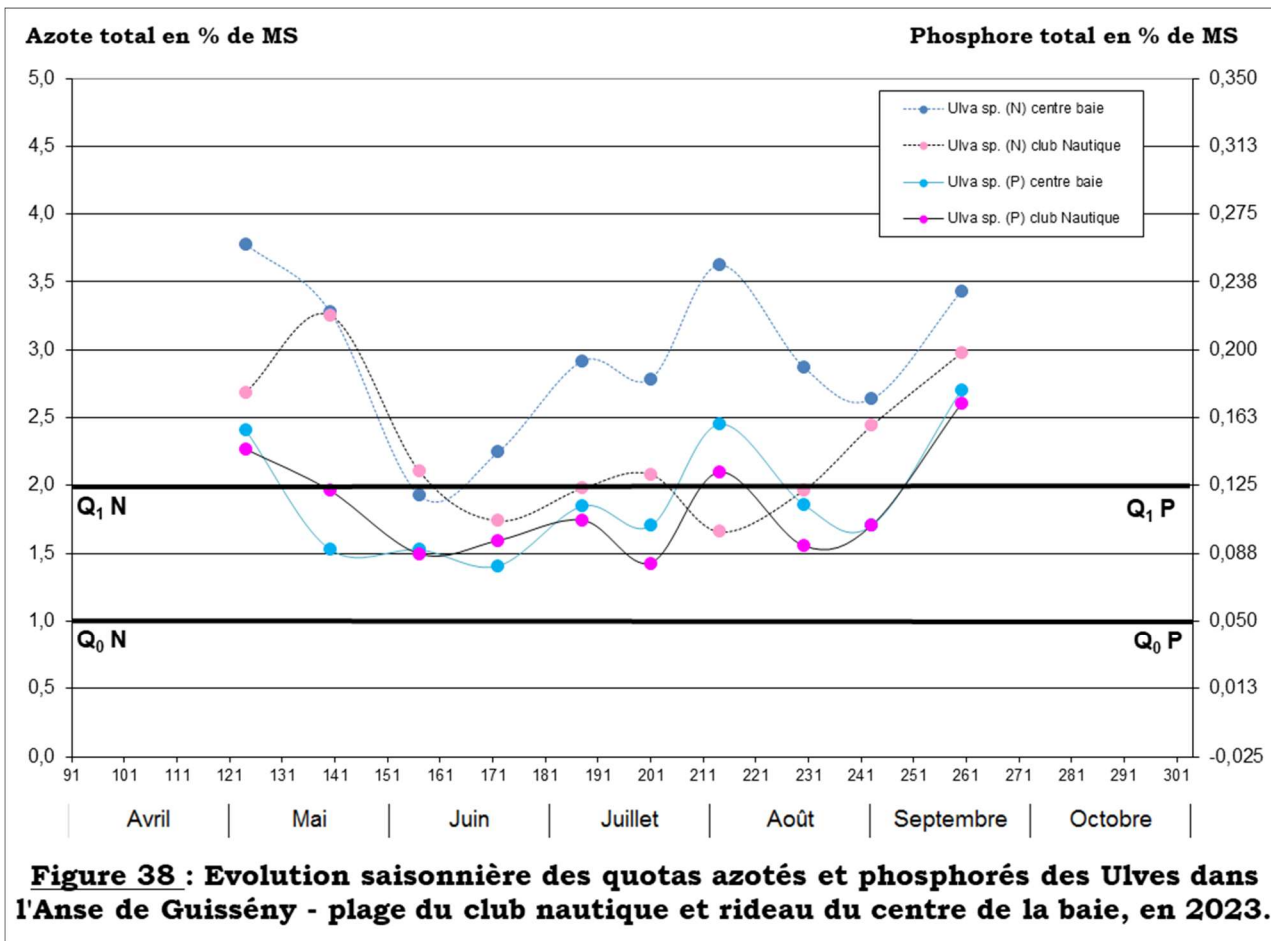
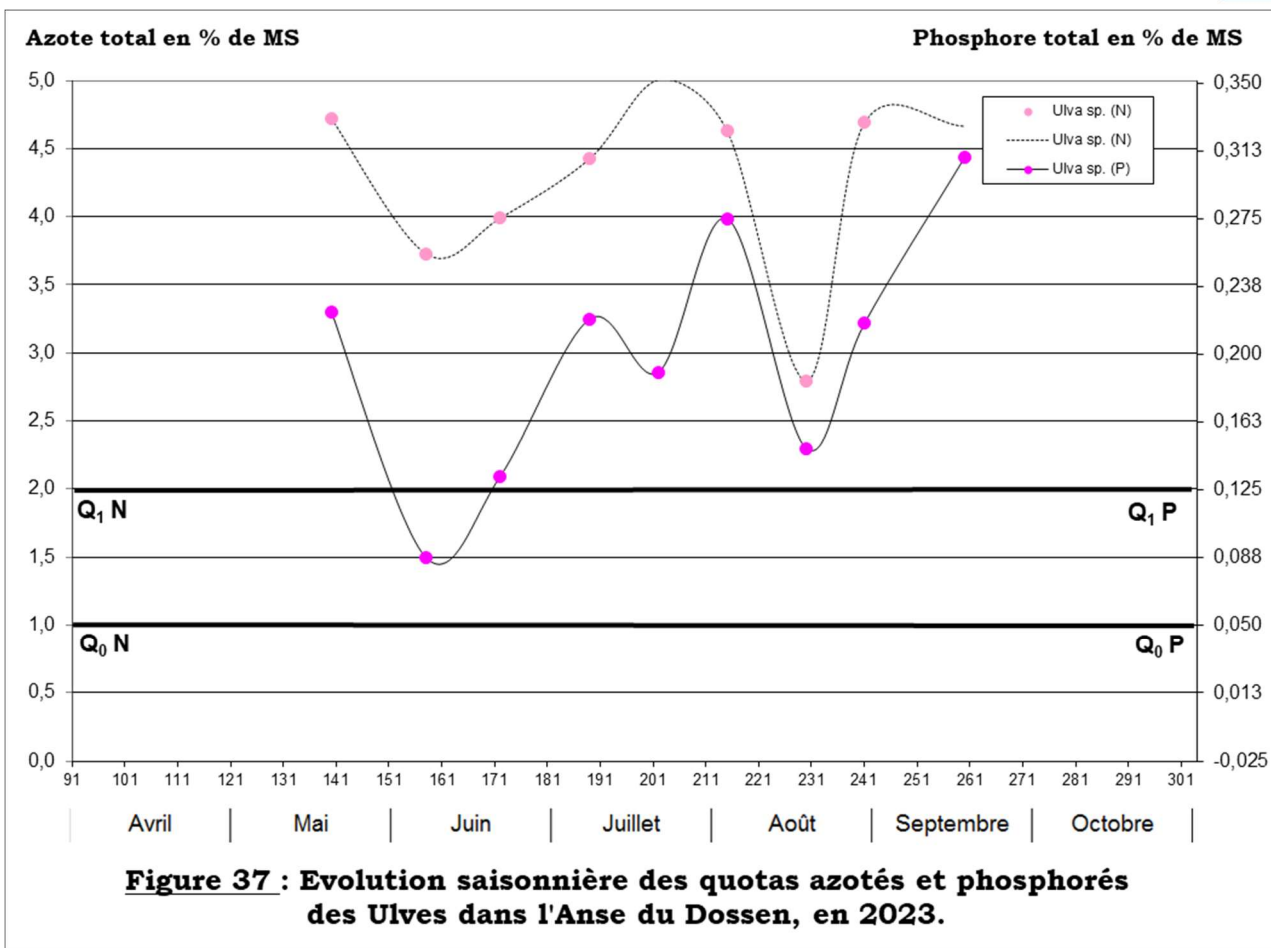
La présentation ci-dessus des facteurs limitant des proliférations des algues en 2023 doit être distinguée du statut de ces nutriments en termes de facteur de contrôle de l'eutrophisation. Les comportements différents de ces deux nutriments et notamment le stockage / relargage important du phosphore dans le sédiment proche littoral conduit à estimer que malgré des limitations ponctuelles éventuellement observées sur certains sites, ce facteur ne pourra être, à court ou moyen terme, utilisé comme facteur de contrôle des proliférations (cf. site internet CEVA <https://www.ceva-algues.com/document/mecanismes-et-causes-des-marees-vertes-a-ulves-derivantes/>)

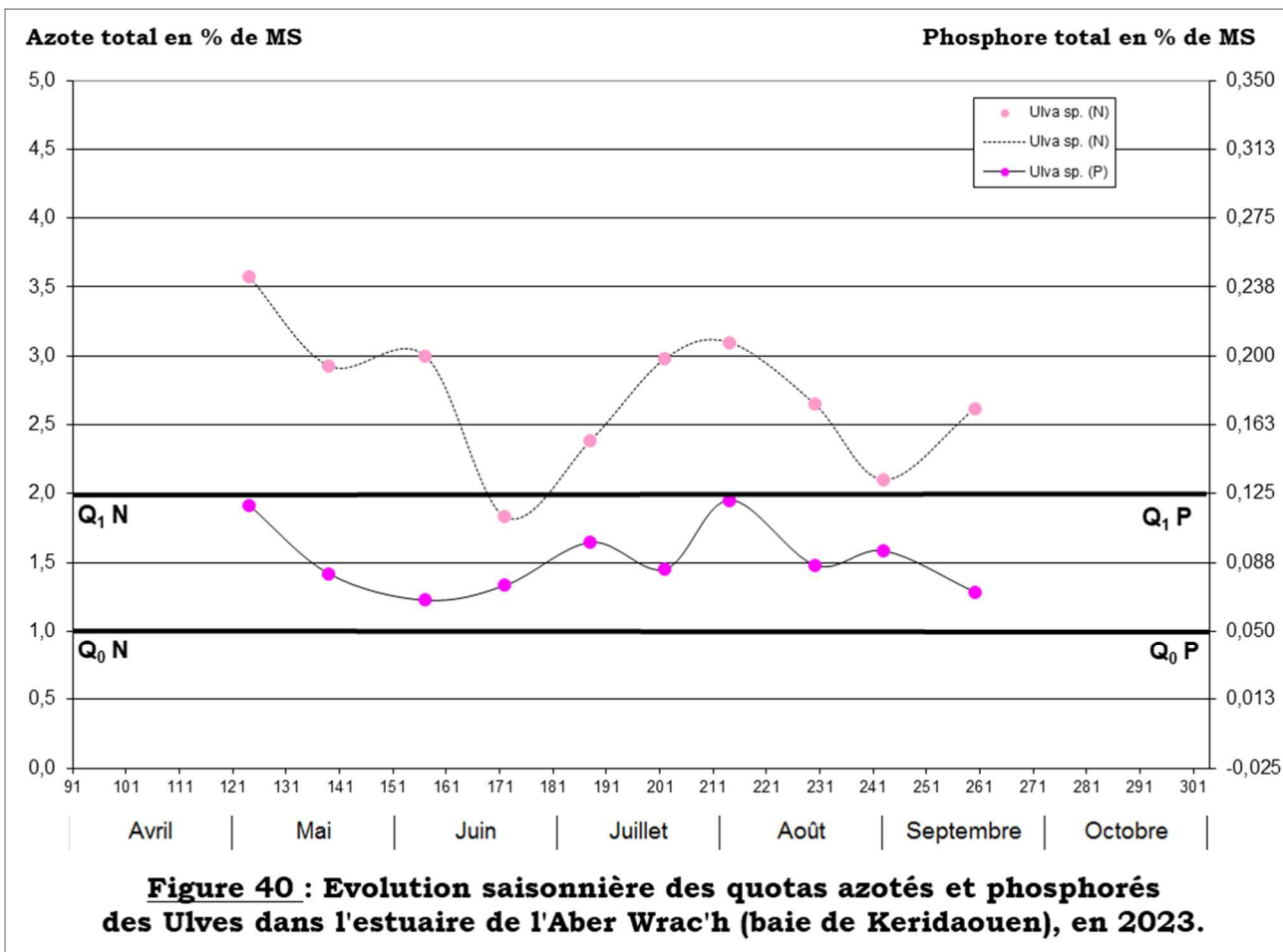
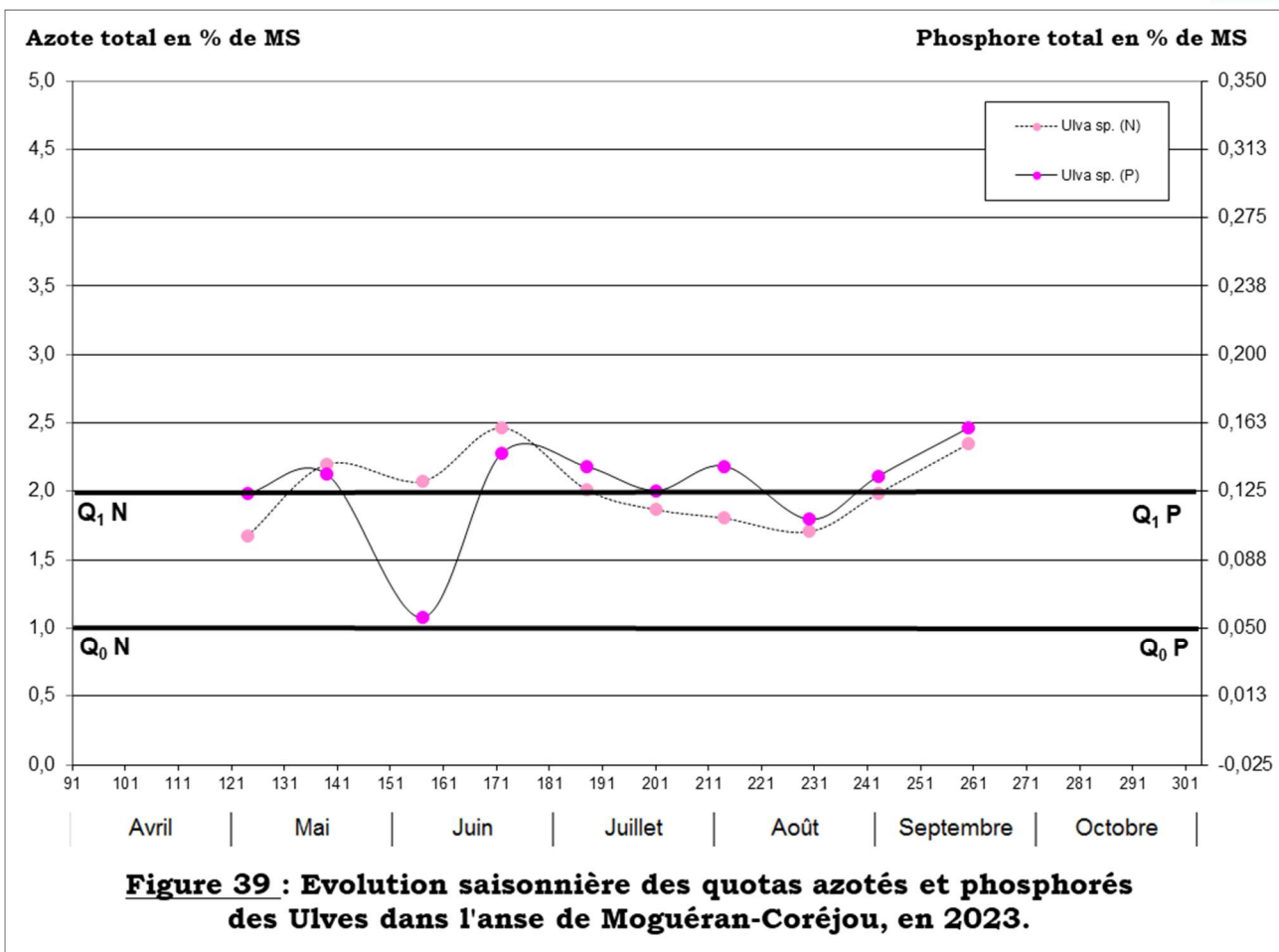


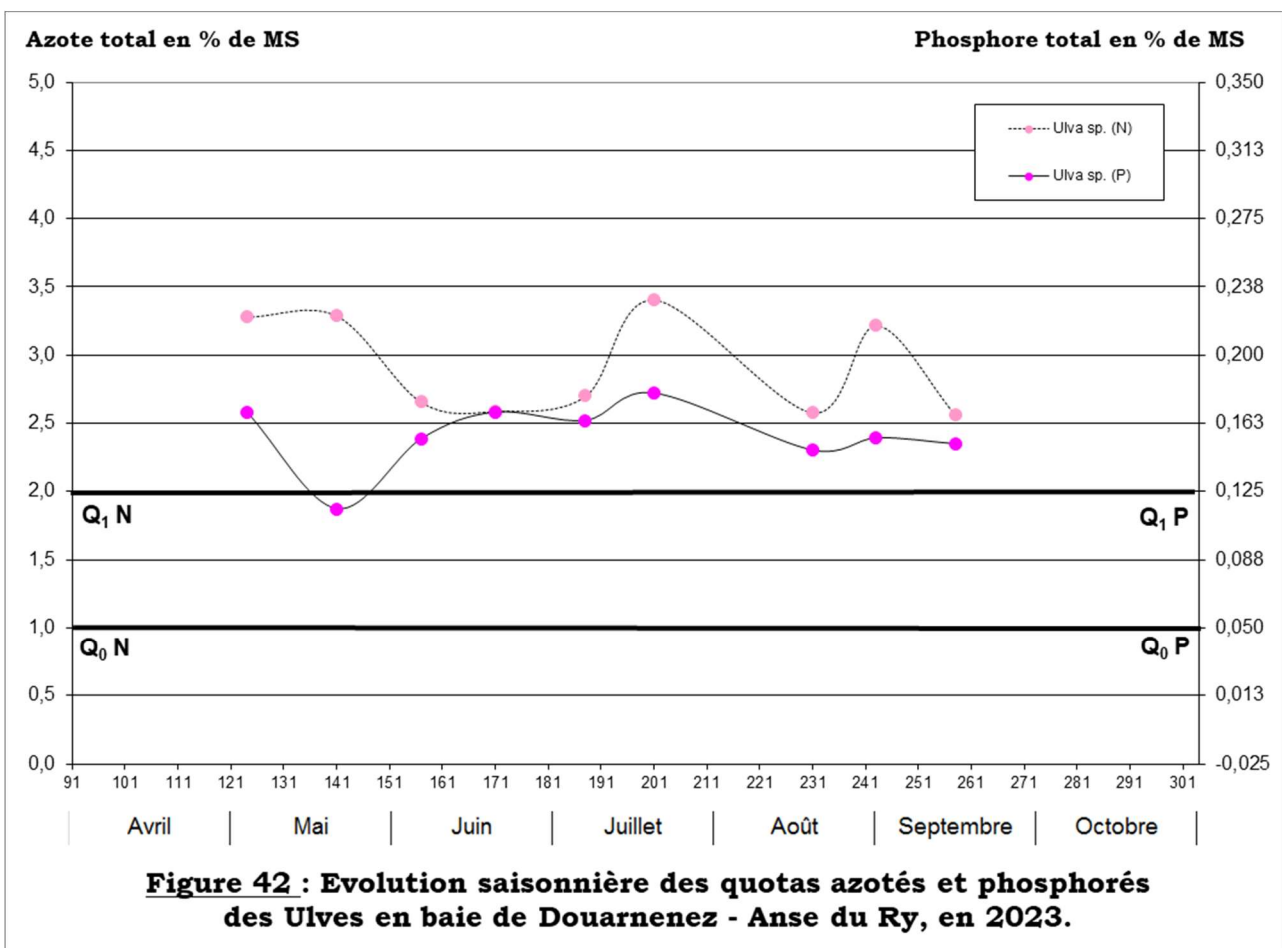
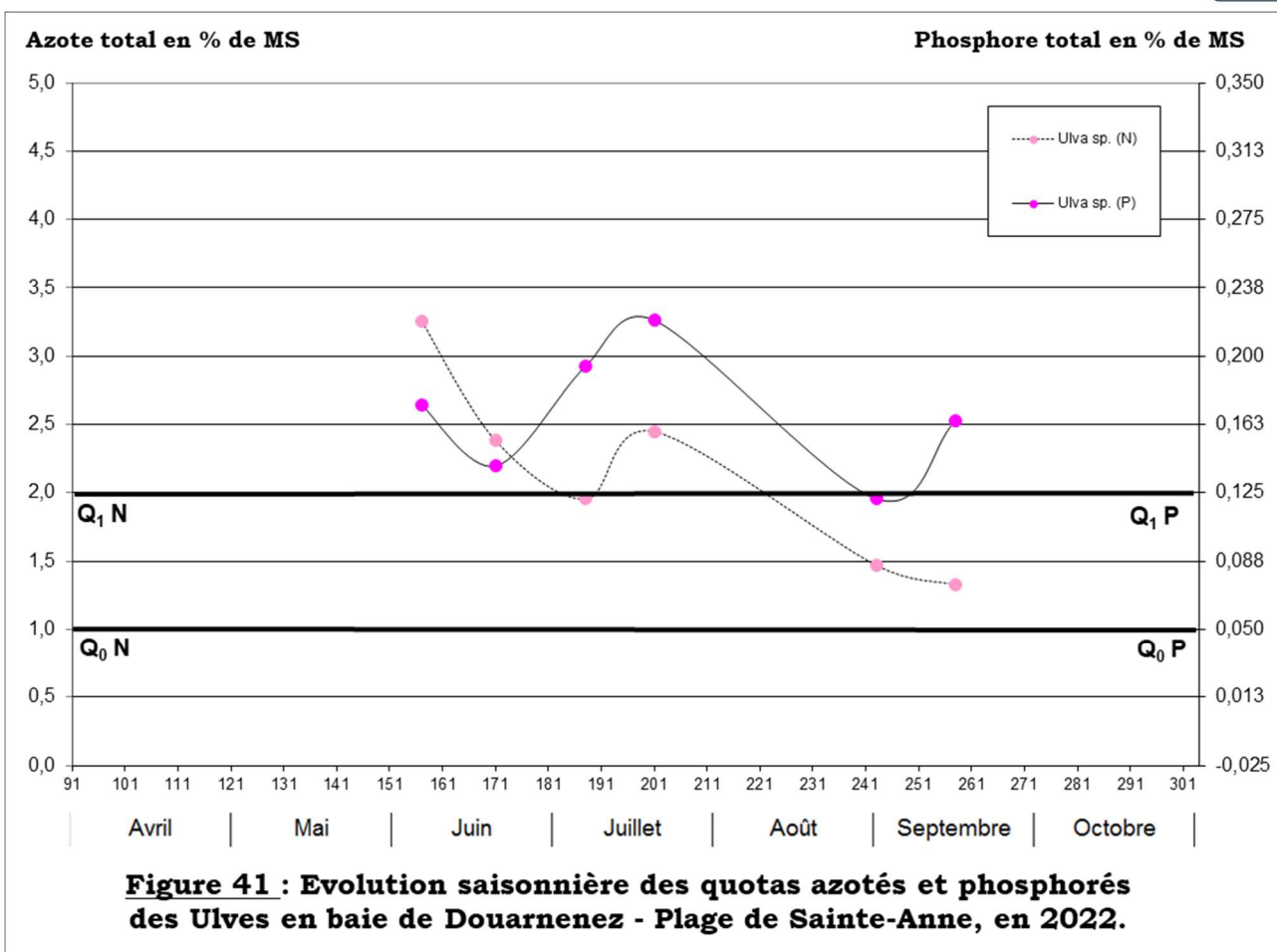


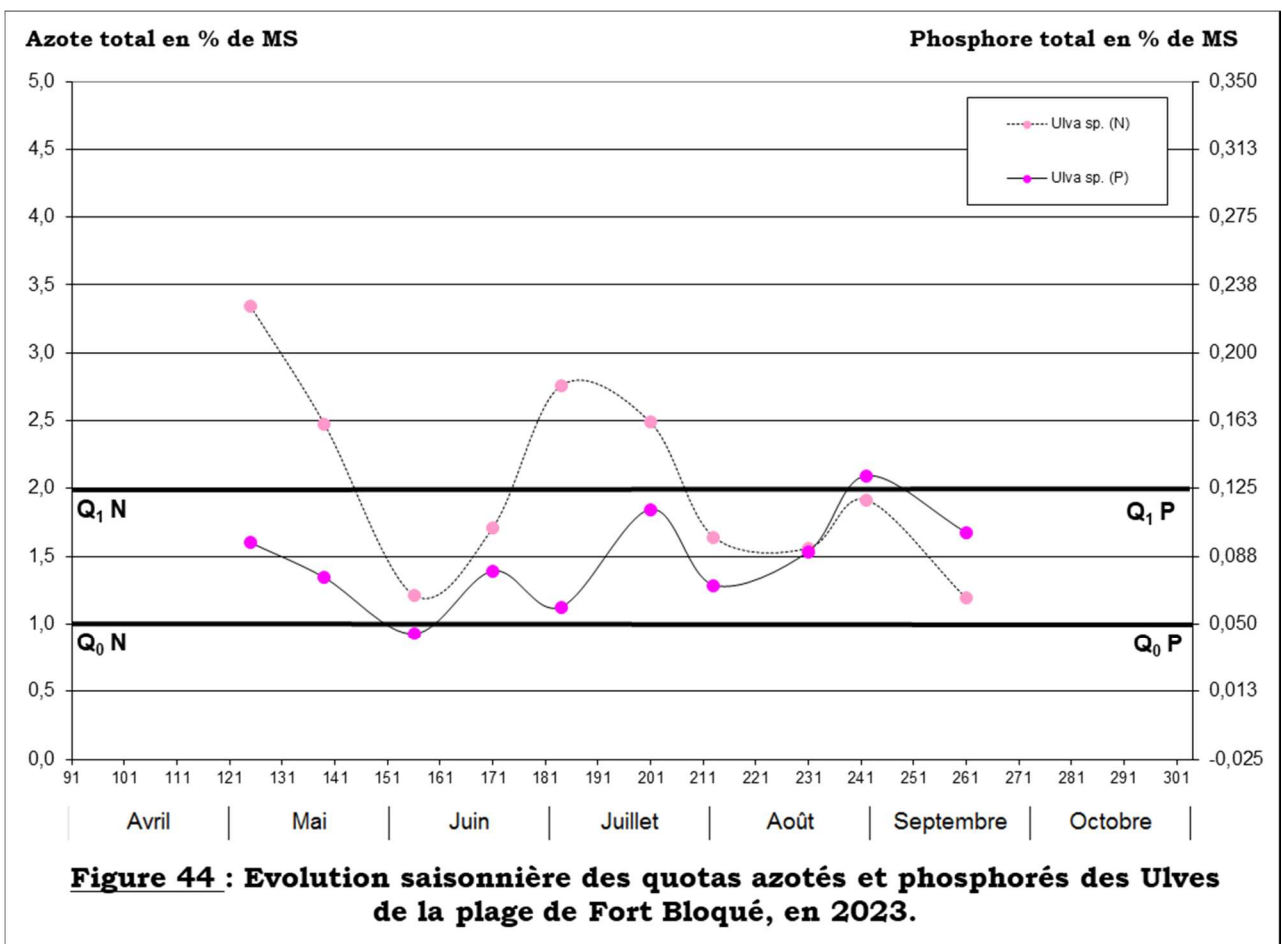
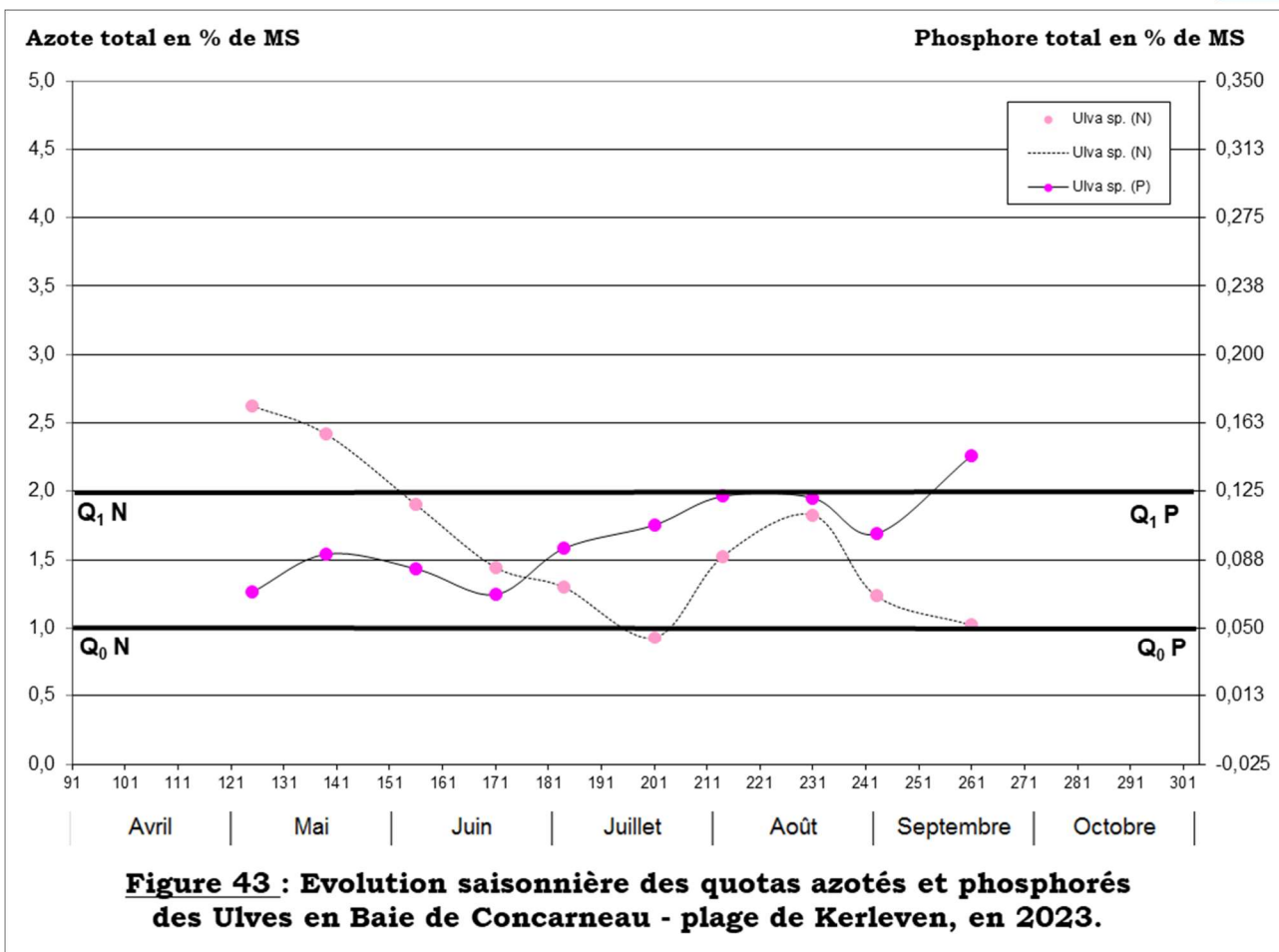


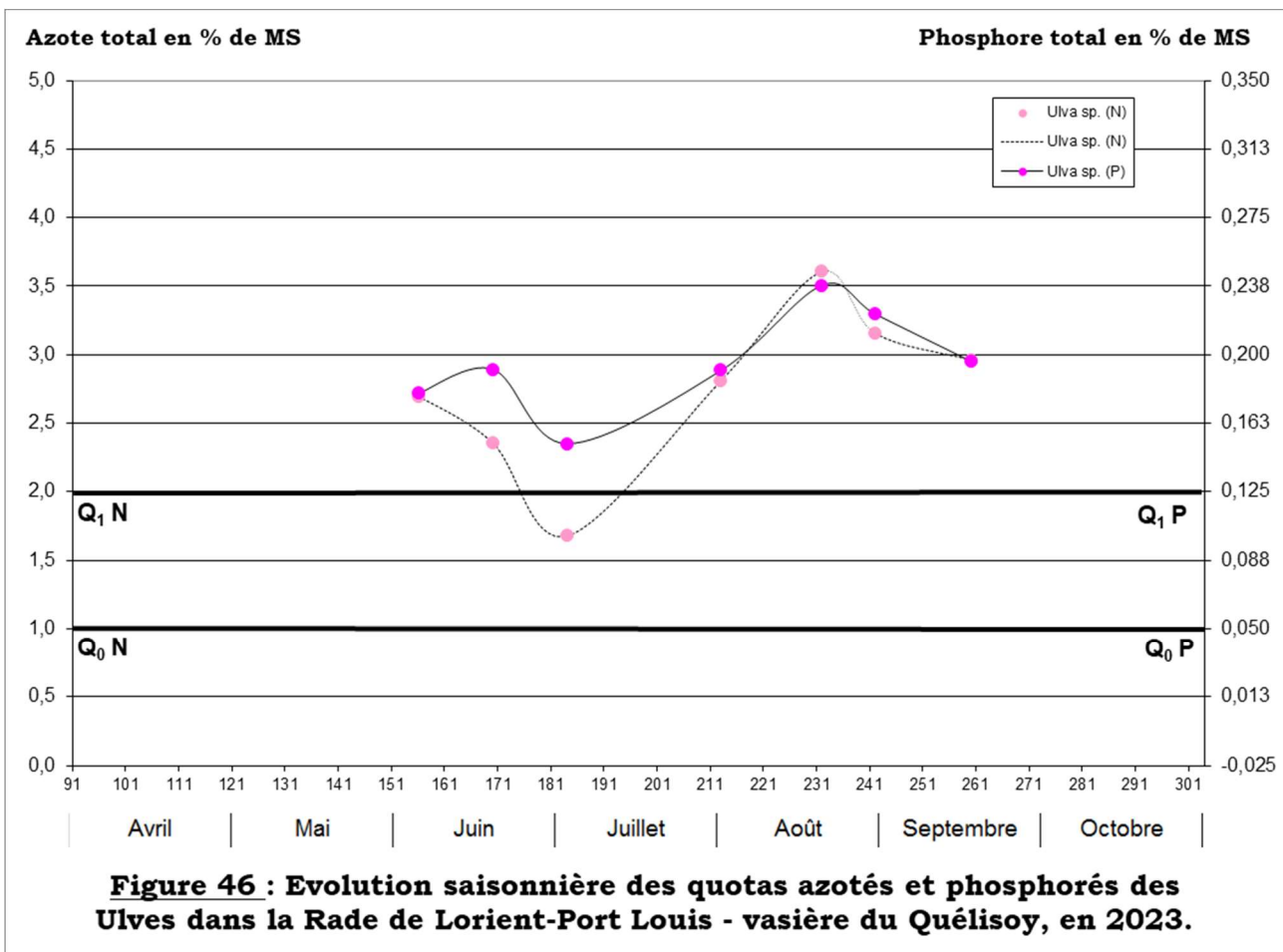
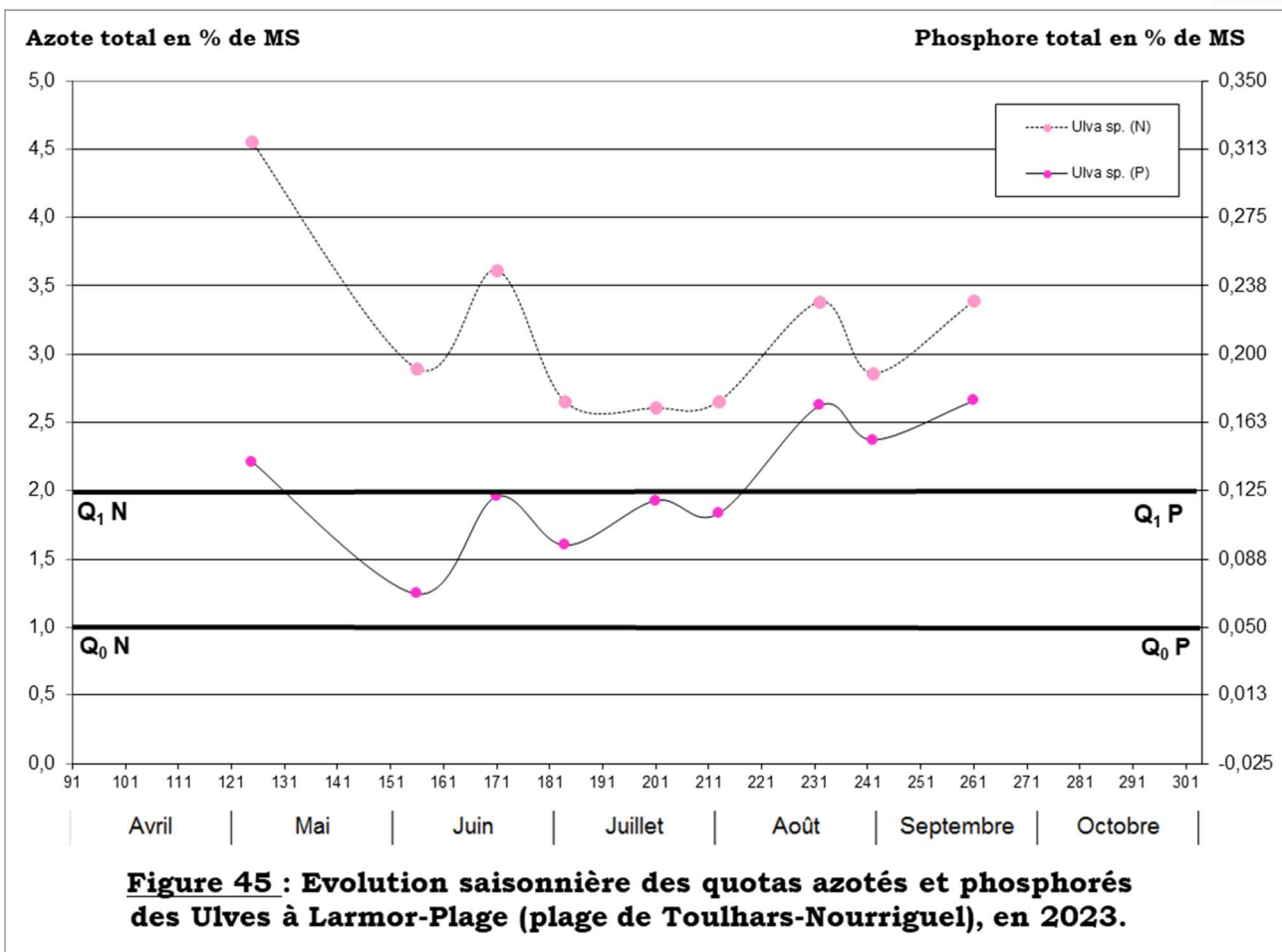


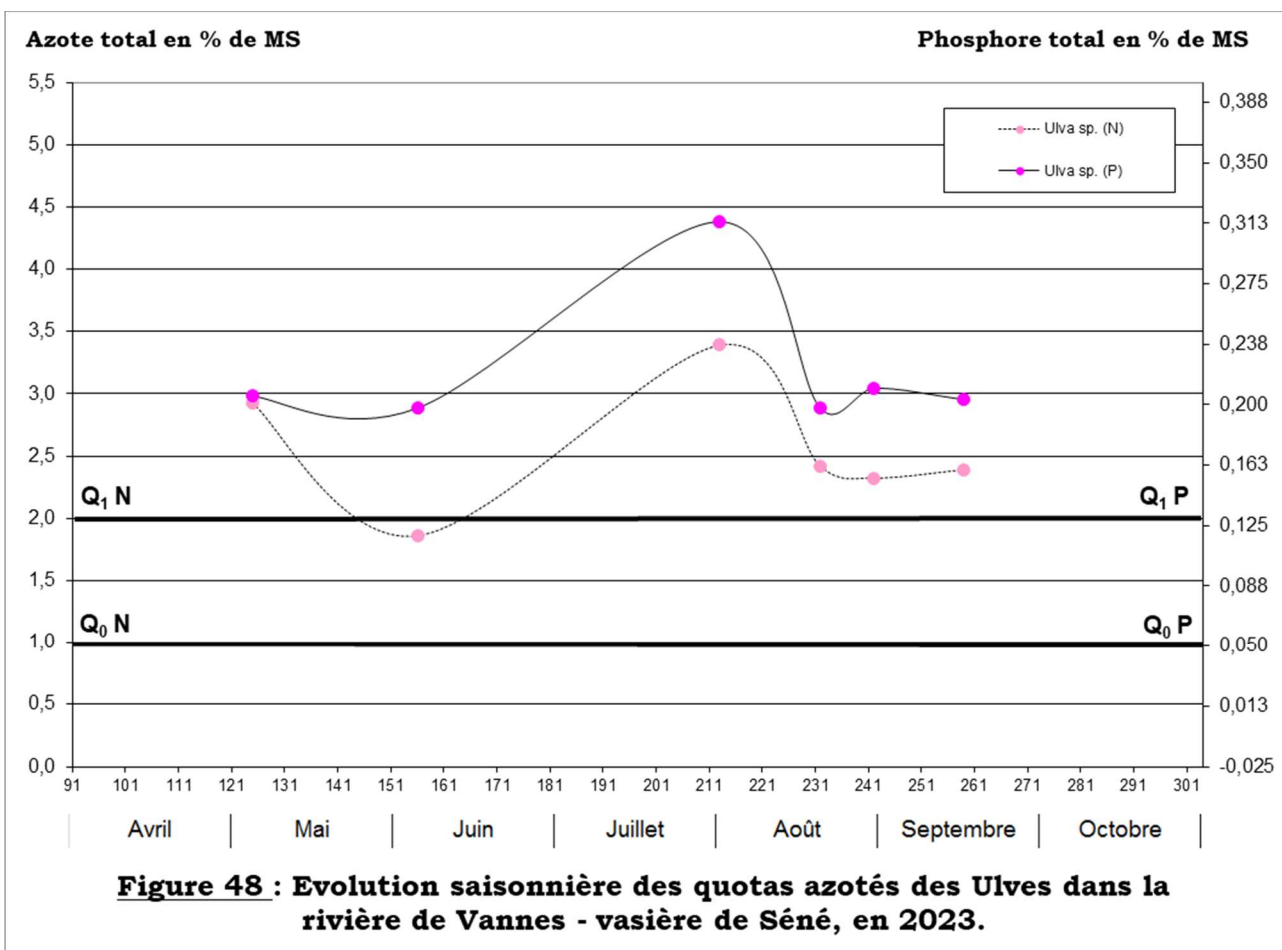
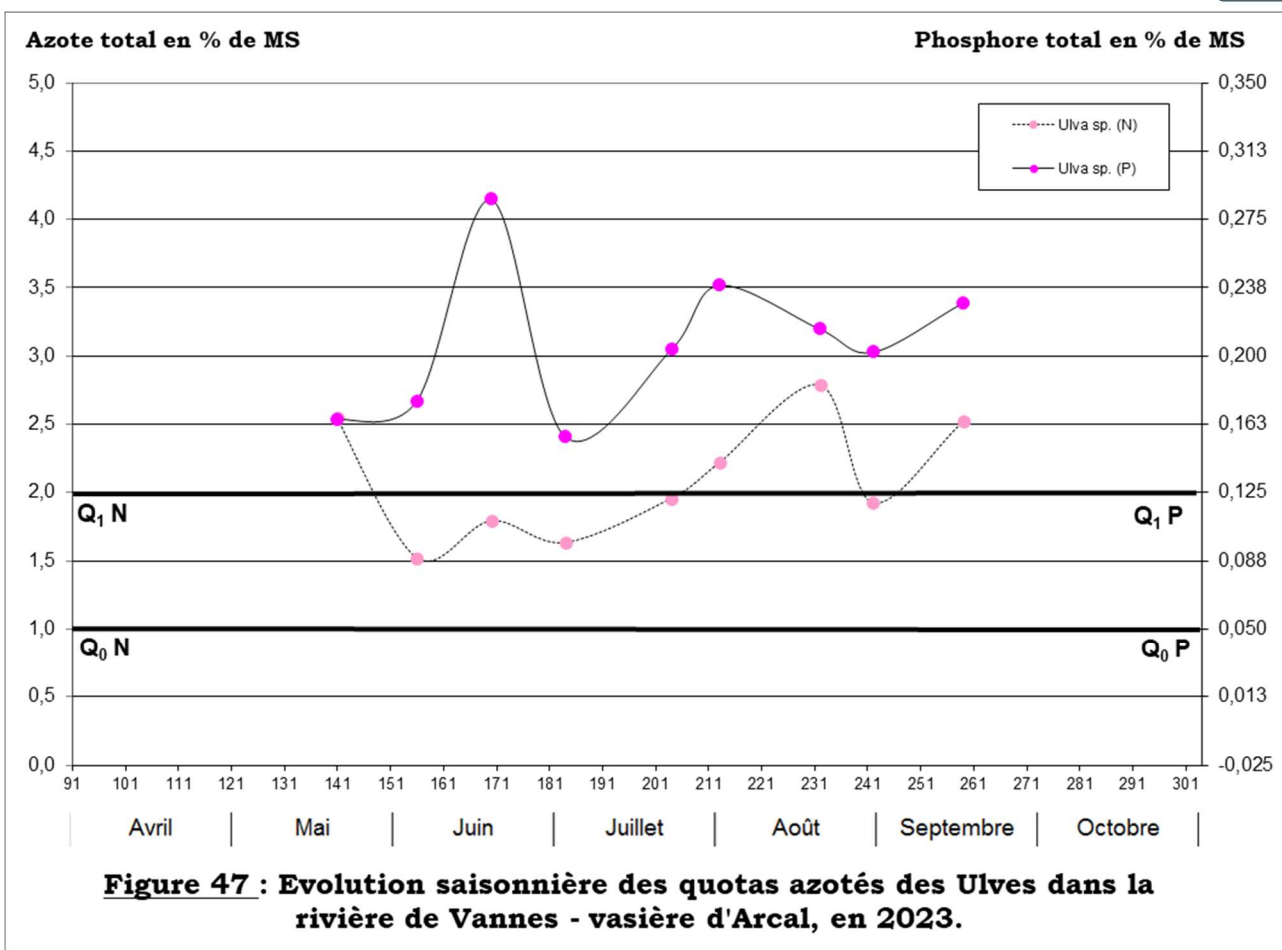


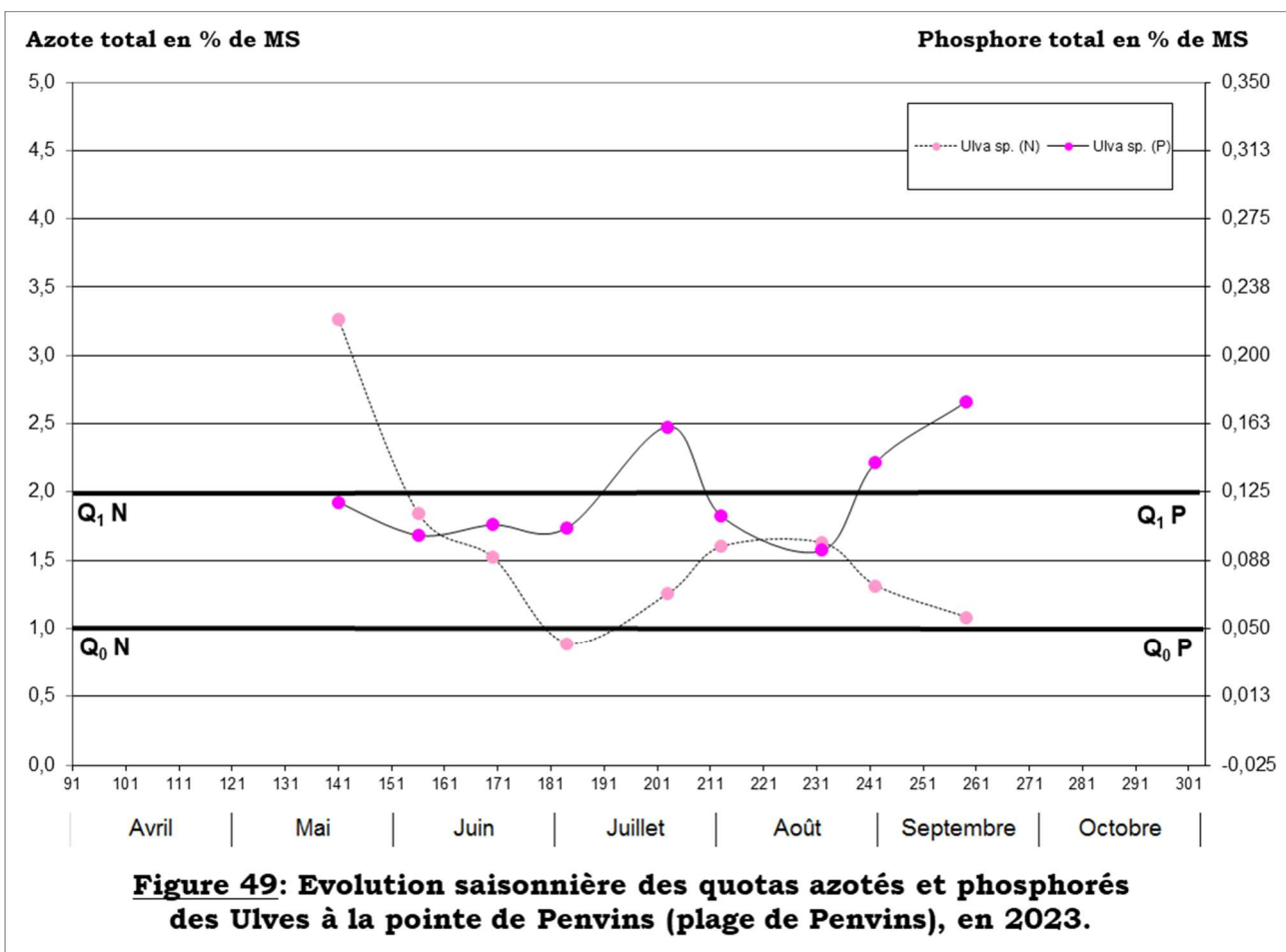
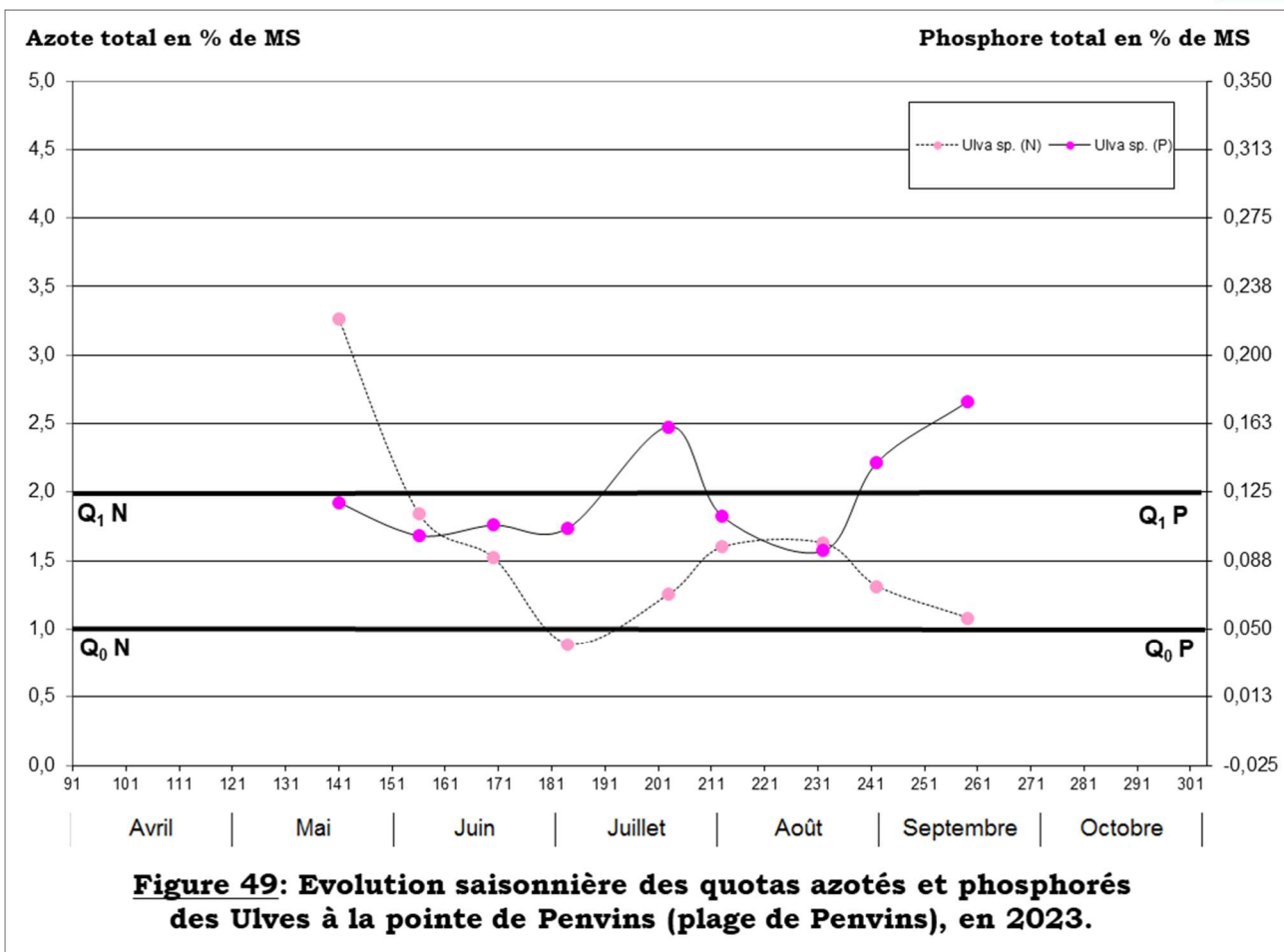














3.3.4. Evaluation des stocks totaux

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



4. CONCLUSION

Les différents suivis réalisés sur le littoral breton, dans le cadre du contrôle de surveillance RCS de la DCE complété par le présent réseau de contrôle opérationnel (RCO), permettent de caractériser la prolifération d'*Ulves* de l'année 2023.

- L'indicateur **dénombrement des sites touchés par des échouages d'*Ulves***, montre avec 86 sites classés un niveau en hausse par rapport à 2022 mais qui reste néanmoins légèrement inférieur au niveau moyen 2007-2022 (- 6%). Cet indicateur indique un **démarrage de la prolifération 2023 « conforme »** à la moyenne puis un niveau **peu intense en juillet** (31 % de sites en moins qu'en moyenne 2007-2022) du fait d'une diminution du nombre de site depuis mai. En septembre le nombre de sites **reste légèrement inférieur à la moyenne** (- 8.5 %) malgré une augmentation sensible par rapport à juillet (contre une diminution sur les moyennes interannuelles). En plus des *Ulves*, le suivi des sites montre en 2023 encore de nombreux sites qui sont touchés par des **proliférations d'autres algues que les *Ulves*** : algues **vertes filamenteuses** (12 sites), **algues filamenteuses brunes, rouges et vertes qui ont massivement touché la baie de Douarnenez, de Binic 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 et des reconductions par les stocks. 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 a été tardive** (surfaces d'avril + mai de 50 % inférieure au niveau moyen 2002-2022 et près de 3 fois plus basse qu'en 2022). Ces surfaces sont de plus surtout concentrées sur la baie de Saint Briec (87 % des surfaces d' « avril+mai ») ; les autres secteurs sont donc d'autant plus tardif en 2023 (surfaces 8 fois inférieures qu'en moyenne 2002-2022). En complément de cette situation mesurée sur les sites sableux, il est à noter (situation rencontrée aussi en 2019, 2020, 2021 et 2022 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 » **augmente fortement en juin et juillet puis en septembre pour atteindre un maximum en octobre**, ce qui est une **première depuis le début des suivis**. En octobre, les surfaces s'établissent à un niveau jamais mesuré pour ce mois et 125 % au-dessus du niveau pluriannuel 2002-2022. Les flux, proches des niveaux moyens (voire supérieurs en août sur la baie de Saint Briec et août et septembre sur la baie de Douarnenez), et les conditions « très calmes » et très lumineuses pour ce qui est du début « octobre » expliquent ce « rebond » de fin d'été (période durant laquelle les besoins de croissance sont plus faibles et les apports en hausse). Cette **année atypique, tardive** (surfaces inférieures à la moyenne 2002-2022 jusqu'en août) **puis soutenue en fin de saison** engendre un **cumul annuel égal à la moyenne** (+ 1.5 % de plus) et 25 % supérieur à l'année 2022. Cette situation « régionale » recouvre des **situations locales très différentes**. Certains secteurs ont été **peu ou pas touchés par des proliférations d'*ulves*** (baie de la Fresnaye, baie de la Forêt, nord de la baie de Douarnenez), alors que d'autres (baie de Saint-Briec, baie de Guissény, anse du Dossen) ont **subi de grosses proliférations**. La prolifération régionale est très influencée par les surfaces de la baie de Saint Briec : à l'échelle annuelle la baie de Saint Briec **représente, en 2023, 65 % de l'échouage régional** (contre 48 % en moyenne sur 2002-2022) avec certains mois, une part encore plus prédominante (87 % en mai ; 80 % en juin ; 70 % en octobre). La situation particulière des sites en 2023 résulte en premier lieu de **démarrages très différents** : démarrage **précoce sur la Baie de Saint Briec** et **tardif partout ailleurs**. Plus tard dans la saison, les **flux azotés estivaux ont été importants** (Baie de Saint Briec, de Douarnenez) ou proches des moyennes permettant un **maintien des ulves jusqu'à l'automne en particulier du fait d'une arrière-saison très calme et lumineuse**. Les résultats **des suivis des vasières** (programme RCS) montrent une prolifération sur les 10 ME suivies chaque année depuis 2008 qui est en légère augmentation par rapport à 2022 (+11%) et une valeur de 2023 qui **reste supérieure au niveau moyen 2008-2022 de 36 %**. Cette légère augmentation est surtout le fait de deux ME (FRGC39 et FRGT21) dont les surfaces augmentent tout en restant inférieures au niveau mesuré en 2020. **Ces niveaux élevés, sur la plupart des ME peuvent probablement être en partie expliqués, comme en 2022,**



2021, 2020 ou 2019, par les conditions de lumière intense en fin d'hiver/début de printemps. Ces conditions permettent un **accroissement précoce des biomasses, dans des conditions de flux encore soutenus.** Ce niveau encore élevé en 2023 peut aussi être lié à un **effet cumulatif** des dernières années.

- 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 **2023**, montrent sur certains sites que, **malgré des proliférations encore importantes, les ulves peuvent être carencées en azote. En revanche** d'autres sites montrent par l'analyse de leurs teneurs interne que les ulves sont loin d'être bridées dans leur croissance par le manque d'azote. Cela indique alors qu'il convient 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 à 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 avait permis 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. L'année 2023 comme l'année précédente 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 ; pas



d'Ulvaria en fin 2022 sur la Fresnaye et pas de reconduction sur 2023 mais report des Ectocarpales présentes massivement en fin 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 2023

Sites touchés par des échouages d'ulves mai 2023

Limite de l'inventaire

ILLE-ET-VILAINE

COTES-D'ARMOR

FINISTERE

MORBIHAN

AURAY

Limite de l'inventaire

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

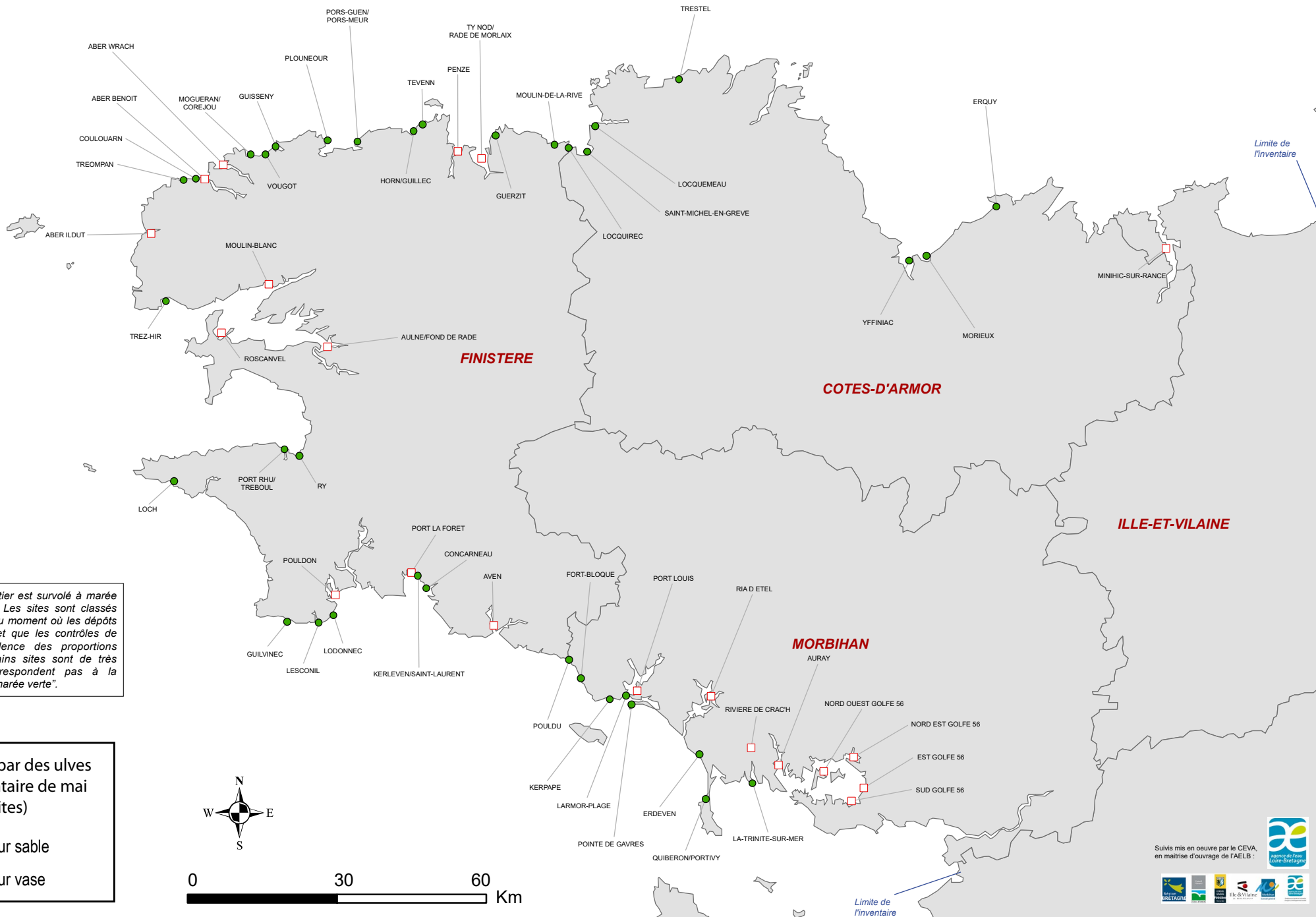


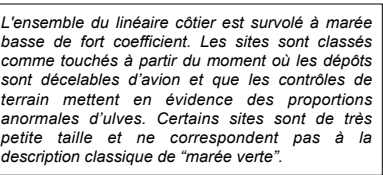
0 30 60 Km

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

- site sur sable
- site sur vase

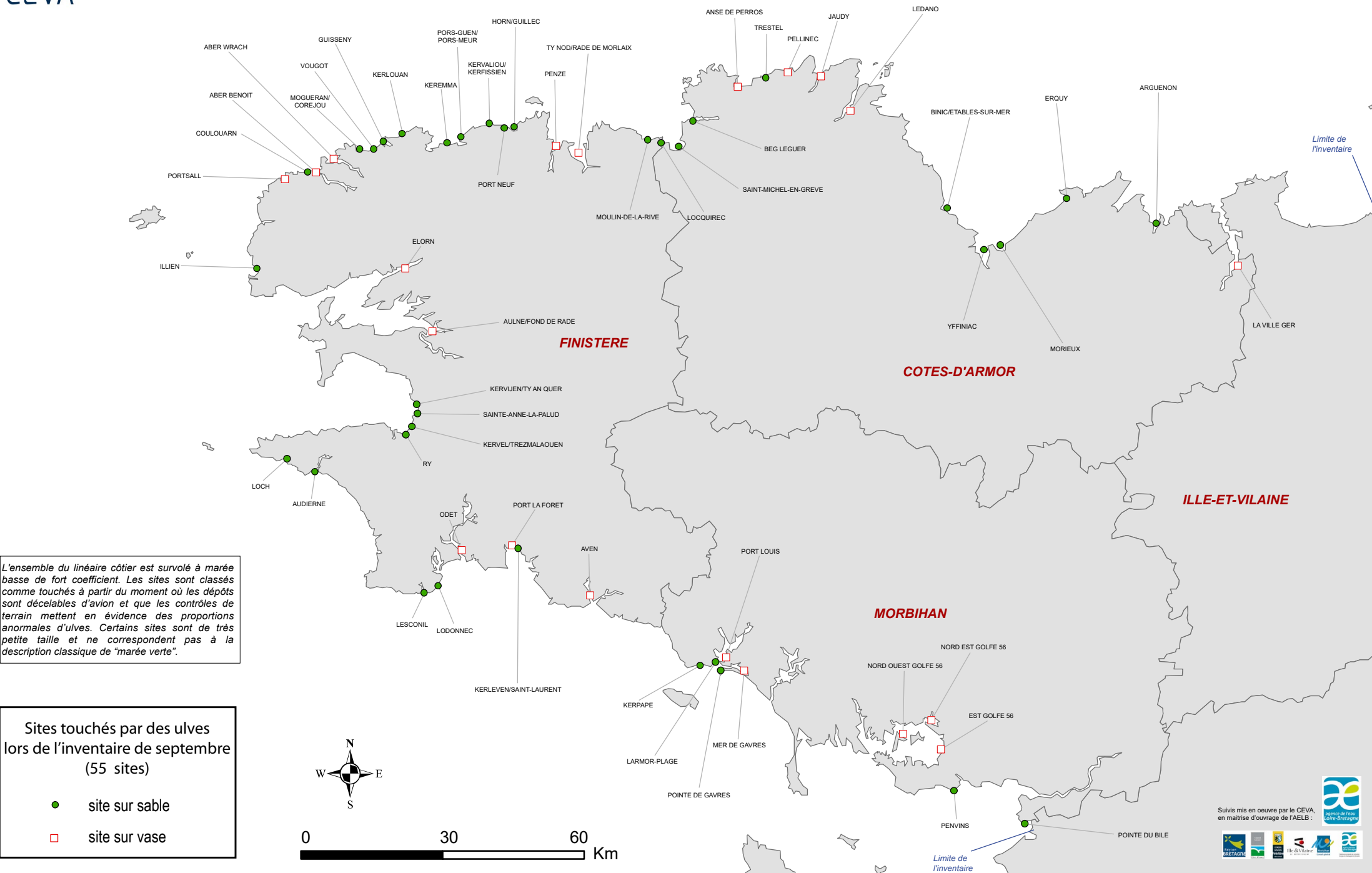
L'ensemble du linéaire côtier est survolé à marée basse de fort coefficient. Les sites sont classés comme touchés à partir du moment où les dépôts sont décelables d'avion et que les contrôles de terrain mettent en évidence des proportions anormales d'ulves. Certains sites sont de très petite taille et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





- site sur sable
- site sur vase

Sites touchés par des échouages d'ulves septembre 2023

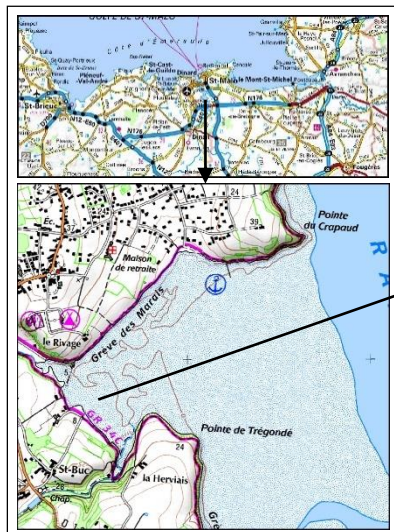




ANNEXE 2

EXEMPLE DE FICHE DE CONTRÔLE TERRAIN POUR UN SITE

MINIHIC-SUR-RANCE - Pointe de Trégondé (35)



Taux recouvrement tapis entéromorphes	Taux recouvrement tapis ulves	Superposition entéromorphes + ulves	Identification
50	80	oui	<i>Ulvaria sp.</i> <i>Enteromorpha sp.</i>

Vaste tapis continu d'*Ulvaria* en superposition avec des entéromorphes filamenteuses.

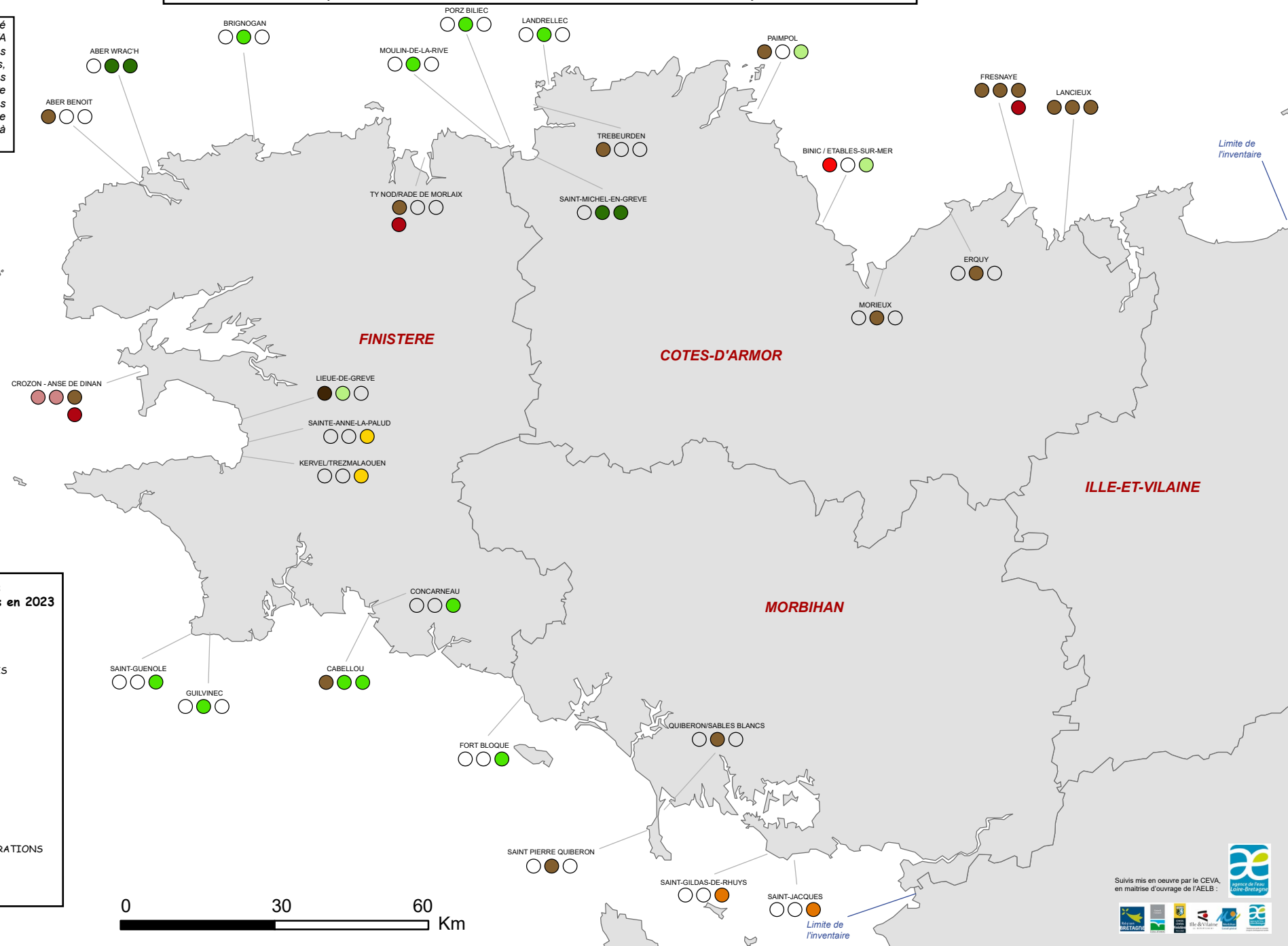


ANNEXE 3

SITES TOUCHES PAR DES PROLIFERATIONS D'AUTRES ALGUES EN 2023

Sites touchés par des proliférations d'algues en 2023 autres que les ulves (3 inventaires de contrôle de surveillance DCE)

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

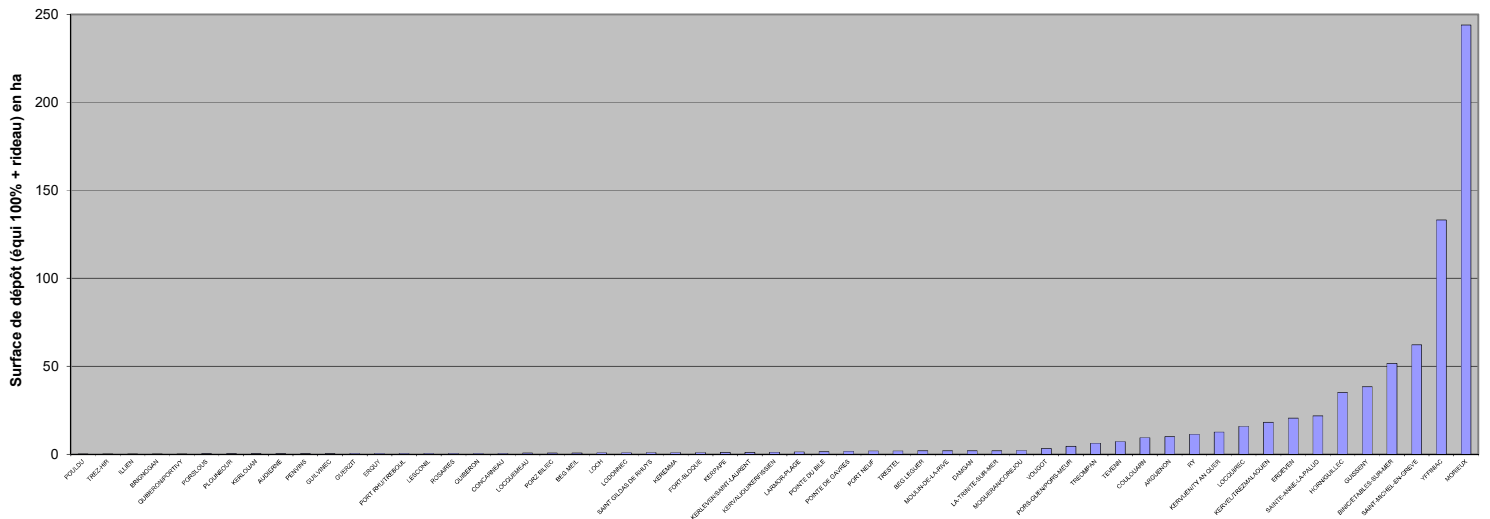




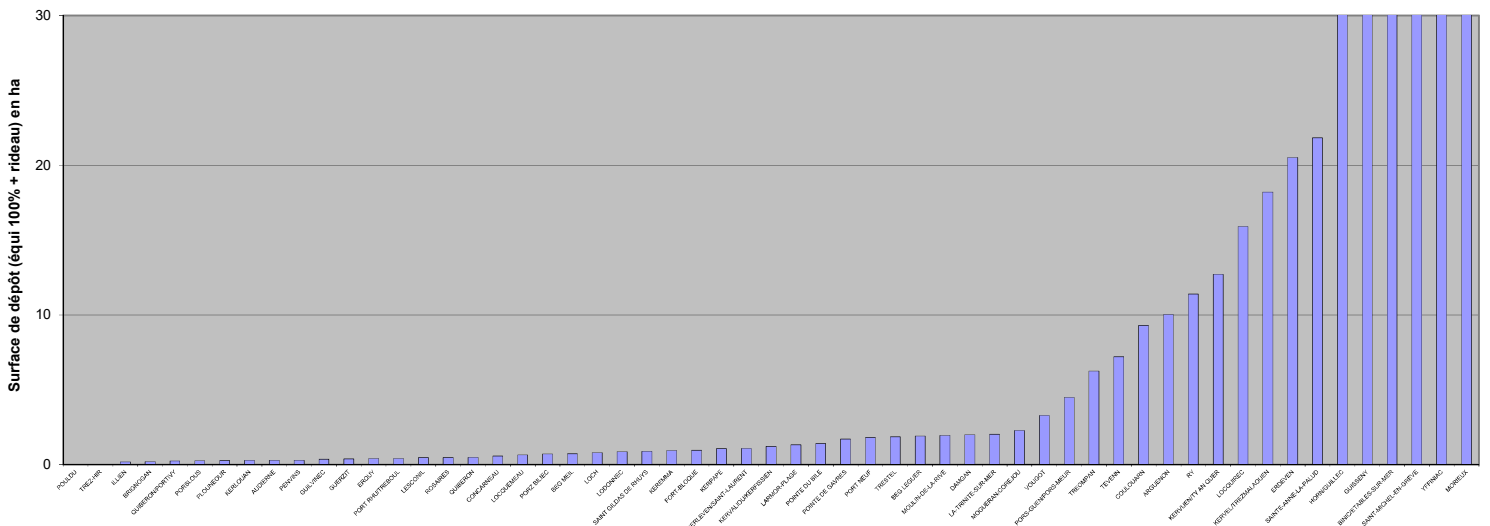
ANNEXE 4

TAILLE MAXIMUM DES SITES A ULVES SUR PLAGE EN 2023

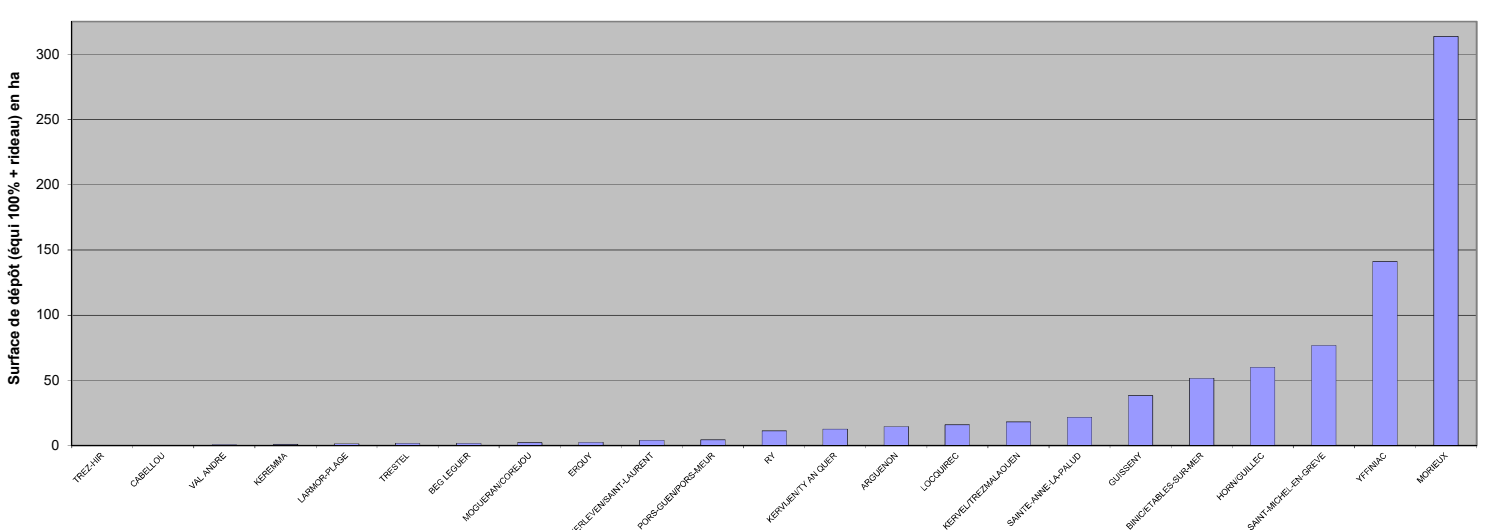
Surface maximale des dépôts d'ulves sur les sites sur sable en 2023 (3 inventaires)



Surface maximale des dépôts d'ulves sur les sites sur sable en 2023 (3 inventaires)



Surface maximale des dépôts d'ulves sur les sites sur sable en 2023 (7 inventaires)





ANNEXE 5

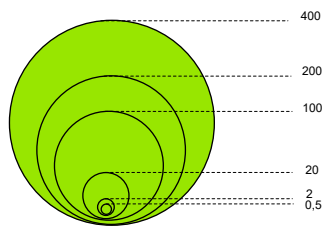
- SURFACES COUVERTES PAR SITE POUR LES MISSIONS D'AVRIL A OCTOBRE 2023
- SURFACES COUVERTES PAR SITE POUR LES MISSIONS D'AVRIL A OCTOBRE DES ANNEES 2002 à 2023
- SURFACES COUVERTES PAR SITE D'AVRIL A OCTOBRE EN MOYENNE SUR 2002-2013

Surfaces couvertes par les ulves avril 2023

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

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

Surfaces couvertes* par les ulves (en hectares)



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

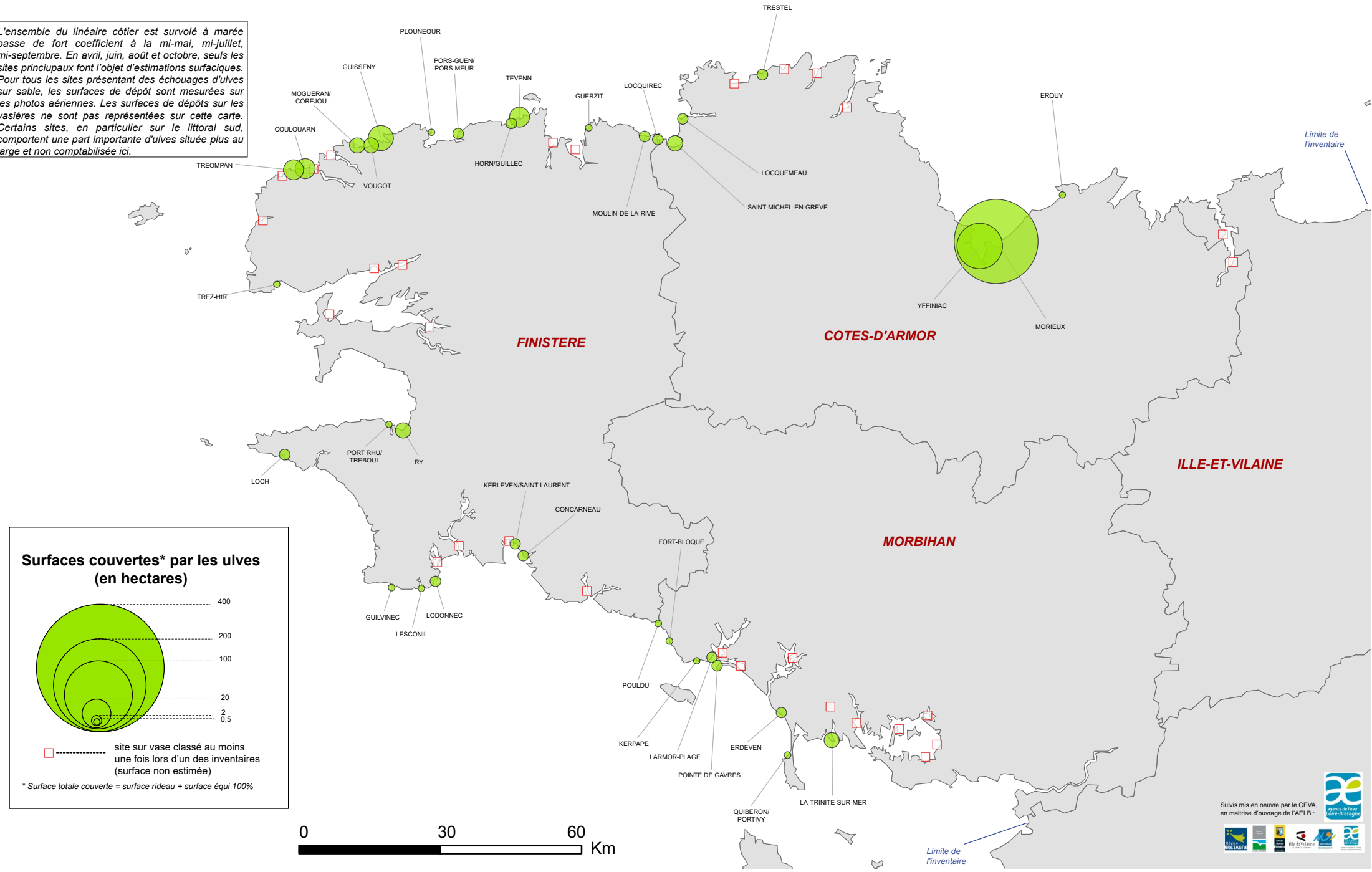
* Surface totale couverte = surface rideau + surface équi 100%

0 30 60 Km

Limite de l'inventaire

Surfaces couvertes par les ulves mai 2023

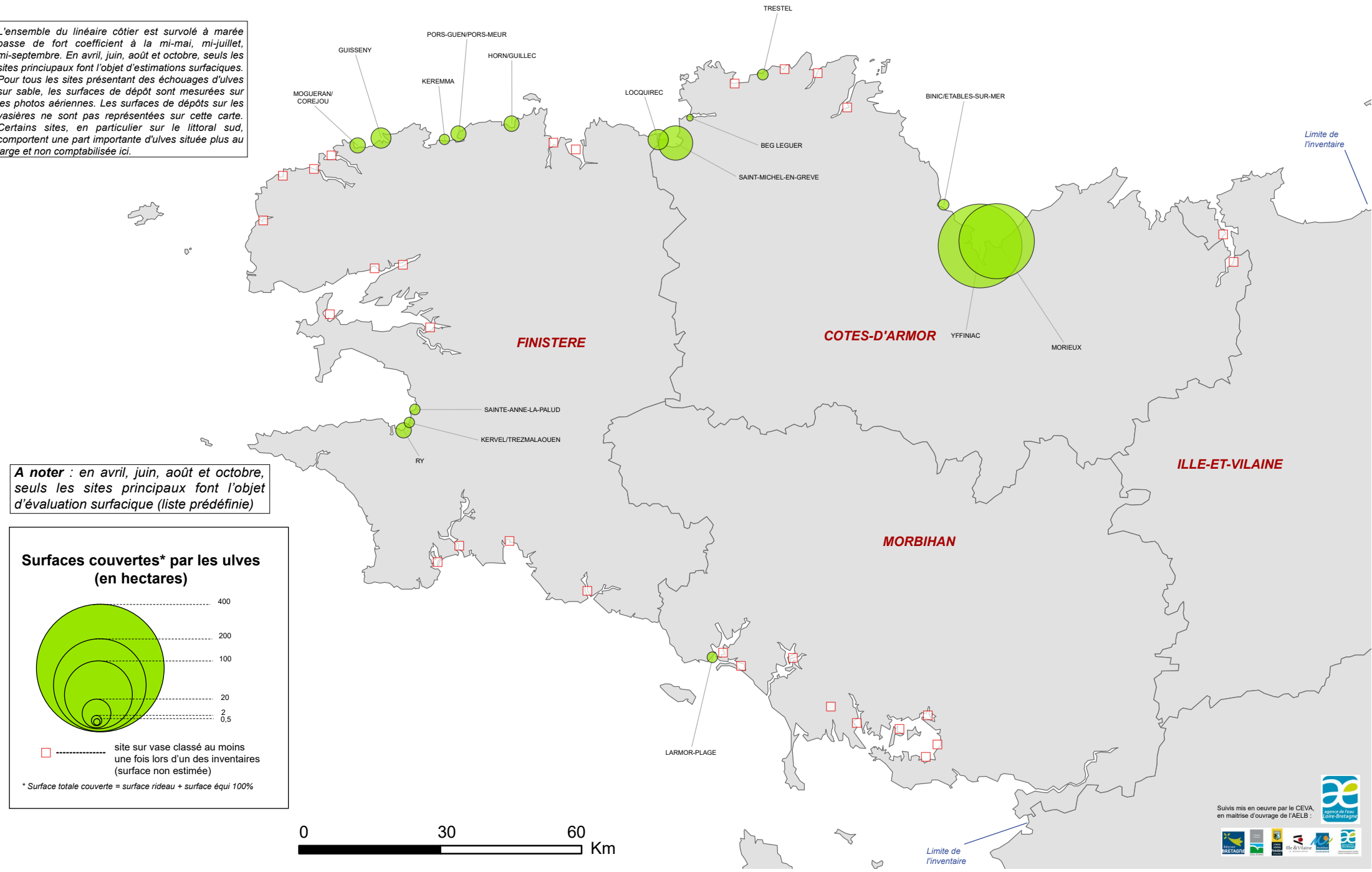
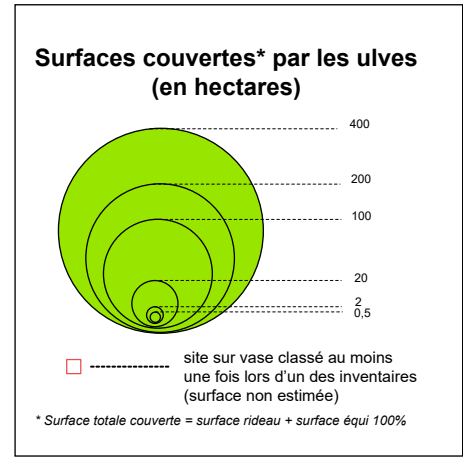
L'ensemble du linéaire côtier est survolé à marée basse de fort coefficient à la mi-mai, mi-juillet, mi-septembre. En avril, juin, août et octobre, seuls les sites principaux font l'objet d'estimations surfaciques. Pour tous les sites présentant des échouages d'ulves sur sable, les surfaces de dépôt 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 2023

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.

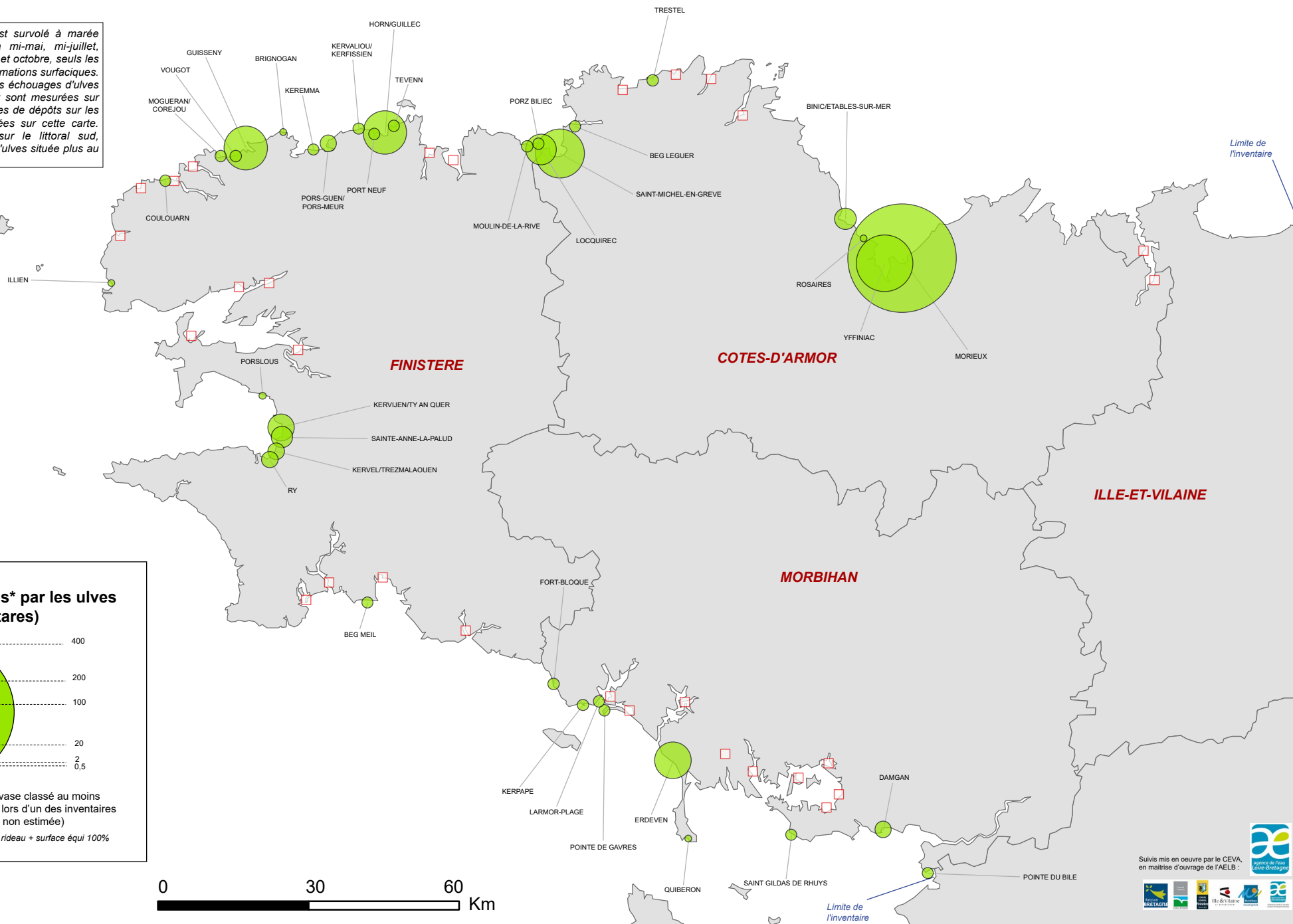
A noter : en avril, juin, août et octobre, seuls les sites principaux font l'objet d'évaluation surfacique (liste prédéfinie)



Surfaces couvertes par les ulves juillet 2023

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

Limite de l'inventaire



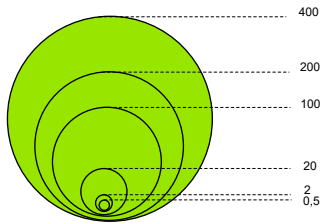
Suivis mis en oeuvre par le CEVA en maîtrise d'ouvrage de l'AELEB :

Surfaces couvertes par les ulves août 2023

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

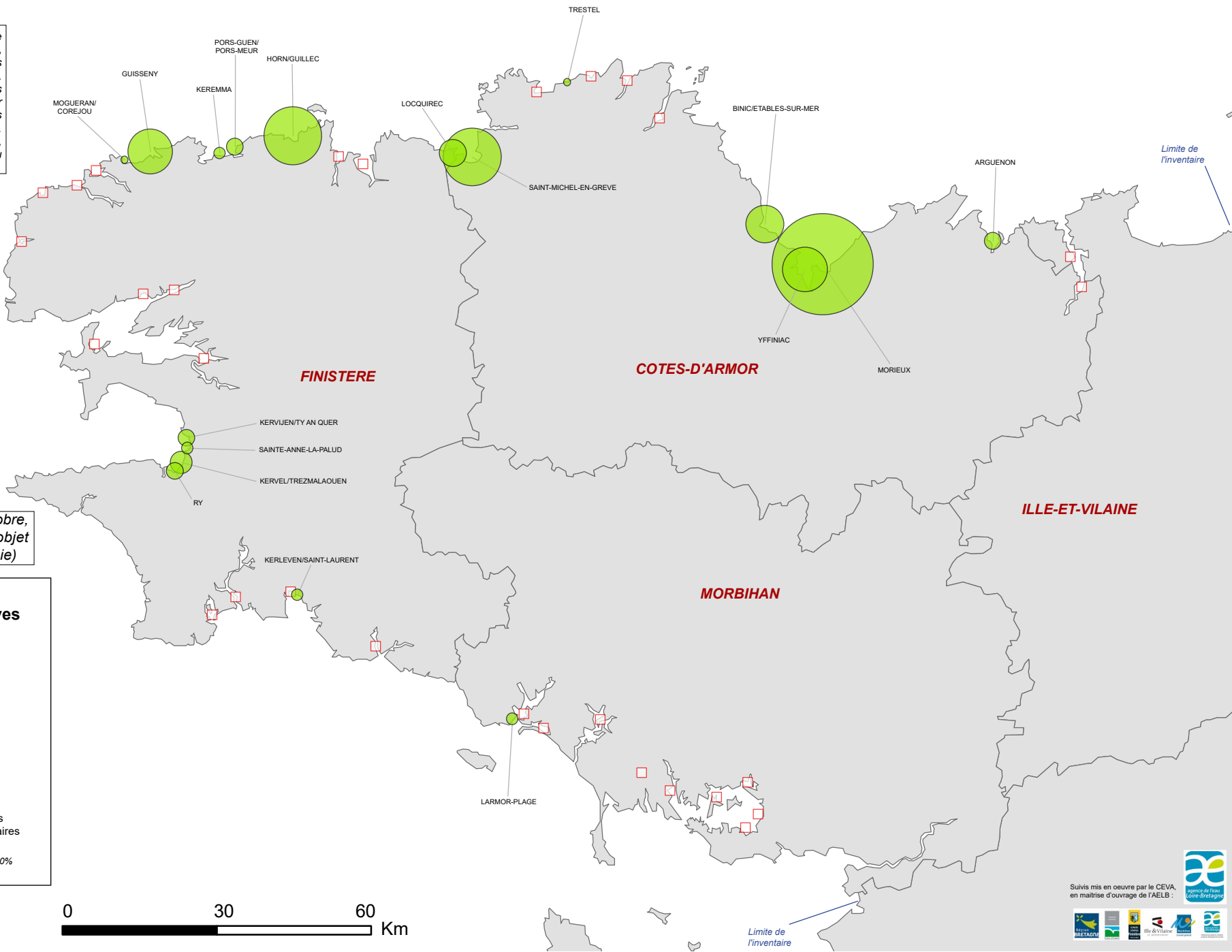
A noter : en avril, juin, août et octobre, seuls les sites principaux font l'objet d'évaluation surfacique (liste prédéfinie)

Surfaces couvertes* par les ulves (en hectares)



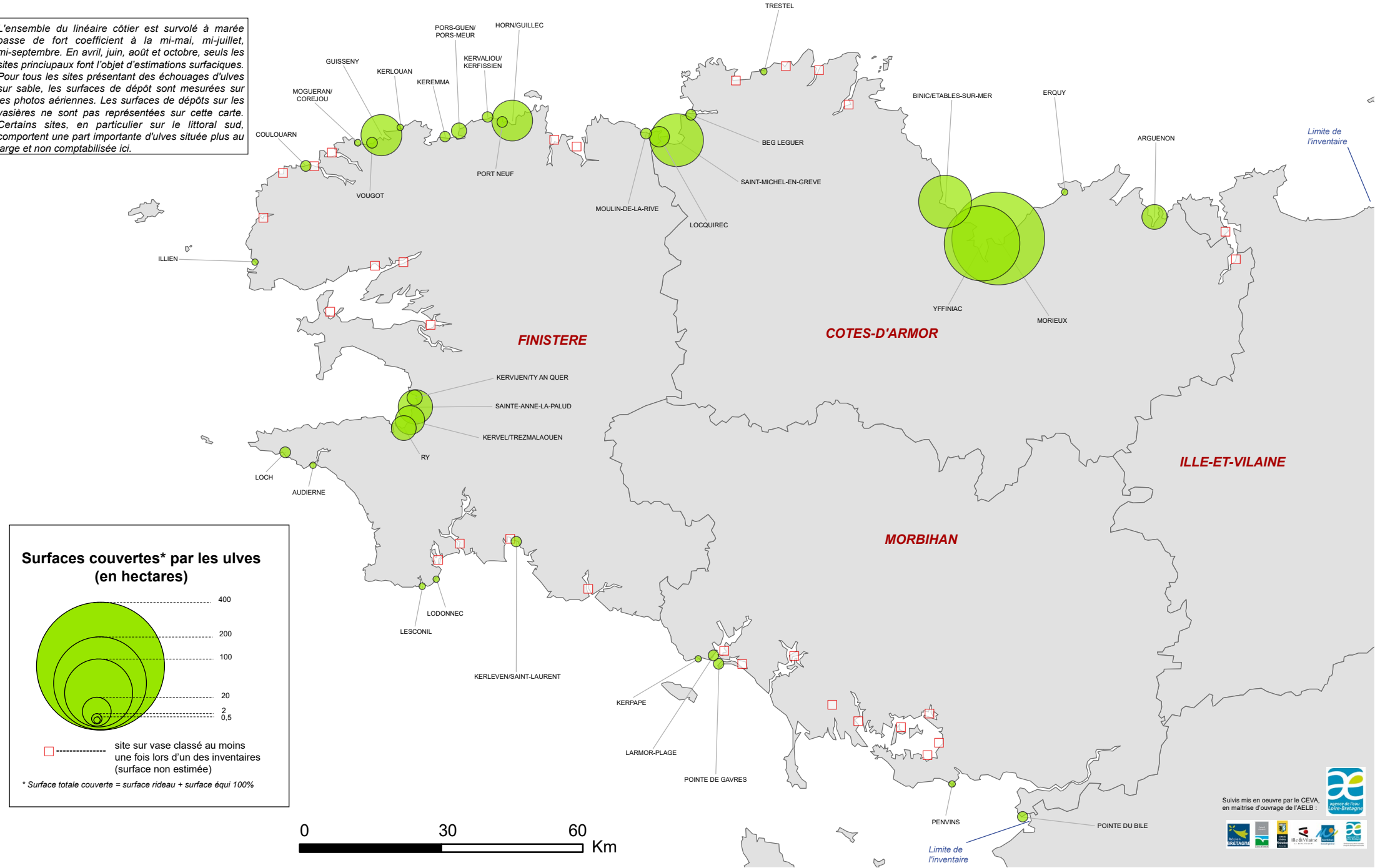
□ site sur vase classé au moins une fois lors d'un des inventaires (surface non estimée)

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



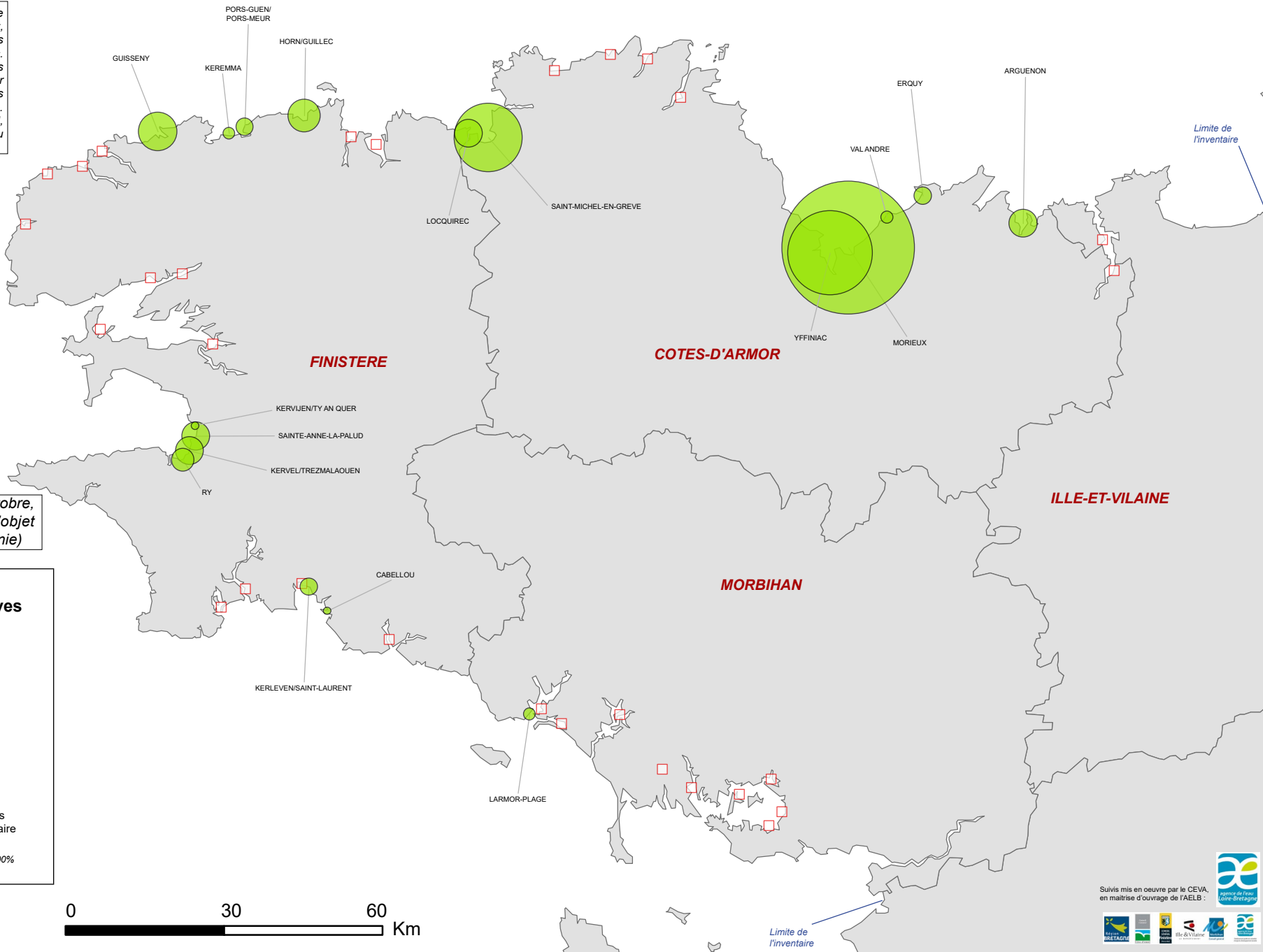
Surfaces couvertes par les ulves septembre 2023

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



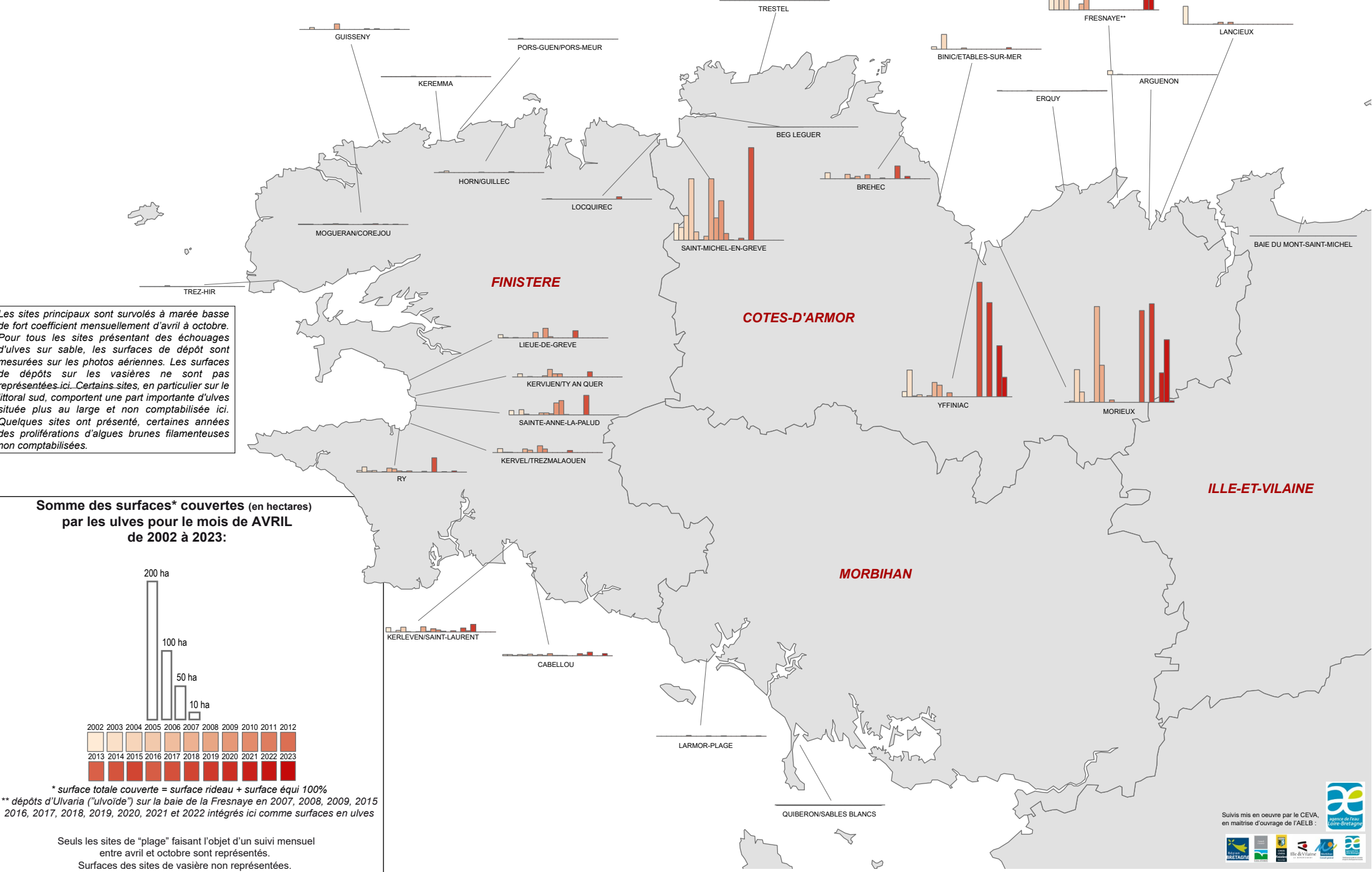
Surfaces couvertes par les ulves octobre 2023

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)

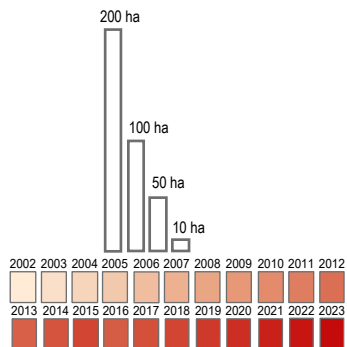
Variation des échouages d'ulves sur les principaux sites entre 2002 et 2023 (situation d'avril)



Variation des échouages d'ulves sur les principaux sites entre 2002 et 2023 (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 2023:

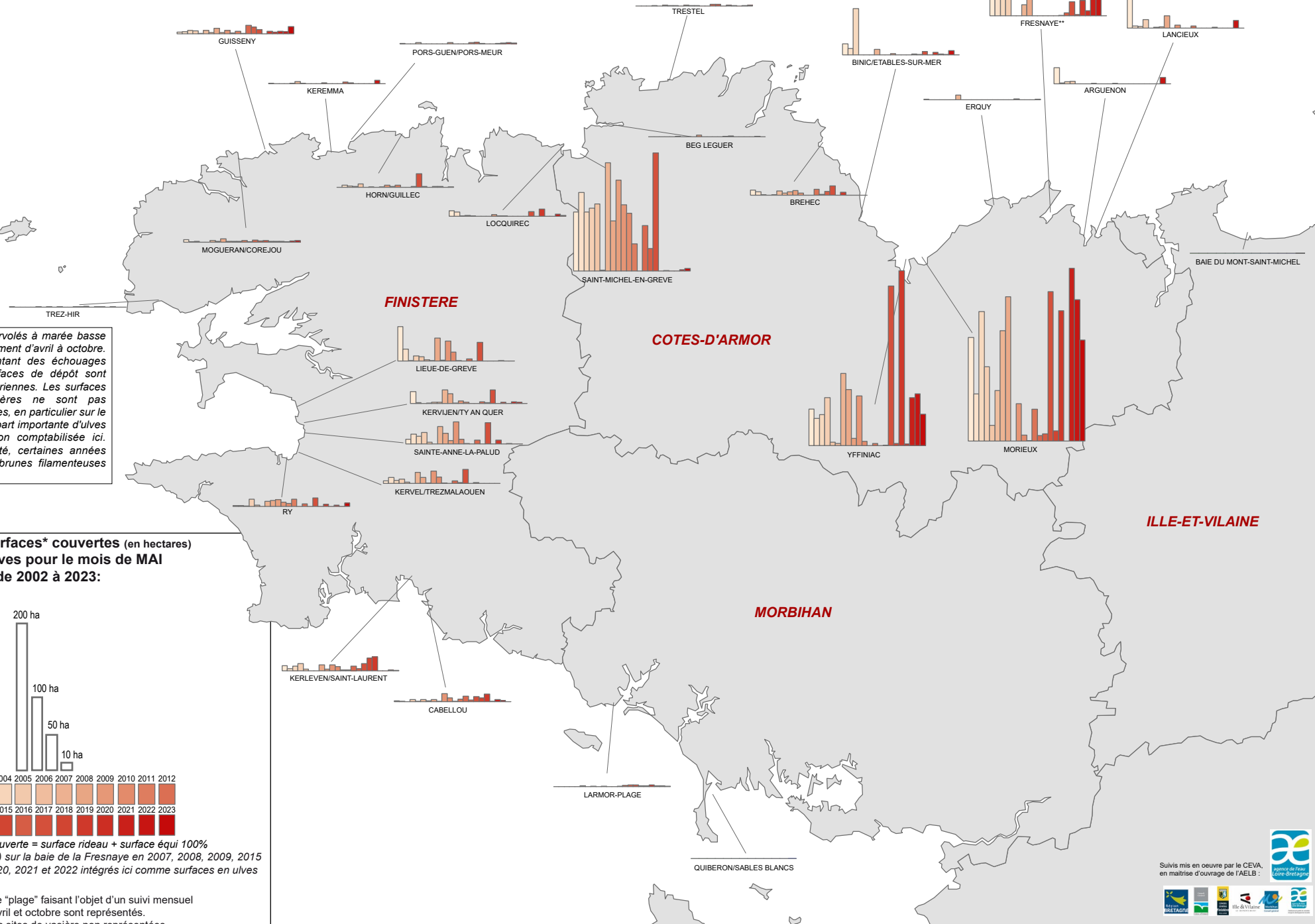


* surface totale couverte = surface rideau + surface équi 100%

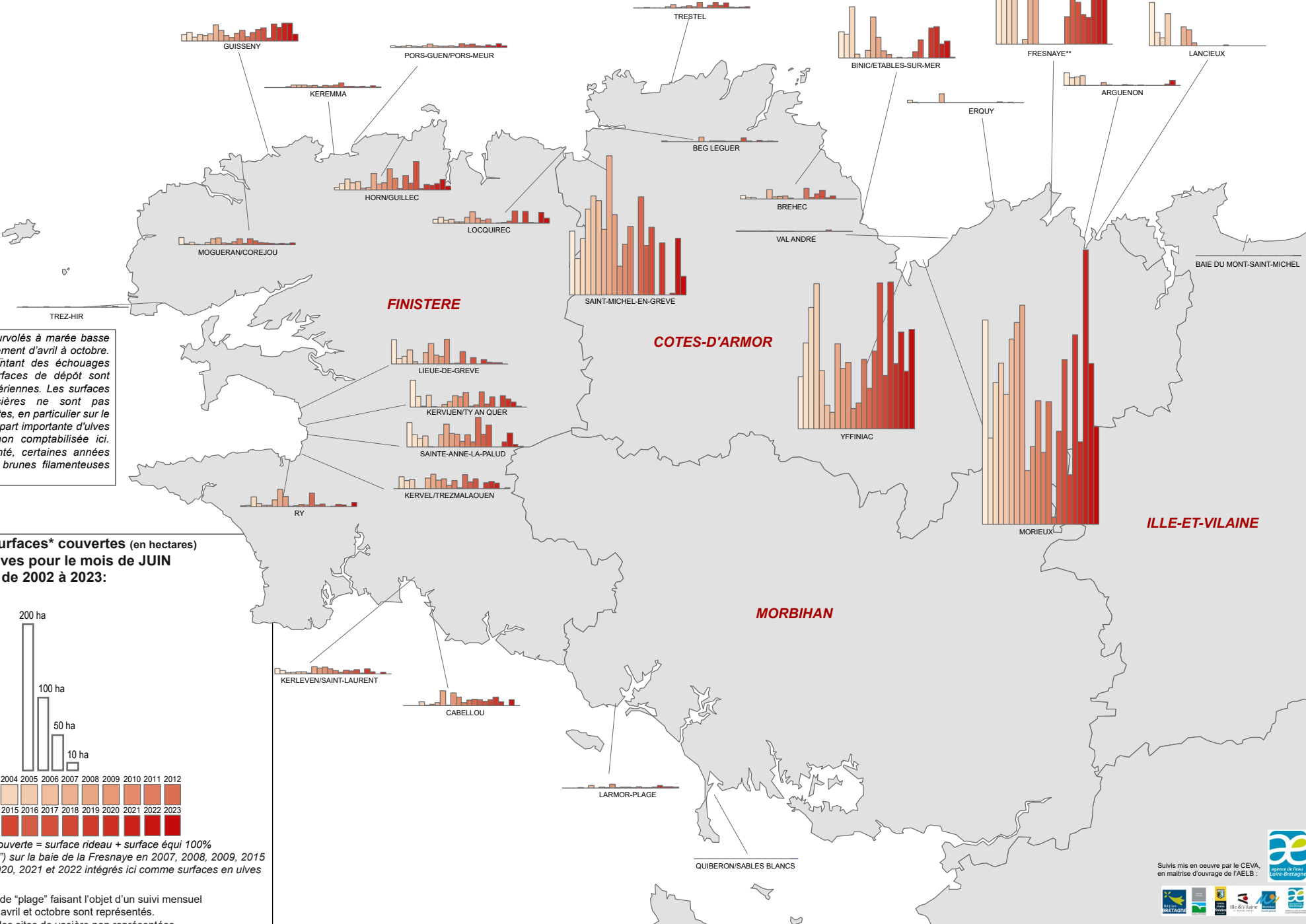
** dépôts d'Ulvaria ("ulvoïde") sur la baie de la Fresnaye en 2007, 2008, 2009, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021 et 2022 intégrés ici comme surfaces en ulves

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.

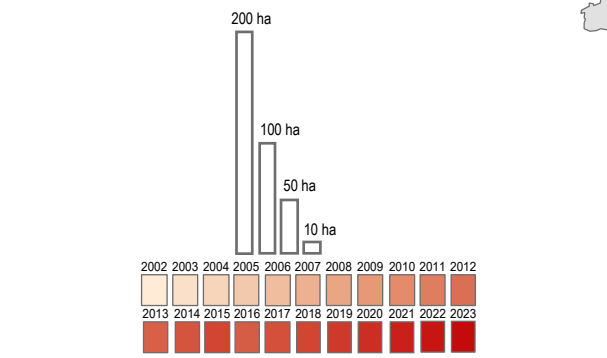


Variation des échouages d'ulves sur les principaux sites entre 2002 et 2023 (situation de juin)



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.

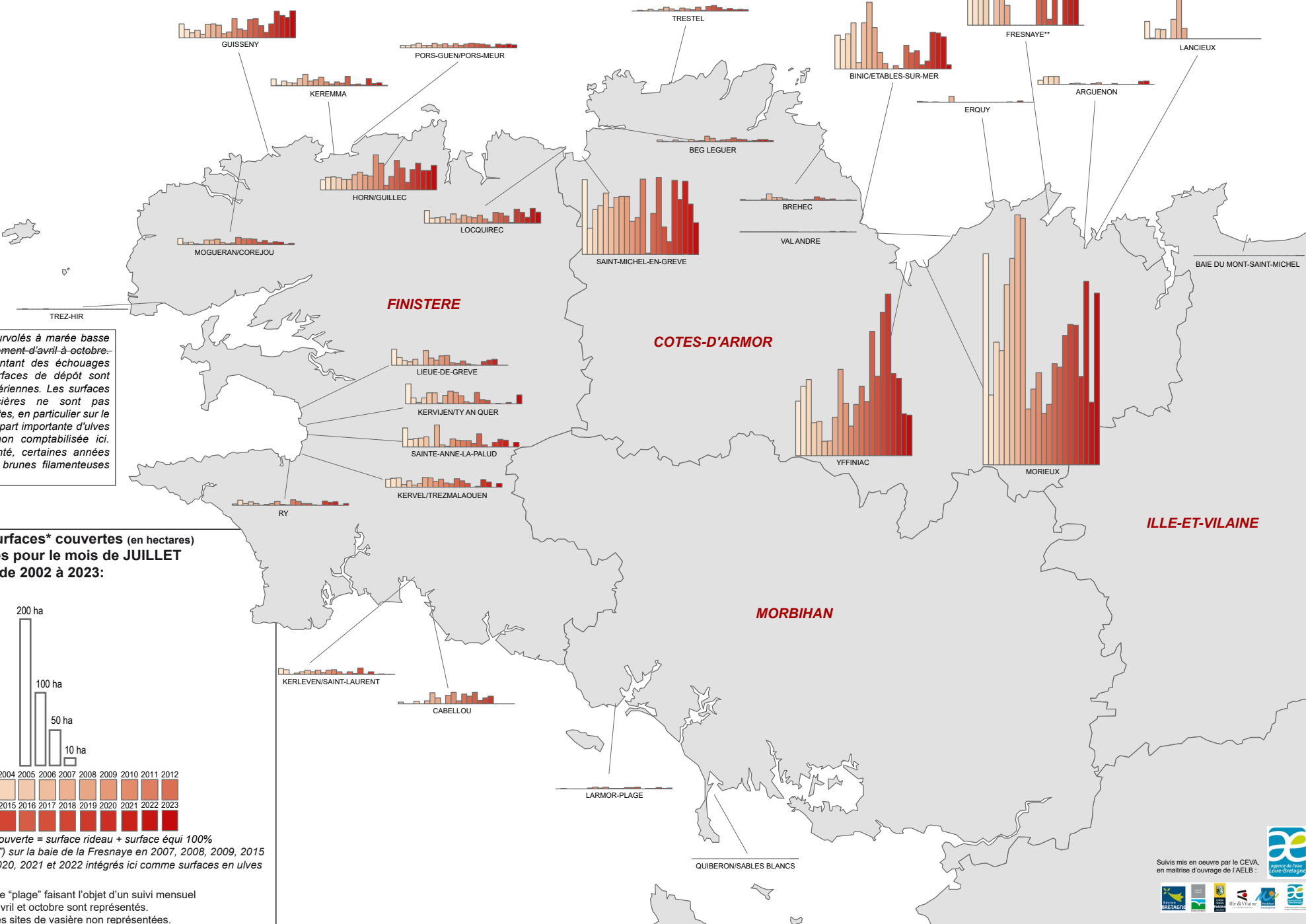
Somme des surfaces* couvertes (en hectares) par les ulves pour le mois de JUIN de 2002 à 2023:



* 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

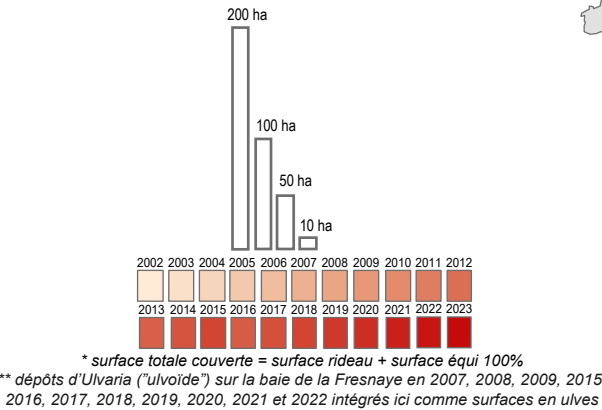
Seuls les sites de "plage" faisant l'objet d'un suivi mensuel entre avril et octobre sont représentés.
 Surfaces des sites de vasière non représentées.

Variation des échouages d'ulves sur les principaux sites entre 2002 et 2023 (situation de juillet)



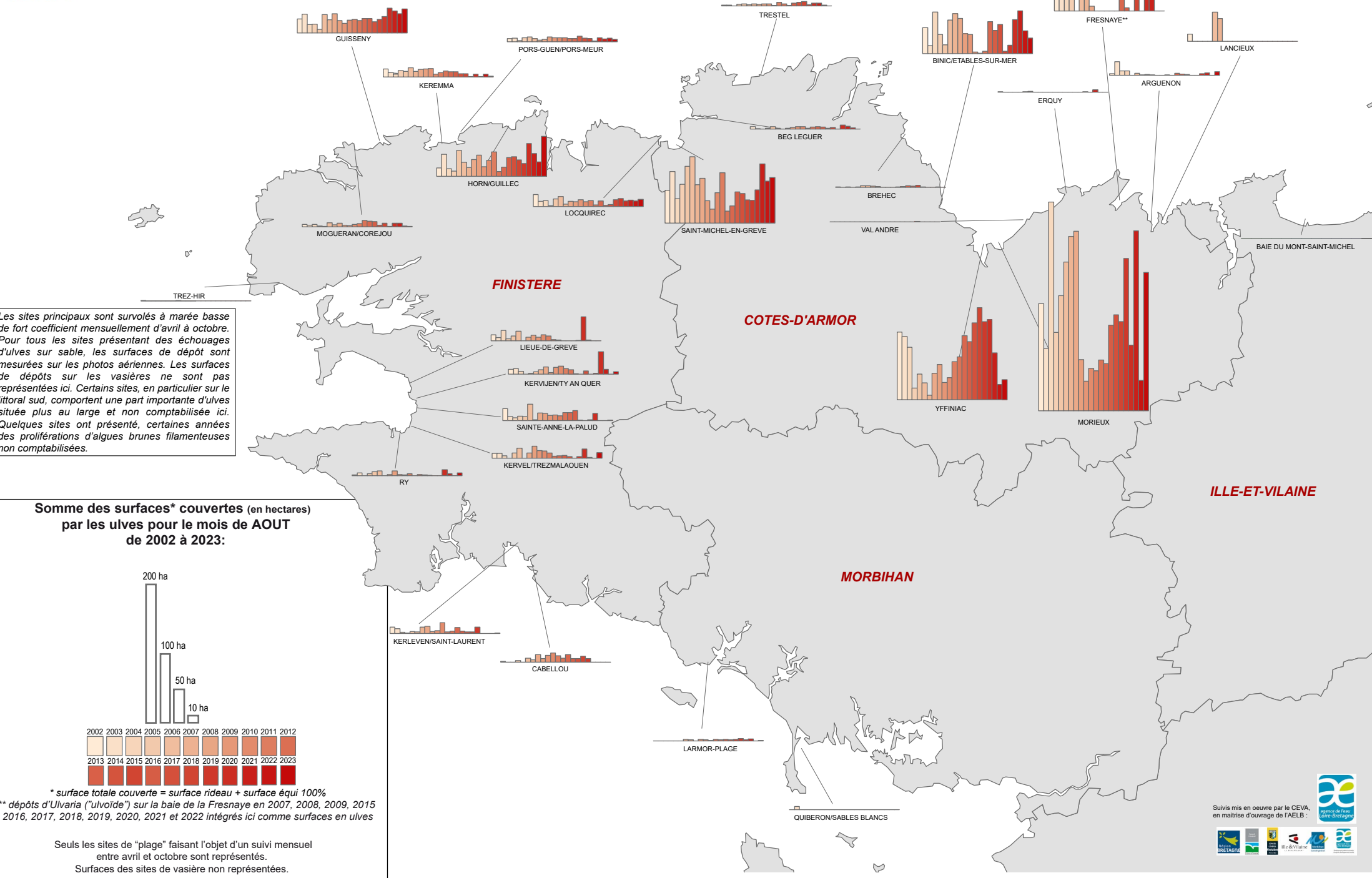
Les sites principaux sont survolés à marée basse de fort coefficient mensuellement d'avril à octobre. Pour tous les sites présentant des échouages d'ulves sur sable, les surfaces de dépôt sont mesurées sur les photos aériennes. Les surfaces de dépôts sur les vasières ne sont pas représentées ici. Certains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

Somme des surfaces* couvertes (en hectares) par les ulves pour le mois de JUILLET de 2002 à 2023:

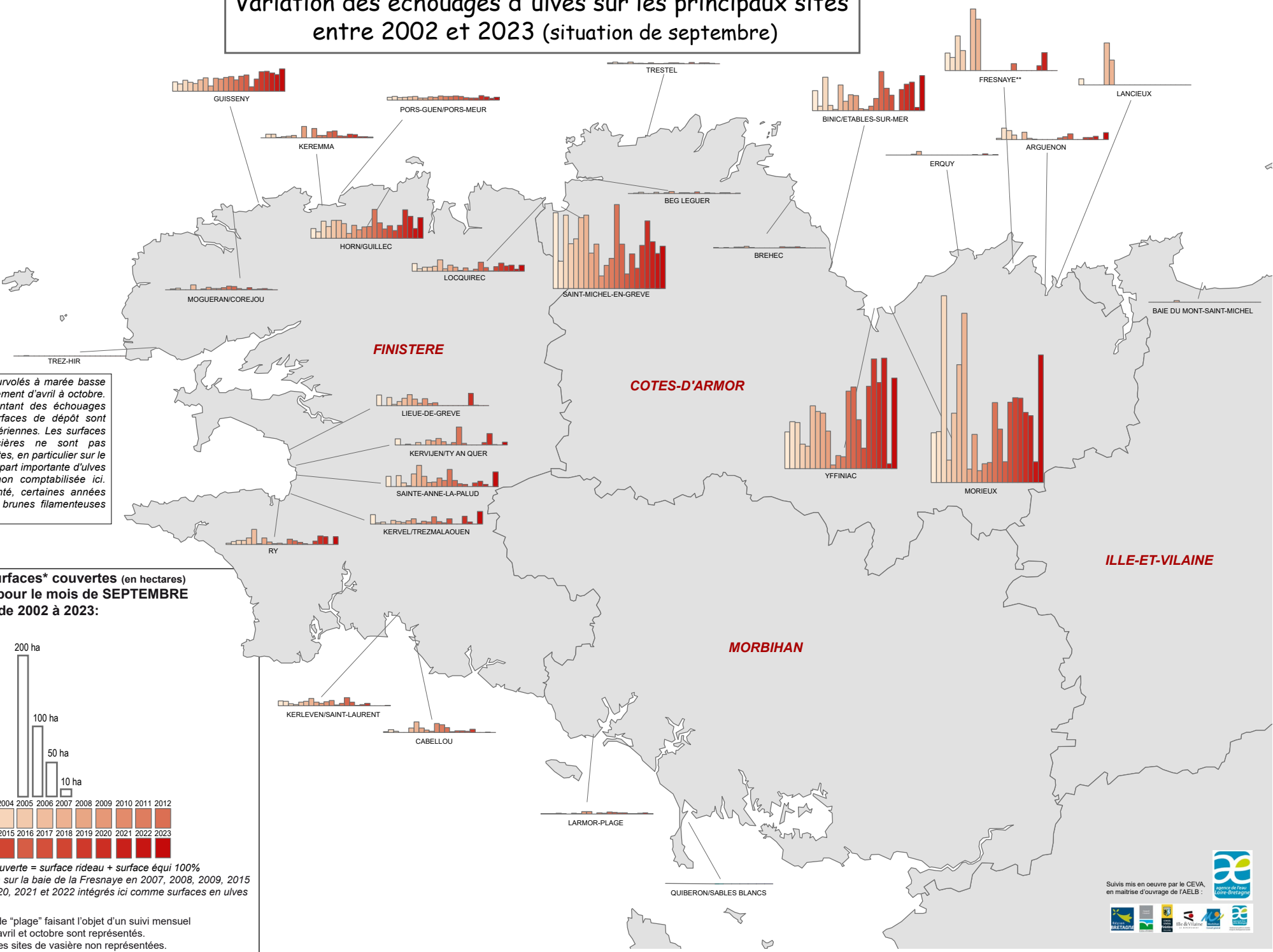


Seuls les sites de "plage" faisant l'objet d'un suivi mensuel entre avril et octobre sont représentés. Surfaces des sites de vasière non représentées.

Variation des échouages d'ulves sur les principaux sites entre 2002 et 2023 (situation d'août)

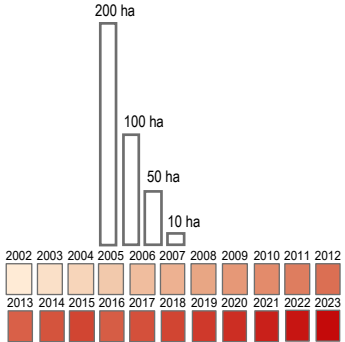


Variation des échouages d'ulves sur les principaux sites
entre 2002 et 2023 (situation de septembre)



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 des 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.

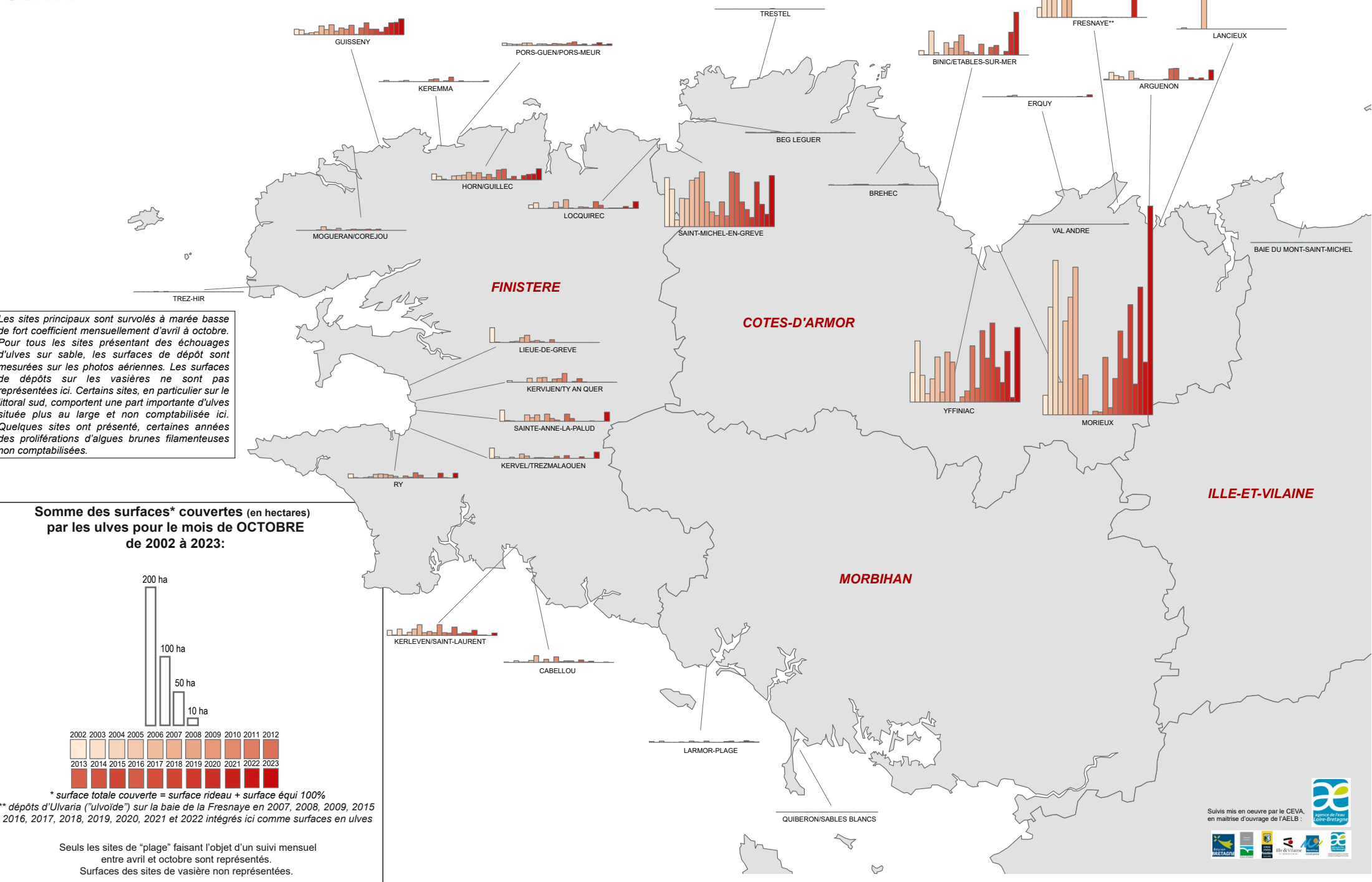
**Somme des surfaces* couvertes (en hectares)
par les ulves pour le mois de SEPTEMBRE
de 2002 à 2023:**



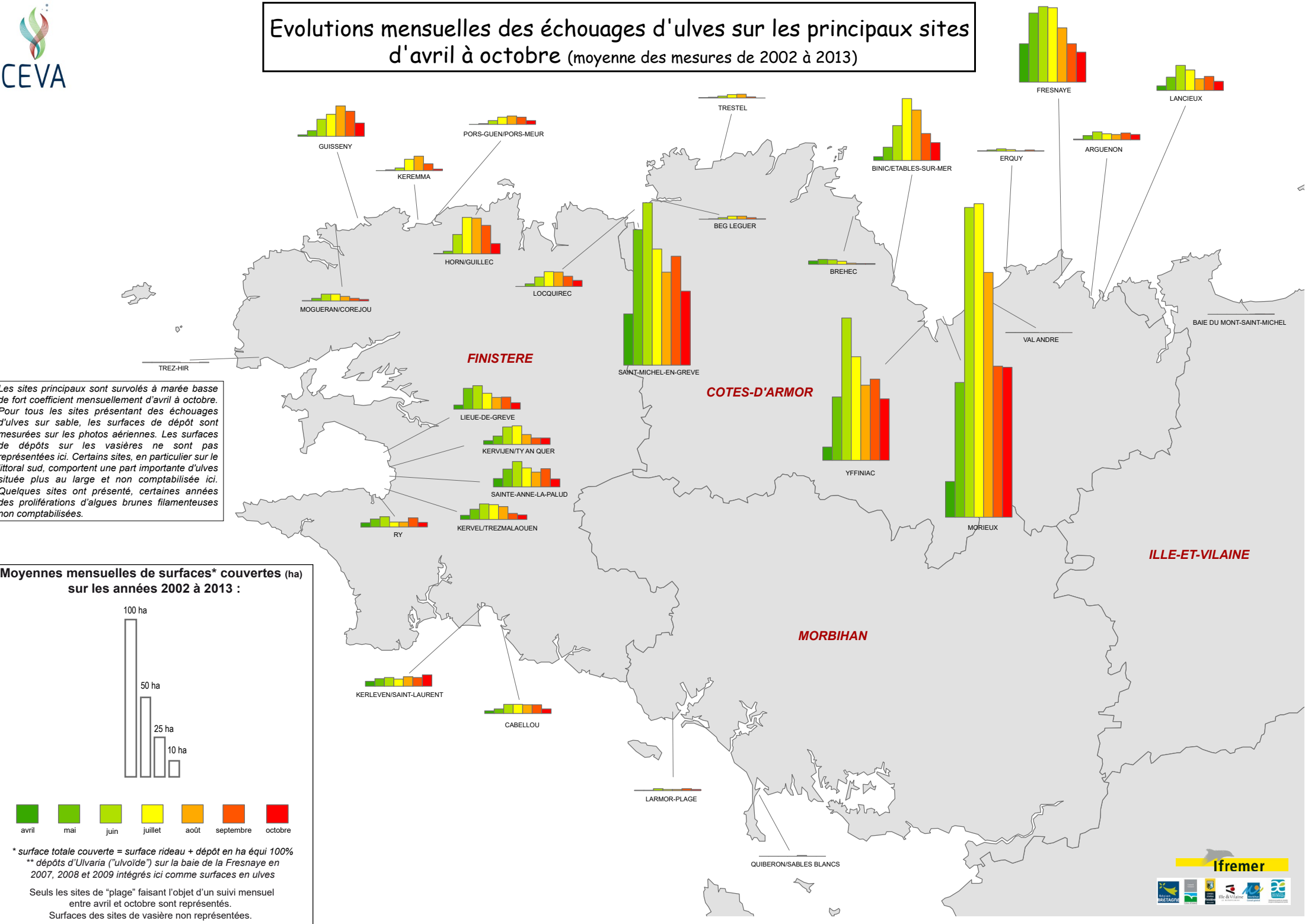
* surface totale couverte = surface rideau + surface équi 100%

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 2023 (situation d'octobre)



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





ANNEXE 6

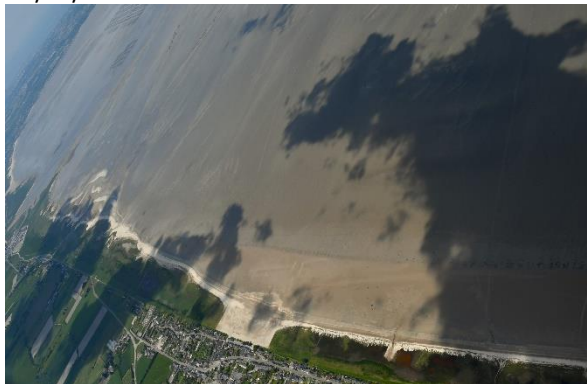
FICHES DE SYNTHÈSE POUR LES PRINCIPAUX SITES POUR 2023

Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2023 sur le site BAIE DU MONT SAINT MICHEL

17/04/2023



17/05/2023



17/06/2023



18/07/2023



17/08/2023



14/09/2023 : 100% Entéromorphes (Baie de Radegonde)



16/10/2023



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2023 sur le site TROCTIN

17/04/2023



17/05/2023



17/06/2023



18/07/2023



17/08/2023



14/09/2023



16/10/2023



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2023 sur le site SAINT JOUAN DES GUERETS

17/04/2023 : 100% *Enteromorpha* sp.



17/05/2023 : 100% *Enteromorpha* sp.



17/06/2023 : 95% *Entéromorphes*/5% *Ulves*



18/07/2023 : 95% *Entéromorphes*/5% *Ulves*



17/08/2023 : 90% *Entéromorphes*/10% *Ulves*



14/09/2023 : 95% *Entéromorphes*/5% *Ulves*



16/10/2023 : 80% *Entéromorphes*/20% *Ulves*



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2023 sur le site LANCIEUX

17/04/2023 : 100% *Ectocarpales*



17/05/2023 : 80-100% *Ectocarpales*/0-5% *ulva* sp.



17/06/2023 : 80% *Ectocarpales*/ $<1\%$ *Ulves*/19% *Entéromorphes*



18/07/2023 : 100% *Ectocarpales*



17/08/2023



14/09/2023 : 100% *Ectocarpales*

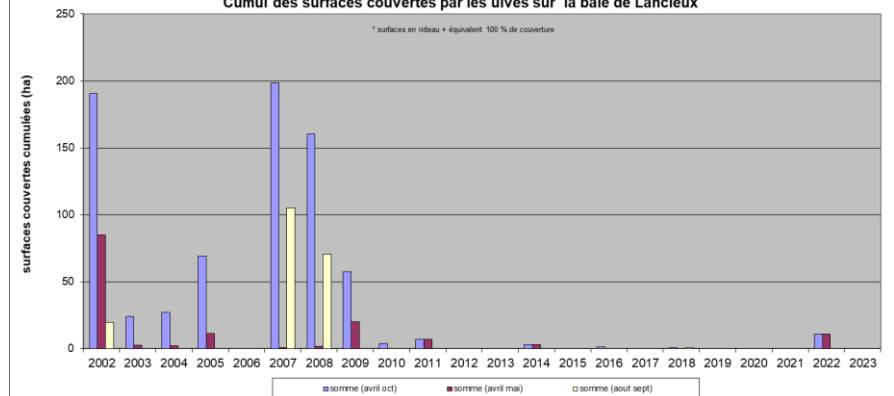


16/10/2023 : 100% *Ectocarpales*



Evolutions interannuelles 2002-2023 par saison

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



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2023 sur le site ARGUENON

17/04/2023 : 73% Ectocarpales/2% Ulva sp.



17/05/2023 : 15-50% Ectos arrachées/5-20% Ulves/5-55% Entéros 17/06/2023 : 25-35% Ectos/3-10% Ulves/40-66% Entéros/0-5% Ab/5-10% Ar



18/07/2023 : 45-50% Ectos/10% Ulves/20-25% Entéros/10% Ar/5% zostères



17/08/2023 : 40-60% Ulves/20-40% Ab/20-20% Ar



14/09/2023 : 85-95% Ulves/5-10% Ab/0-5% Ar

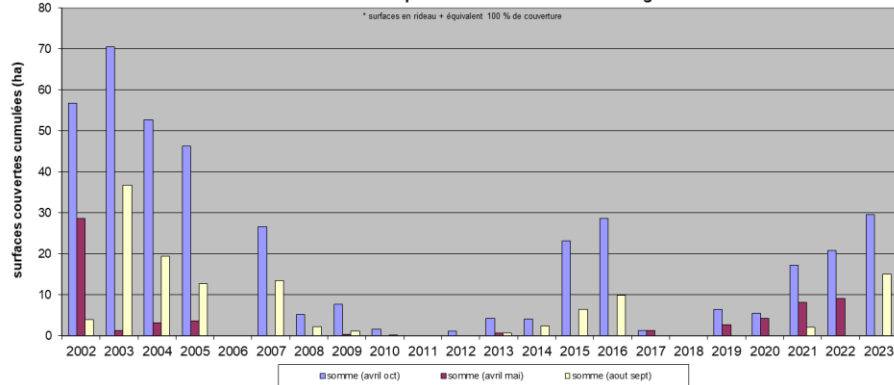


16/10/2023 : 80-85% Ulves% Ab/5% Ar/5% Zostères



Evolutions interannuelles 2002-2023 par saison

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



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2023 sur le site FRESNAYE

17/04/2023 : 99% *Ectocarpales*/1% *Ulvaria*



17/05/2023 : 100% *Ectocarpales*



17/06/2023 : 5-95% *Ectocarpales*/0-2% *Ulves*/5-95% *Polysiphonia*



18/07/2023 : 95-100% *Ectocarpales*/0-5% *polysiphonia*



17/08/2023 : 85% *Ectocarpales*/5% *Ab*/10% *Polysiphonia*



14/09/2023 : 0-100% *Ectos*/0-2% *Ulves*/0-2% *Entéros*/0-100% *Polysiphonia*

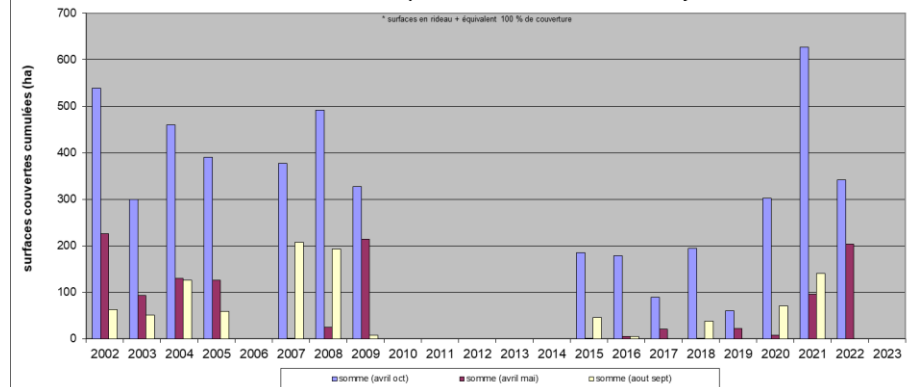


16/10/2023 : 95% *ectocarpales*/0-5% *Ab*/0-5% *Polysiphonia*



Evolutions interannuelles 2002-2023 par saison

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



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2023 sur le site ERQUY

17/04/2023



17/05/2023 : 30% Ectos/35% Ulves/5% Entéros/15% Ab/15% Ar



17/06/2023



18/07/2023 : 0-95% Ectocarpales/0-5% Ulves/0-100% Entéros



17/08/2023



14/09/2023 : 20% Ectos/70% Ulves/5% Ab/5% Ar

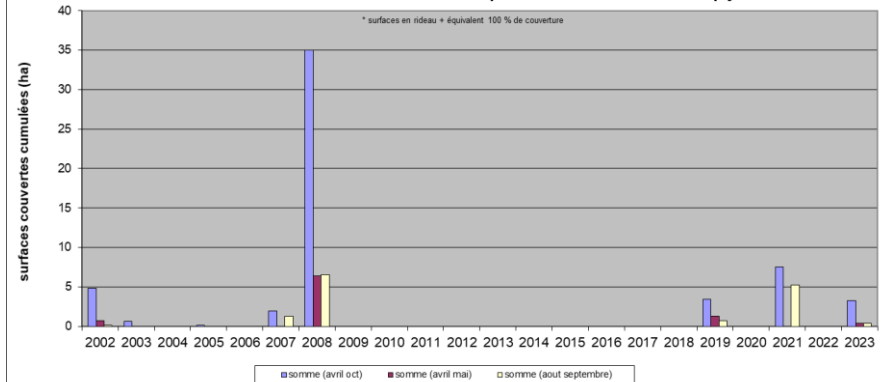


16/10/2023 : 5% Ectos/85% Ulves/5% Ab/5% Ar



Evolutions interannuelles 2002-2023 par saison

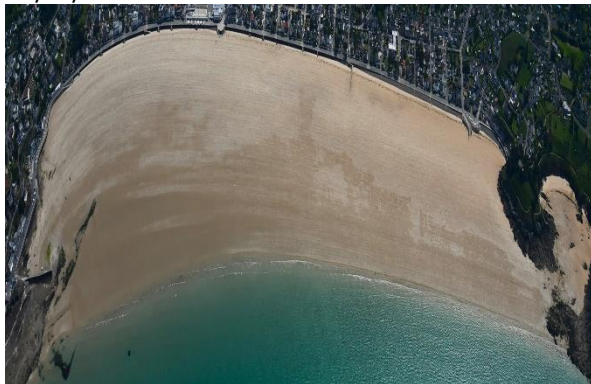
Cumul des surfaces couvertes par les ulves sur le site d'Erquy



17/04/2023



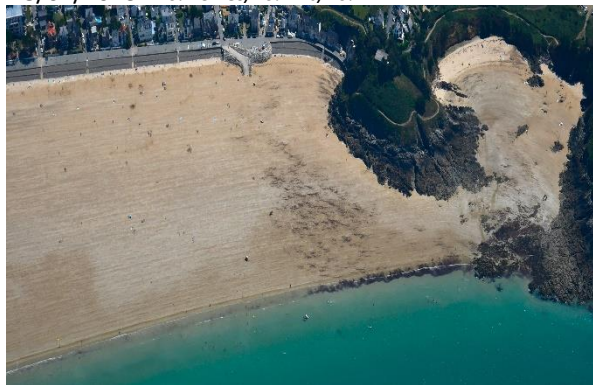
17/05/2023



17/06/2023



18/07/2023 : 10% Ulves/20% Ab/70% Ar



17/08/2023



14/09/2023



16/10/2023 : 85% Ulves/10% Ab/5% Ar



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2023 sur le site MORIEUX

17/04/2023 : 4-54% *Ulva* sp./20-60% *Ectocarpales*



17/05/2023 : 90% *Ulva* sp./10% *Ectocarpales*



17/06/2023 : 90% *Ulves*/5% *Ectos*/5% *Polysiphonias*



18/07/2023 : 40-95% *Ulves*/5-45% *Ectos*/0-2% *Entéros*/0-10% *Ab*



17/08/2023 : 90% *Ulves*/5% *Ab*/5% *Ar*



14/09/2023 : 95-100% *Ulves*/0-5% *Ectocarpales*

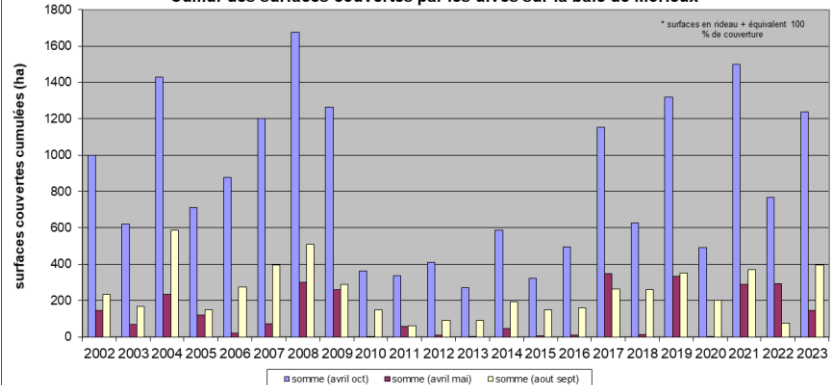


16/10/2023 : 85-100% *Ulves*-*Ulvaria*/5-10% *Ectos*/0-5% *Ar*



Evolutions interannuelles 2002-2023 par saison

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



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2023 sur le site YFFINIAC

17/04/2023



17/05/2023 : 100% *Ulva* sp.



17/06/2023 : 90-100% *Ulves*/0-4% *Entéros*/3-5% *Ab*/0-5% *Ar*



18/07/2023 : 100% *Ulves*



17/08/2023 : 90% *Ulves*/5% *Ab*/5% *Ar*



14/09/2023 : 100% *Ulves*

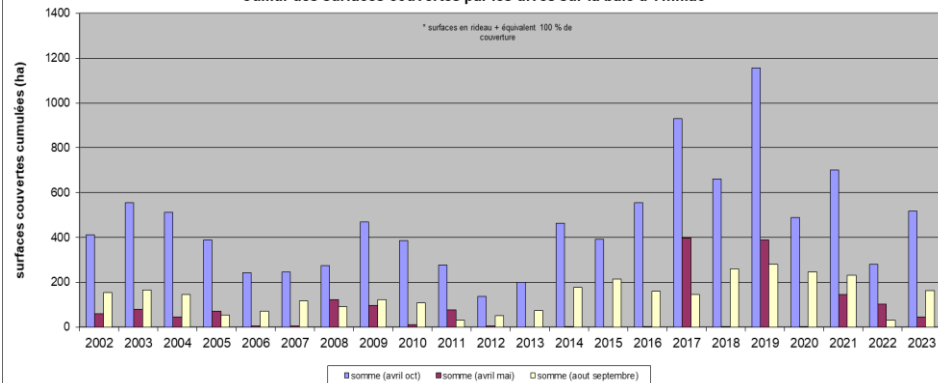


16/10/2023



Evolutions interannuelles 2002-2023 par saison

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

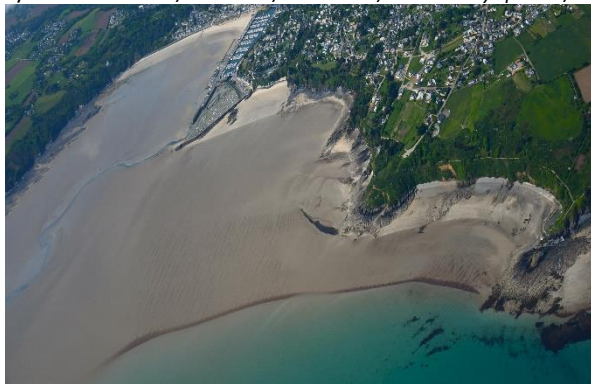


Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2023 sur le site BINIC

17/04/2023 : 27% *Ulva* sp.



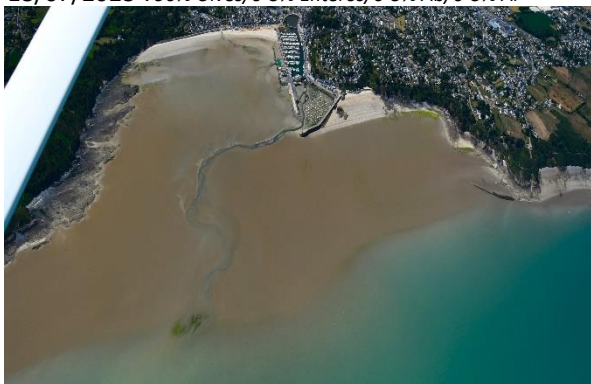
17/05/2023 : 5% *Ectos*/18% *Ulves*/2% *Entéros*/20-35% *Polysiphonia*/40-55% *Ar*



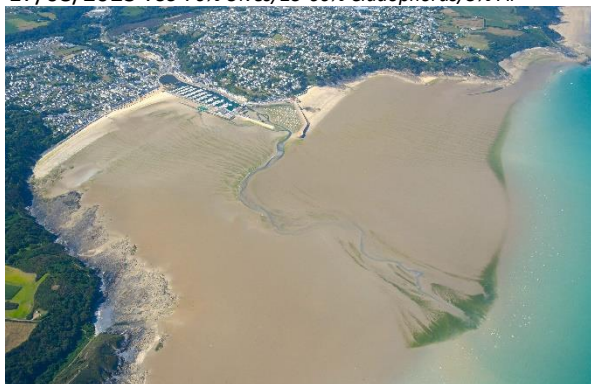
17/06/2023 : 40% *Ulves*/60% *Ab*



18/07/2023 : 90% *Ulves*/0-5% *Entéros*/0-5% *Ab*/0-5% *Ar*



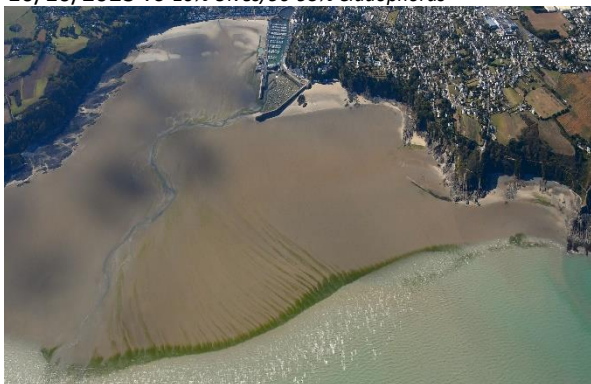
17/08/2023 : 35-70% *Ulves*/25-60% *Cladophoras*/5% *Ar*



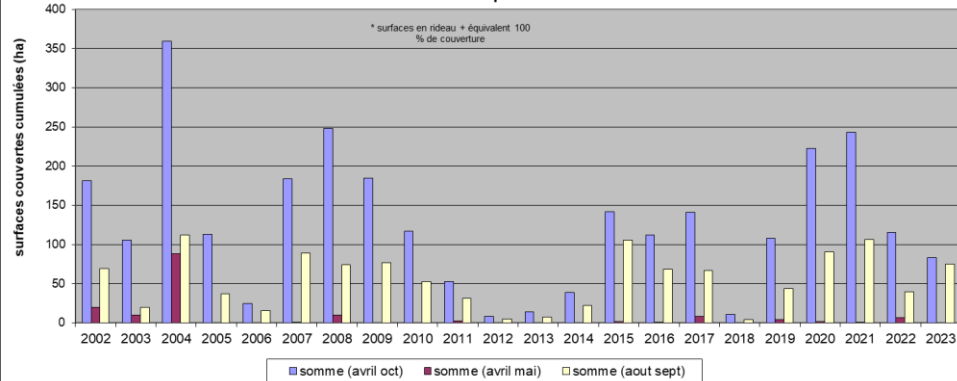
14/09/2023 : 5-85% *Ulves*/5-90% *Cladophoras*/5% *Ar*



16/10/2023 : 5-10% *Ulves*/90-95% *Cladophoras*



Evolutions interannuelles 2002-2023 par saison Cumul des surfaces couvertes par les ulves sur Binic/Etables



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2023 sur le site BREHEC

17/04/2023 : 5% *Ulva* sp.



17/05/2023 : 70% *Ectocarpales*/10% *Enteromorpha* sp./1% *Ulva* sp. 17/06/2023



18/07/2023



17/08/2023



14/09/2023 : 20% *Ulves*/10% *Ab*/70% *Ar*

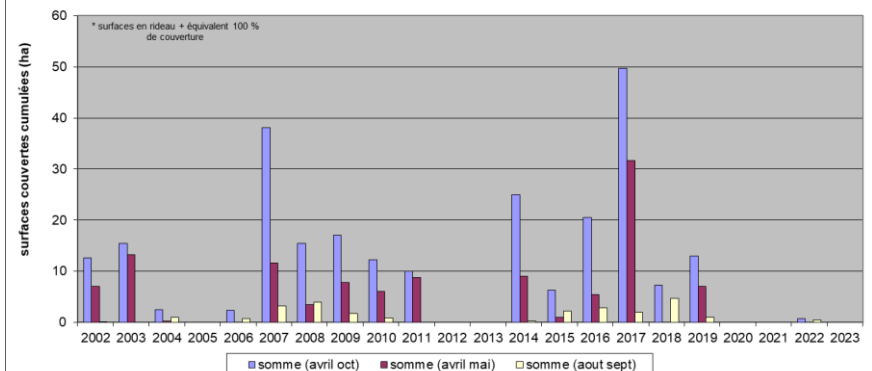


16/10/2023



Evolutions interannuelles 2002-2023 par saison

Cumul des surfaces* couvertes par les ulves sur Bréhec



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2023 sur le site LEDANO

17/04/2023



17/05/2023 : 95% Entéromorphes/5% Ulves



17/06/2023



18/07/2023 : 60-95% Entéromorphes/5-40% Ulves



17/08/2023



14/09/2023 : 35% Entéromorphes/65% Ulves



16/10/2023 : 100% Ulves



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2023 sur le site TRESTEL

17/04/2023 : 9-30% *Ulva* sp.



17/05/2023 : 5-75% *Ulves*/5-35% *Entéros*/5-30% *Ab*/10-35% *Ar*



17/06/2023 : 100% *Ulves*



18/07/2023 : 85% *Ulves*/5% *Ab*/10% *Ar*



17/08/2023 : 50% *Ulves*/40% *Ab*/10% *Ar*



14/09/2023 : 50% *Ulves*/5% *Ab*/45% *Ar*

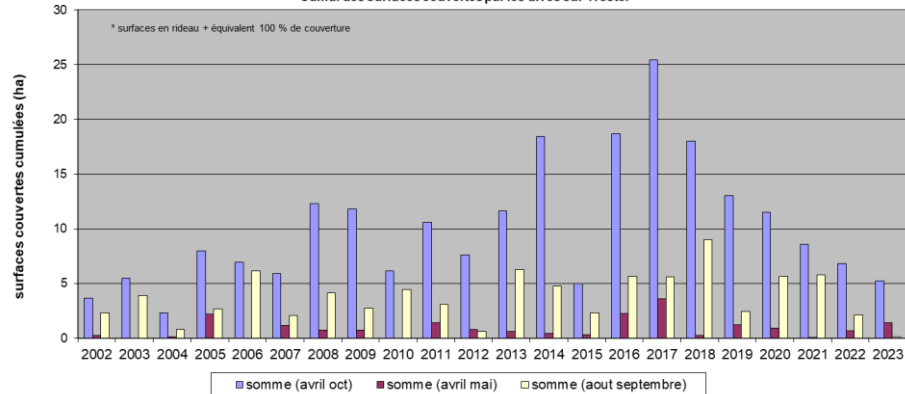


16/10/2023 : 10% *Ulves*/70% *Ab*/20% *Ar*



Evolutions interannuelles 2002-2023 par saison

Cumul des surfaces couvertes par les ulves sur Trestel



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2023 sur le site BEG LEGUER

17/04/2023



17/05/2023



17/06/2023 : 54% Ulves/36% Entéros/10% Ab



18/07/2023 : 15-55% Ulves/3-25% Entéros/15-25% Ab/25-40% Ar



17/08/2023 : 7% Ulves/3% Entéros/85% Ab/5% Ar



14/09/2023 : 40% Ulves/10% Entéros/25% Ab/25% Ar

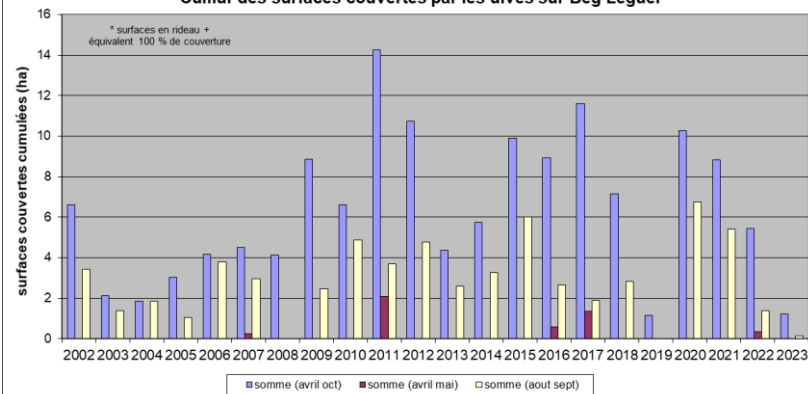


16/10/2023



Evolutions interannuelles 2002-2023 par saison

Cumul des surfaces couvertes par les ulves sur Beg Lèguer



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2023 sur le site SAINT MICHEL EN GREVE

17/04/2023 : 85-90% AB/5% *Enteromorpha* sp./<1% *Ulva* sp.



17/05/2023 : 15-45% *Ulves*/0-5% *Entéros*/10-30% Ab/35-50% Ar



17/06/2023 : 100% *Ulvaria*



18/07/2023 : 75-95% *Ulves*-*Ulvaria*/0-5% *Entéros*/0-10% Ab/0-15% Ar



17/08/2023 : 100% *Ulves*-*Ulvaria*



14/09/2023 : 90-95% *Ulves*/0-5% Ab/5% Ar

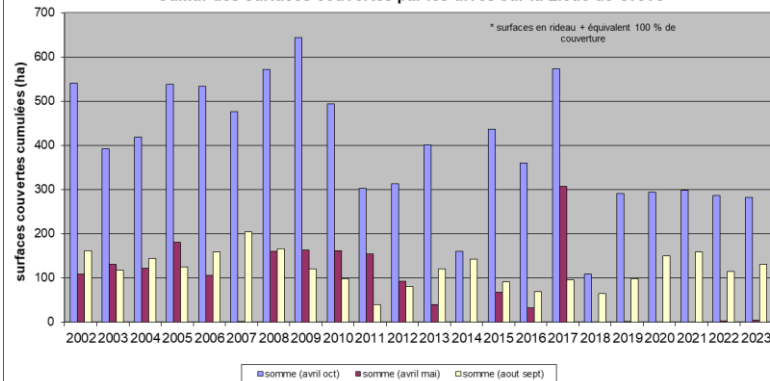


16/10/2023 : 95% *Ulves*/5% Ab



Evolutions interannuelles 2002-2023 par saison

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



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2023 sur le site LOCQUIREC

17/04/2023



17/05/2023 : 30-70% Ulves/5-10% Entéros/10-30% Ab/20-35% Ar



17/06/2023 : 100% Ulves



18/07/2023 : 100% Ulves



17/08/2023 : 100% Ulves



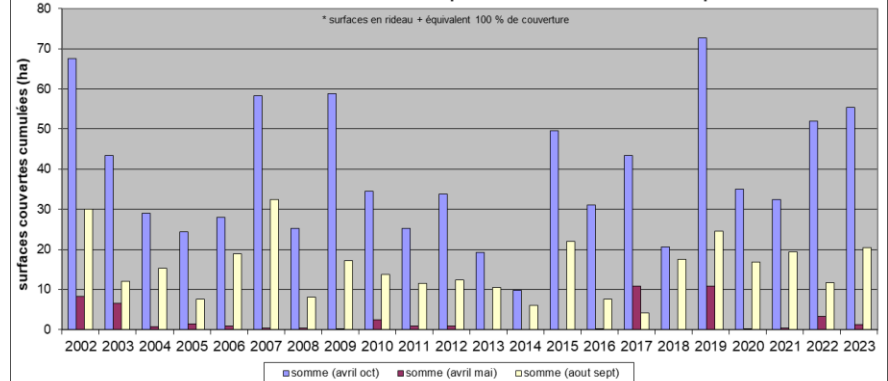
14/09/2023 : 90-95% Ulves/0-5% Ab/5% Ar



16/10/2023 : 95% Ulves/5% Ar

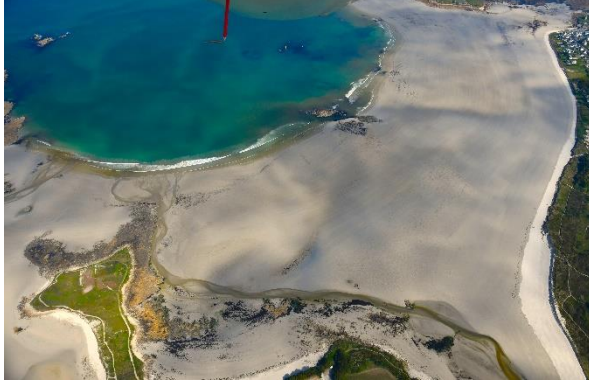


Evolutions interannuelles 2002-2023 par saison Cumul des surfaces couvertes par les ulves sur l'anse de Locquirec



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2023 sur le site HORN GUILLEC

17/04/2023 : 90% Ab/1% *Ulva* sp.



17/05/2023 : 5-55% *Ulves*/5-10% *Entéros*/20-65% Ab/20-30% Ar



17/06/2023 : 95-100% *Ulves*/0-5% Ar



18/07/2023 : 95-100% *Ulves*



17/08/2023 : 100% *Ulves*



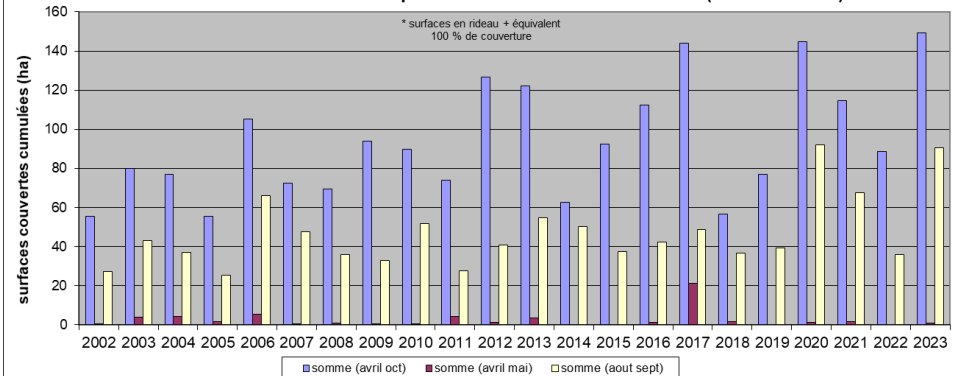
14/09/2023 : 95-100% *Ulves*



16/10/2023 : 100% *Ulves*



Evolutions interannuelles 2002-2023 par saison Cumul des surfaces couvertes par les ulves sur l'anse du Dossen ("Horn/Guillec")



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2023 sur le site PORS GUEN

17/04/2023 : 100% AB



17/05/2023 : 15-75% Ulves/0-15% Entéros/15-70% Ab/5-20% Ar



17/06/2023 : 85% Ulves/5-15% Ab/0-10% Ar



18/07/2023 : 70-85% Ulves/5-15% Entéros/5-10% Ab/5% Ar



17/08/2023 : 40% Ulves/40% Ab/20% Ar



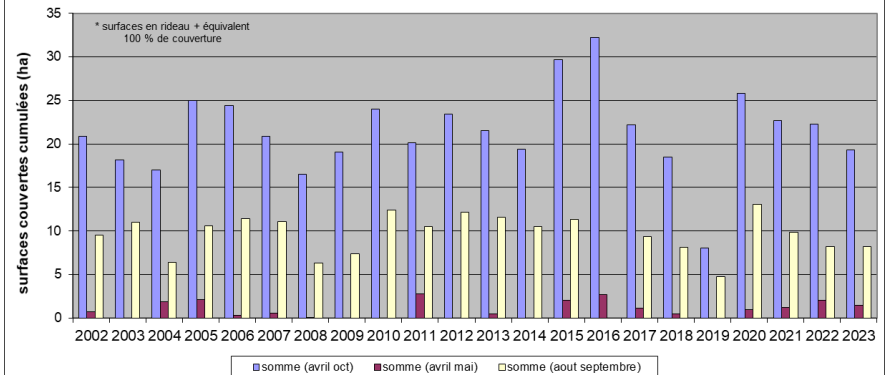
14/09/2023 : 90-100% Ulves/0-5% Ab/0-5% Ar



16/10/2023 : 70% Ulves/30% Ab



Evolutions interannuelles 2002-2023 par saison Cumul des surfaces couvertes par les ulves sur Pors Guen



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2023 sur le site KEREMMA

17/04/2023 : 70% AB/10% *Ulva* sp.



17/05/2023 : 15-30% *Ulves*/5-15% *Entéros*/35-50% Ab/15-30% Ar



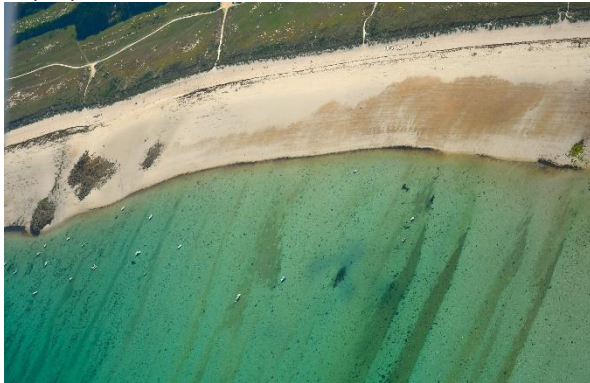
17/06/2023 : 80% *Ulves*/10% Ab/10% Ar



18/07/2023 : 15-50% *Ulves*/10-20% *Entéros*/25-35% Ab/15-30% Ar



17/08/2023 : 50% *Ulves*/40% Ab/10% Ar



14/09/2023 : 30-45% *Ulves*/3-5% *Entéros*/20-35% Ab/3-30% Ar

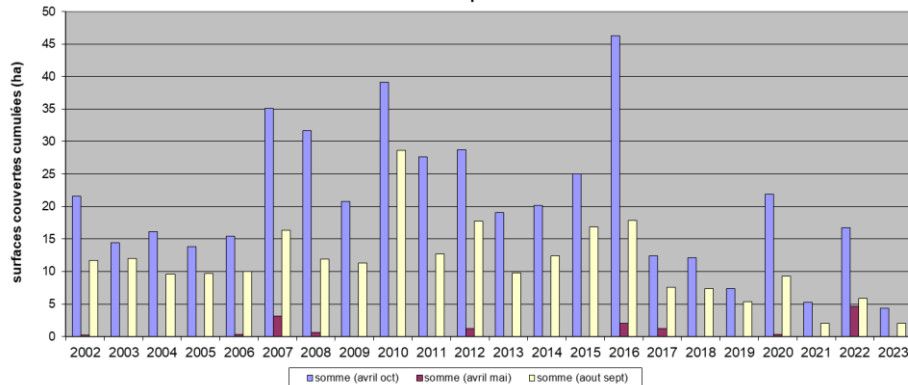


16/10/2023 : 30-45% *Ulves*/55-70% Ab



Evolutions interannuelles 2002-2023 par saison

Cumul des surfaces couvertes par les ulves sur Keremma



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2023 sur le site GUISSENY

17/04/2023 : 15% *Ulva* sp.



17/05/2023 : 75-90% *Ulves*/0-10% *Entéros*/5-15% *Ab*/0-5% *Ar*



17/06/2023 : 90-100% *Ulves*/0-10% *Ar*



18/07/2023 : 80-100% *Ulves*/1-5% *Ab*/1-15% *Ar*



17/08/2023 : 85-100% *Ulves*/0-10% *Ab*/0-5% *Ar*



14/09/2023 : 100% *Ulves*

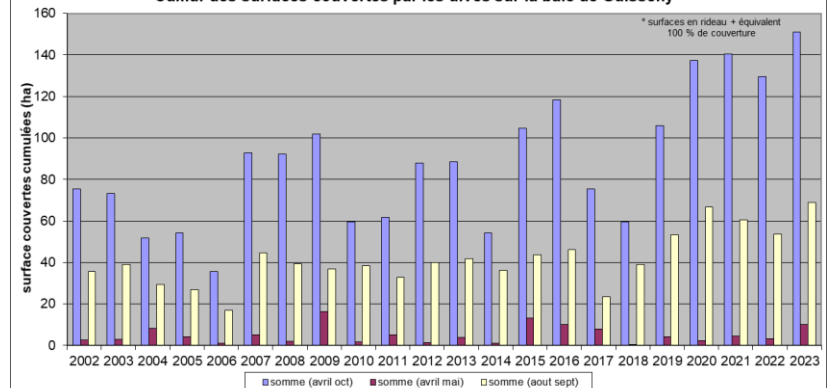


16/10/2023 : 75% *Ulves*/25% *Ab*



Evolutions interannuelles 2002-2023 par saison

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



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2023 sur le site MOGUERAN COREJOU

17/04/2023 : 10% *Ulva* sp.



17/05/2023 : 30-35% *Ulves*/5-10% *Entéros*/30-35% *Ab*/20-35% *Ar*



17/06/2023 : 85% *Ulves*/5% *Ab*/10% *Ar*



18/07/2023 : 75-80% *Ulves*/10% *Entéros*/5-10% *Ab*/5% *Ar*



17/08/2023 : 45-80% *Ulves*/10-45% *Ab*/10% *Ar*



14/09/2023 : 10-40% *Ulves*/10-15% *Entéros*/5-70% *Ab*/5-45% *Ar*

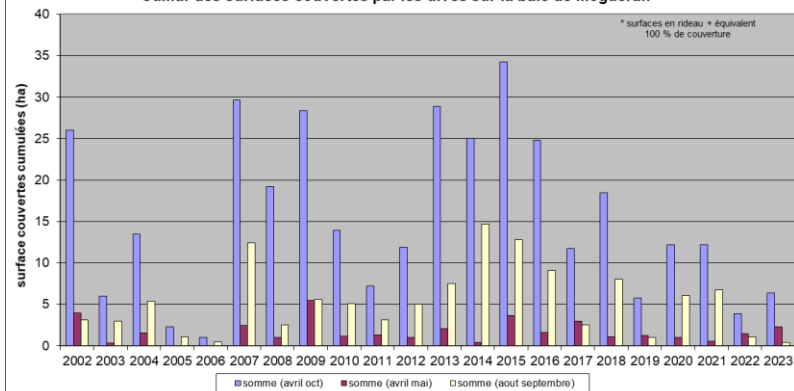


16/10/2023 : 5% *Ulves*/45% *Ab*/50% *Ar*



Evolutions interannuelles 2002-2023 par saison

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



17/04/2023



17/05/2023 : 80% Entéromorphes/20% Ulves



17/06/2023



18/07/2023 : 35-70% Entéromorphes/30-65% Ulves



17/08/2023 : 45-100% Ulves/0-40% Ab/0-15% Ar



14/09/2023 : 15-70% Entéromorphes/30-100% Ulves



16/10/2023 : 100% ulves



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2023 sur le site TREZ HIR

17/04/2023 : 16% *Ulva* sp.



17/05/2023 : 20-50% *Ulves*/20-30% *Entéros*/20-40% *Ab*/10-10% *Ar* 17/06/2023



18/07/2023 : 10% *Ulves*/20% *Entéros*/20-35% *Ab*/35-50% *Ar*



17/08/2023



14/09/2023

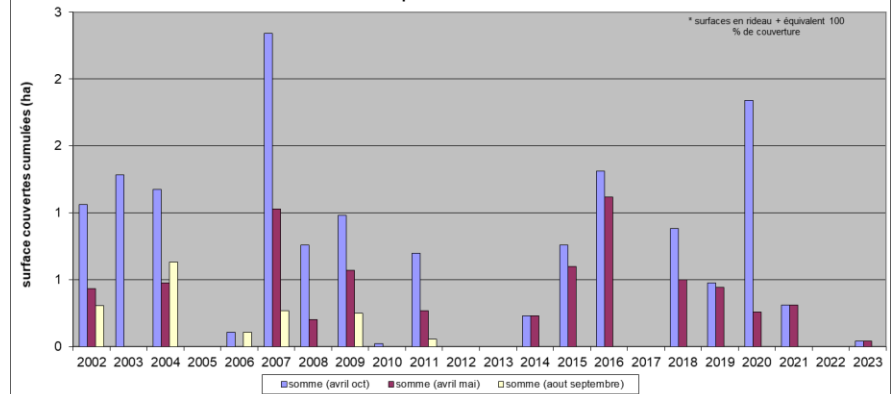


16/10/2023 : 5% *Ulves*/15% *Entéros*/80% *Ab*



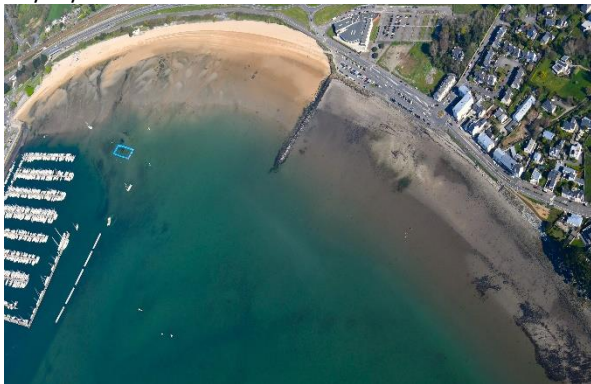
Evolutions interannuelles 2002-2023 par saison

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

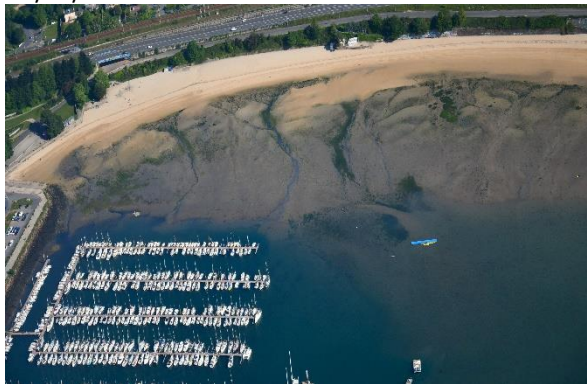


Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2023 sur le site MOULIN BLANC

17/04/2023



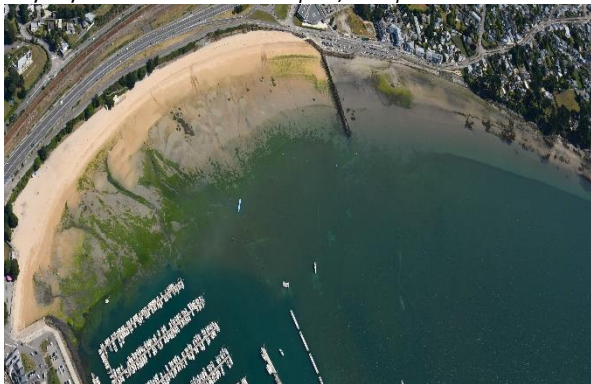
17/05/2023 : 100% Ulves



17/06/2023 : 9% Ulves/85% Entéros/5% Ab



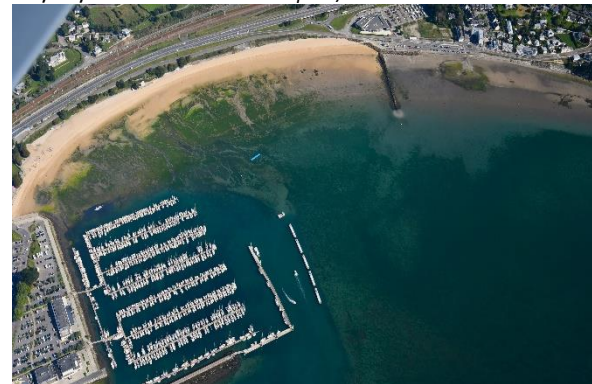
18/07/2023 : 100% Entéromorphes/Cladophoras



17/08/2023 : 100% Entéromorphes



14/09/2023 : 90% Entéromorphes/10% Ulves



16/10/2023 : 20-50% Ulves/55-70% Entéros/5-45% Ab/5-5% Ar/0-25% Gracilaires

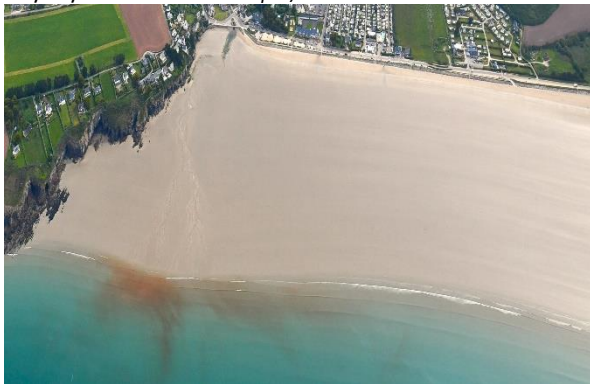


Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2023 sur le site LIEUE DE GREVE

17/04/2023



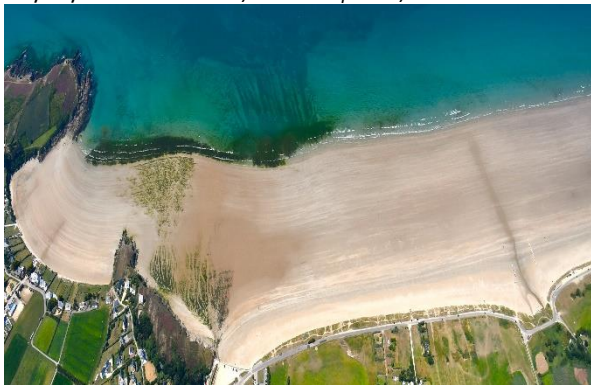
18/05/2023 : 95% *Ectocarpus*/ 5% *Ab*



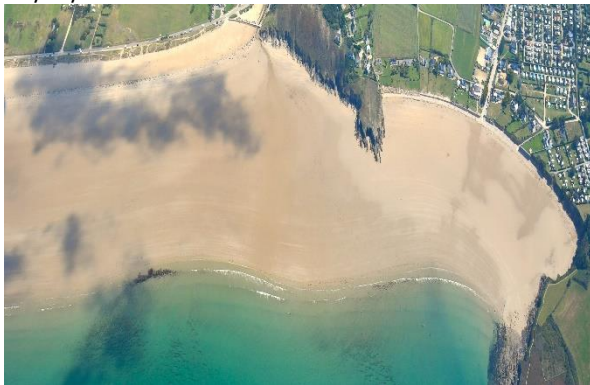
17/06/2023



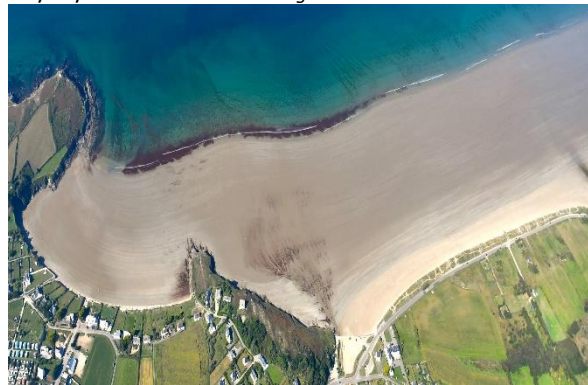
18/07/2023 : 15% *Ulves*/80% *Cladophoras*/5% *Ar*



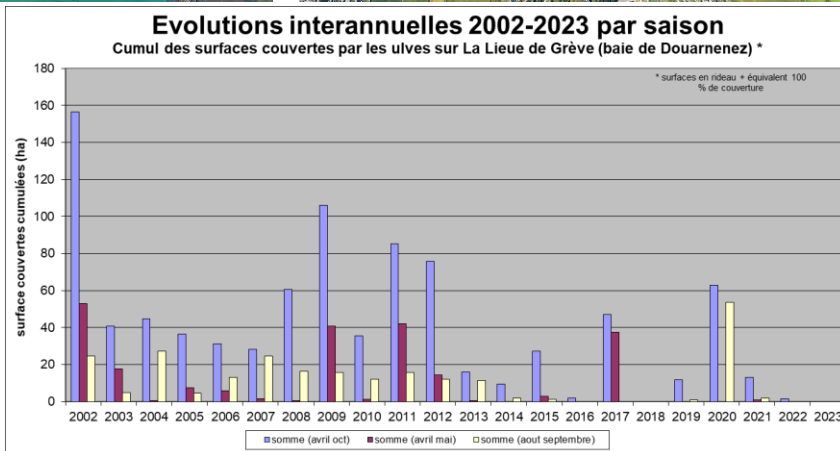
17/08/2023 : 100% *Ab*



14/09/2023 : 100% *Falkenbergia*



16/10/2023 : *Falkenbergia* probable



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2023 sur le site KERVIJEN - TY AN QUER

17/04/2023



18/05/2023



17/06/2023



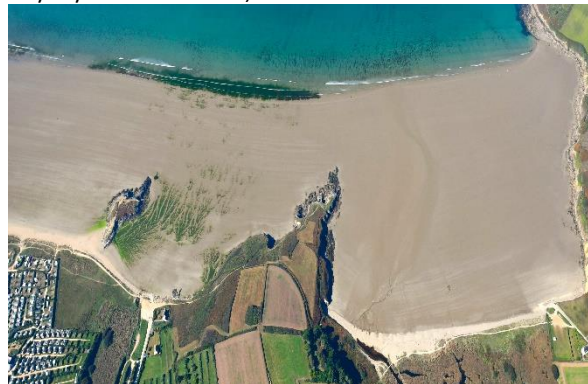
18/07/2023 : 100% Ulves



17/08/2023 : 100% Ulves



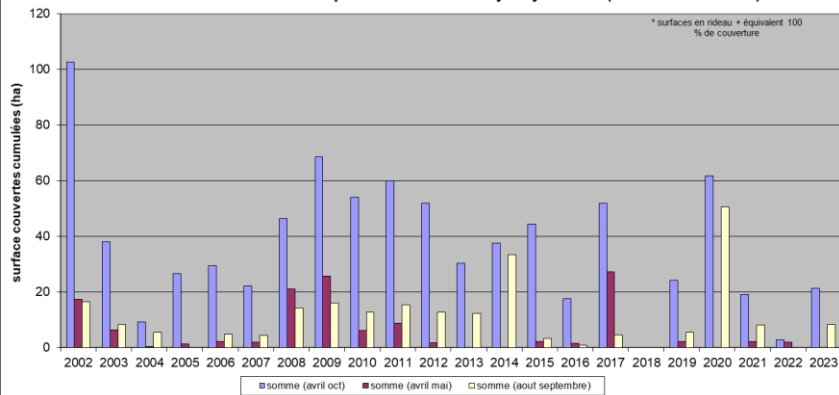
14/09/2023 : 95% Ulves/5% Ar



16/10/2023



Evolutions interannuelles 2002-2023 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 2023 sur le site SAINTE ANNE LA PALUD

17/04/2023



18/05/2023



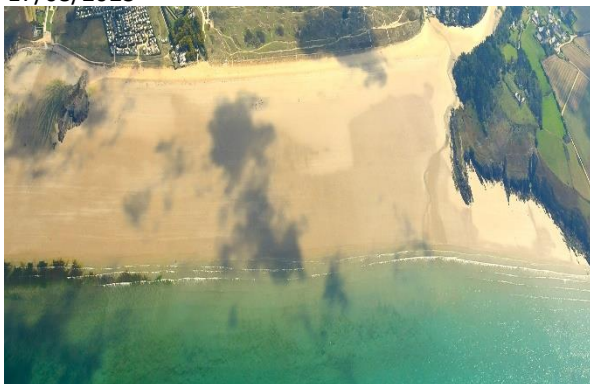
17/06/2023 : 0-20% Ulves/60-100% Entéros/0-20% Ar



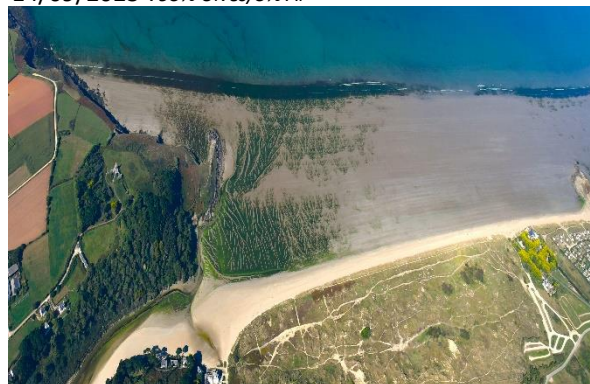
18/07/2023 : 100% Ulves



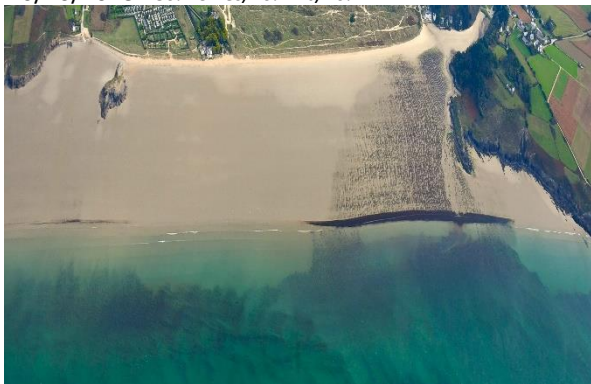
17/08/2023



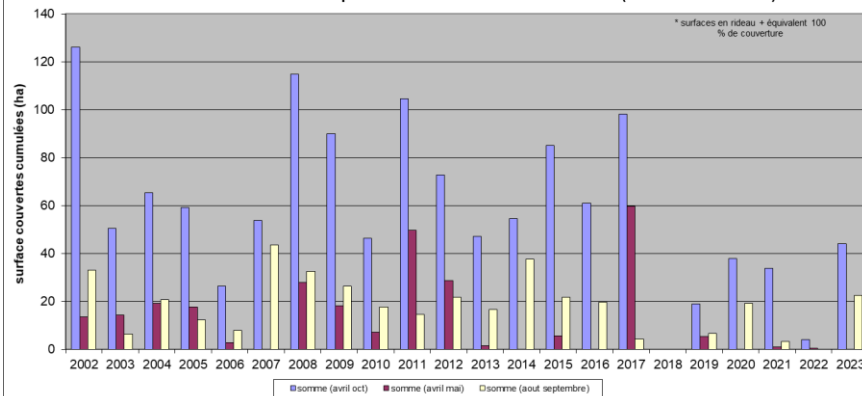
14/09/2023 : 95% Ulves/5% Ar



16/10/2023 : 80% Ulves/10% Ab/10% Ar



Evolutions interannuelles 2002-2023 par saison Cumul des surfaces couvertes par les ulves sur Sainte Anne la Palud (baie de Douarnenez) *

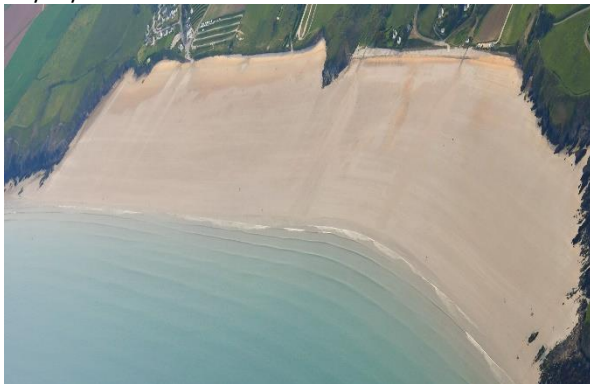


Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2023 sur le site KERVEL-TREZMALAOUEN

17/04/2023



18/05/2023



17/06/2023



18/07/2023 : 100% Ulves



17/08/2023 : 100% Ulves



14/09/2023 : 90% Ulves/10% Ar

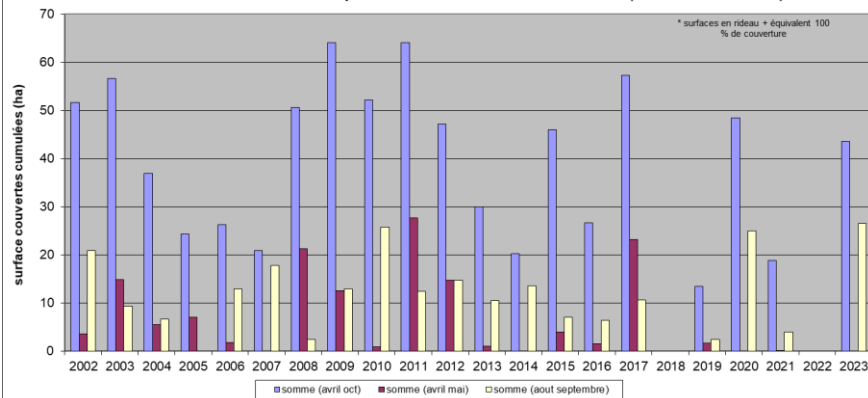


16/10/2023 : 95% Ulves/5% Ar



Evolutions interannuelles 2002-2023 par saison

Cumul des surfaces couvertes par les ulves sur Kervel/Trezmalaouen (baie de Douarnenez) *



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2023 sur le site RY

17/04/2023



18/05/2023 : 45% Ulves/10% Entéros/10% Ectos/20% Ab/15% Ar



17/06/2023 : 70-100% Ulves/0-30% Entéros



18/07/2023 : 90% Ulves/5% Ab/5% Ar



17/08/2023 : 10-85% Ulves/10-85% Ab/5% Ar



14/09/2023 : 100% Ulves

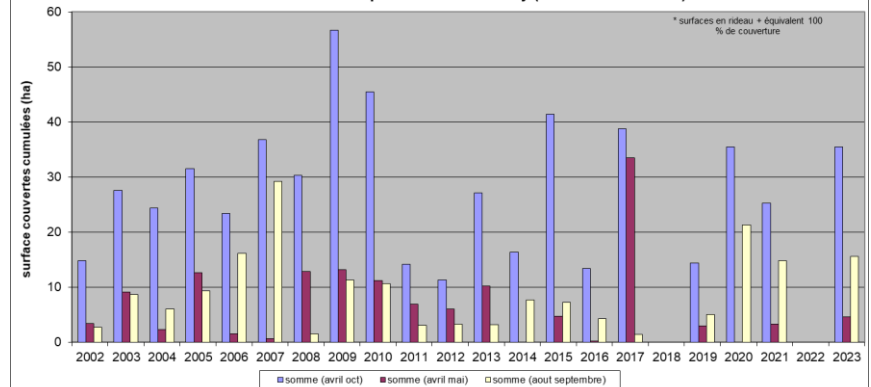


16/10/2023 : 95% Ulves/5% Ar



Evolutions interannuelles 2002-2023 par saison

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



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2023 sur le site CAP COZ

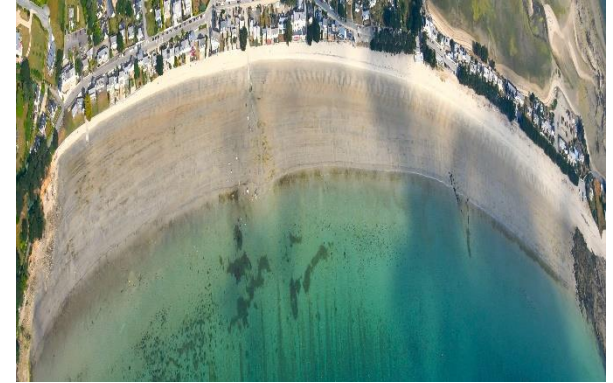
17/04/2023



18/05/2023 : 20% Ulves/10% Ab/70% Ar



17/06/2023 : 30% Ulves/40% Entéros/15% Ab/15% Ar



19/07/2023 : 5% Ulves/5% Entéros/45% Ab/45% Ar



17/08/2023 : 7% Ulves/3% Entéros/75% Ab/15% Ar



15/09/2023 : 5% Ulves/5-15% Ab/80-90% Soliéria

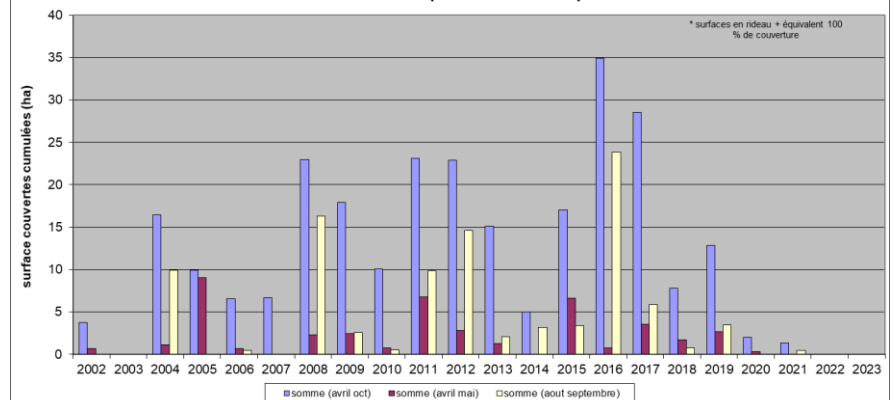


16/10/2023 : 10% Ulves/20% Ab/70% Ar



Evolutions interannuelles 2002-2023 par saison

Cumul des surfaces couvertes par les ulves sur Cap Coz*



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2023 sur le site KERLEVEN SAINT LAURENT

17/04/2023



18/05/2023 : 50% Ulves/5% Ab/45% Ar



17/06/2023 : 5% Ulves/60% Entéros/25% Ab/10% Ar



19/07/2023 : 0-10% Ulves/25-70% Ab/30-65% Ar



17/08/2023 : 15-60% Ulves/5-80% Ab/5-35% Ar



15/09/2023 : 20-80% Ulves/25-80% Entéros/5-70% Ectos/10-15% Ar

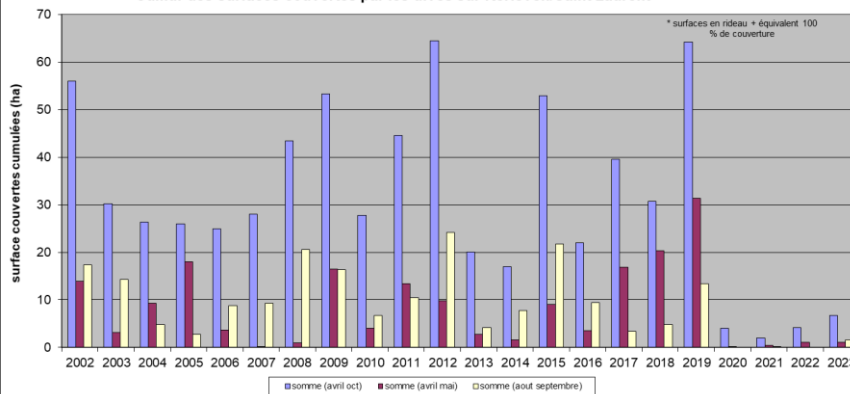


16/10/2023 : 40% Ulves/5% Ab/55% Ar



Evolutions interannuelles 2002-2023 par saison

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



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2023 sur le site CABELLOU

17/04/2023 : 10% *Ulva* sp.



18/05/2023 : 15% *Ulves*/5% *Entéros*/70% *Ab*/10% *Ar*



17/06/2023 : 0-3% *Ulves*/27-80% *Entéros*/0-65% *Ab*/5-20% *Ar*



19/07/2023 : 85-90% *Entéros*/10-15% *Ab*



17/08/2023 : 10% *Ulves*/40% *Entéros*/40% *Ab*/10% *Ar*



15/09/2023 : 5-10% *Ulves*/30-85% *Entéros*/10% *Ab*/0-45% *Ar*

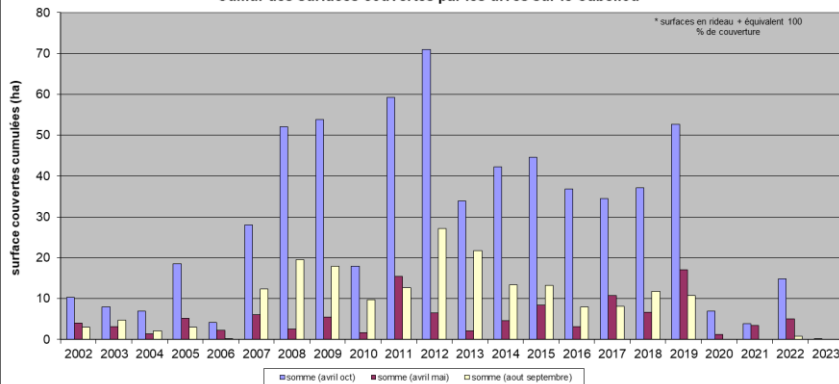


16/10/2023 : 20% *Ulves*/75% *Ab*/5% *Ar*



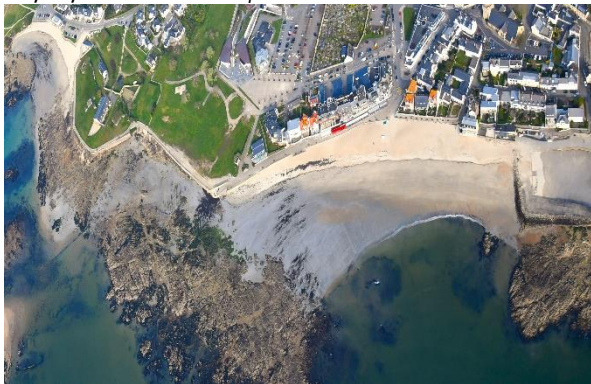
Evolutions interannuelles 2002-2023 par saison

Cumul des surfaces couvertes par les ulves sur le Cabelloou*



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2023 sur le site LARMOR PLAGE

17/04/2023 : 20% *Ulva* sp.



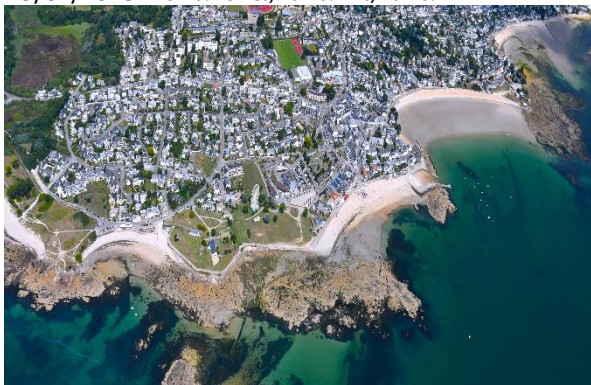
18/05/2023 : 75% *Ulves*/25% *Ar*



17/06/2023 : 85-90% *Ulves*/0-5% *Entéros*/10% *Ar*



19/07/2023 : 40-70% *Ulves*/10-40% *Ab*/20-20% *Ar*



17/08/2023 : 30-80% *Ulves*/0-10% *Entéros*/5-40% *Ab*/15-30% *Ar*



15/09/2023 : 60-75% *Ulves*/3-10% *Entéros*/5% *Ab*/15-30% *Ar*

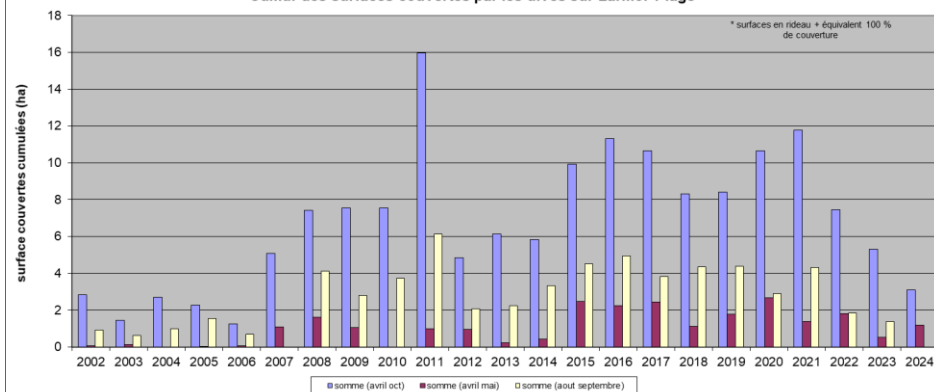


16/10/2023 : 40-50% *Ulves*/15-30% *Ab*/30-35% *Ar*-*Soliéria*



Evolutions interannuelles 2002-2023 par saison

Cumul des surfaces couvertes par les ulves sur Larmor Plage*



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2023 sur le site PORT LOUIS

17/04/2023 : 100% *Enteromorpha* sp.



18/05/2023 : 50-95% *Entéromorphes*/5-50% *Ulves*



17/06/2023 : 50-95% *Entéromorphes*/5-50% *Ulves*



19/07/2023 : 50-80% *Entéromorphes*/20-50% *Ulves*



17/08/2023 : 40% *Entéromorphes*/60% *Ulves*



15/09/2023 : 20% *Entéromorphes*/80% *Ulves*



16/10/2023 : 100% *Ulves*



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2023 sur le site RIA D'ETEL

17/04/2023 : 100% *Ulvaria* sp.



18/05/2023 : 100% *Ulves/Ulvaria*



17/06/2023 : 100% *Ulvaria*



19/07/2023 : 20-100% *Entéromorphes*/10-75% *Ulves-Ulvaria*



17/08/2023 : 100% *Entéromorphes*



15/09/2023 : 50-85% *Entéromorphes*/15-50% *Ulves*



16/10/2023 : 100% *Entéromorphes*



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2023 sur le site QUIBERON SABLES BLANCS

17/04/2023



18/05/2023 : 5% Ulves/95% Ar



17/06/2023 : 100% Ab



19/07/2023 : 50% Ab/50% Ar



17/08/2023 : 5% Ulves/10% Ab/85% Polysiphonia-Ceramium



15/09/2023 : 20% Ab/80% Ar



16/10/2023



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2023 sur le site AURAY

17/04/2023 : 50-100% *Ulva* sp./0-50% *Enteromorpha* sp.



18/05/2023 : 100% *Ulva* sp.



17/06/2023 : 100% *Ulva* sp.



19/07/2023 : 100% *Entéromorphes*



17/08/2023 : 100% *Entéromorphes*



15/09/2023 : 35% *Entéromorphes*/65% *Ulves*



16/10/2023 : 100% *ulves*



Evolution surfacique du développement d'algues vertes en 2023 sur le site ARCAL

17/04/2023 : 100% *Ulva* sp./*Gracilaria* sp.



18/05/2023 : 45% Entéromorphes/55% *Ulves*/Gracilaria sp.



17/06/2023 : 100% *Ulves*



19/07/2023 : 75% Entéromorphes/25% *Ulves*



17/08/2023 : 45% Entéromorphes/55% *Ulves*



15/09/2023 : 10-75% Entéromorphes/30-100% *Ulves*



16/10/2023 : 55% Entéromorphes/45% *Ulves*





ANNEXE 7

RAPPEL DES PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DES PROLIFERATION DE 2002 A 2021



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 Brieuc** 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 Brieuc** et sur les baies de l'est des Côtes d'Armor peu ou pas touchées par les ulves, en début de saison au moins (en lien avec la prolifération de 2011 présentant peu voire pas d'ulves en fin de saison). D'autres secteurs (baie de Douarnenez ou de la Forêt) étaient a contrario plutôt précoces en 2012,
- Un niveau **maximal atteint en juin, très inférieur aux années antérieures** (proche de la plus basse valeur mesurée en 2011 et niveau inférieur d'un tiers à la moyenne 2002-2011),
- une **diminution relativement forte à partir d'août**, en grande partie du fait de la baie de Saint Brieuc (ulves laissant la place à l'algue brune *Pylaiella*, majoritaire en fin de saison),
- Un niveau qui est, **sur août-septembre, particulièrement bas** (-50 % par rapport à la moyenne interannuelle 2002-2011),
- A noter, malgré ce bilan régional, des **situations locales qui peuvent être très disparates** : certaines baies ou anses ont connu en 2012 des échouages supérieurs à très supérieurs aux années « moyennes » (cas de l'anse du **Dossen, de Guisseney, 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 Brieuc** 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 Brieuc** (retour massif du *Pylaiella* comme constaté déjà en 2011 et 2012),
- Malgré cette situation régionale, les **disparités sont très fortes encore en 2013** avec certains secteurs côtiers fortement touchés par les proliférations (secteur du **Dossen** et le Finistère nord plus largement).

La saison **2014** était marquée par :



- Un **cumul annuel inférieur à la moyenne pluriannuelle 2002-2013** (- 38 %) mais supérieur aux deux années antérieures 2013 et 2012 (niveau identique à 2011). Après quatre années de niveau particulièrement bas, 2014 marque donc une **légère remontée**.
- Un démarrage en **2014 le plus tardif de la période 2002-2014** (surfaces en avril + mai : 7 fois inférieures à la moyenne 2002-2013)
- une prolifération "atypique" : **tardive voire très tardive sur certains secteurs** (« Saint Michel en Grève », en premier lieu mais également baie de « Douarnenez » ou anse de « Binic ») mais présentant une croissance soutenue en août-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 pluviosité très importantes en fin mai-début juin et ensoleillement intense à partir de mi-juin).



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

- L'année 2019 est apparue précoce au niveau régional (troisième année pour les surfaces d'avril, derrière 2017 et 2009), ce qui est largement lié à **la baie de Saint 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).

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'Étel étaient fortement couvertes d'algues vertes en avril et mai et présentaient en certains points des putréfactions.



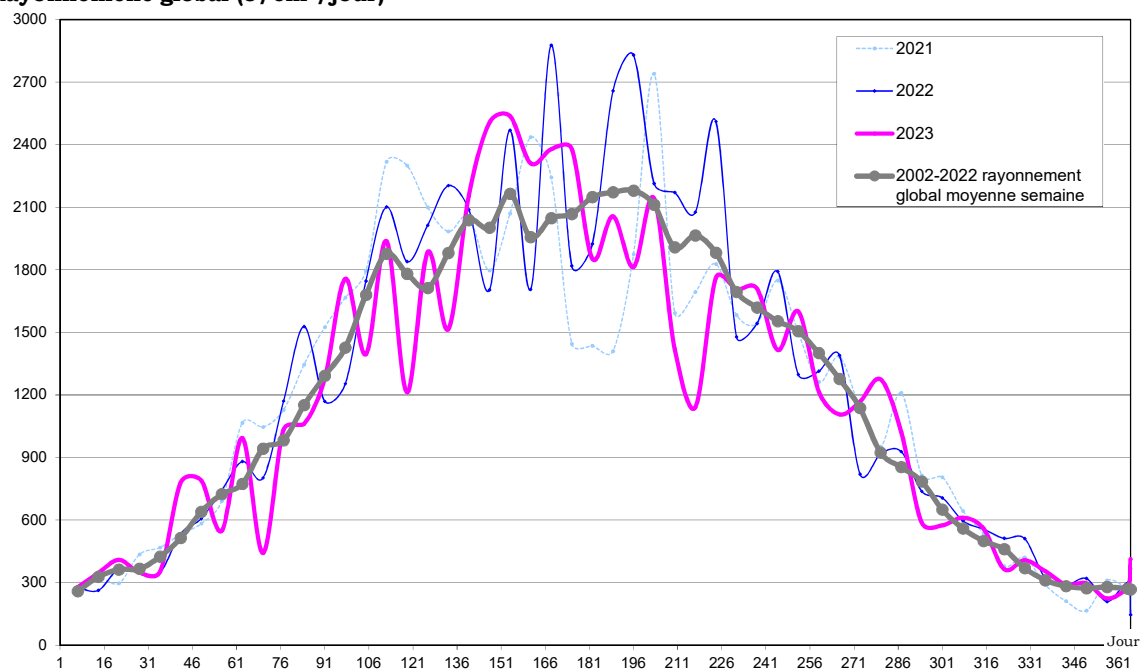
- La surface « régionale » couverte augmentait fortement en juin (doublement) et était, à cette date, de 47 % supérieure au niveau moyen de juin. En juillet, le niveau mesuré était identique à juin et sur la période juillet à octobre, chaque mois les surfaces étaient nettement supérieures au niveau interannuel (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 Brieuc, 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.



ANNEXE 8

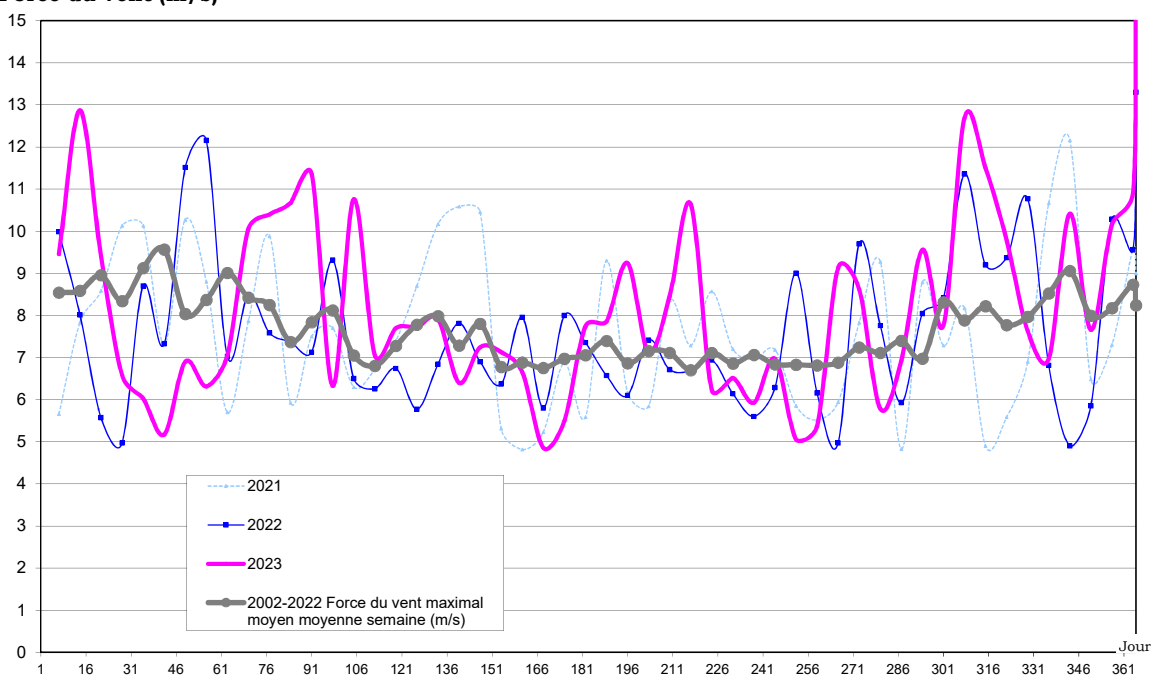
DONNEES METEO

Rayonnement global (J/cm²/jour)

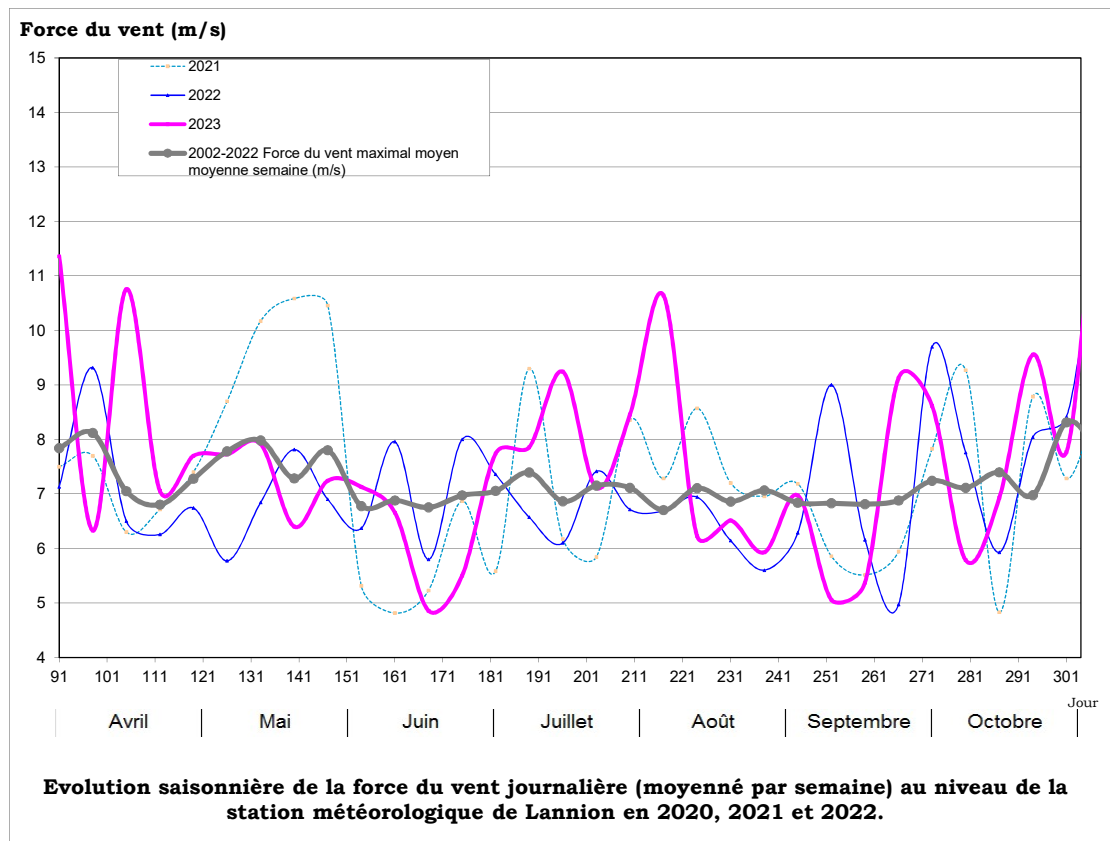
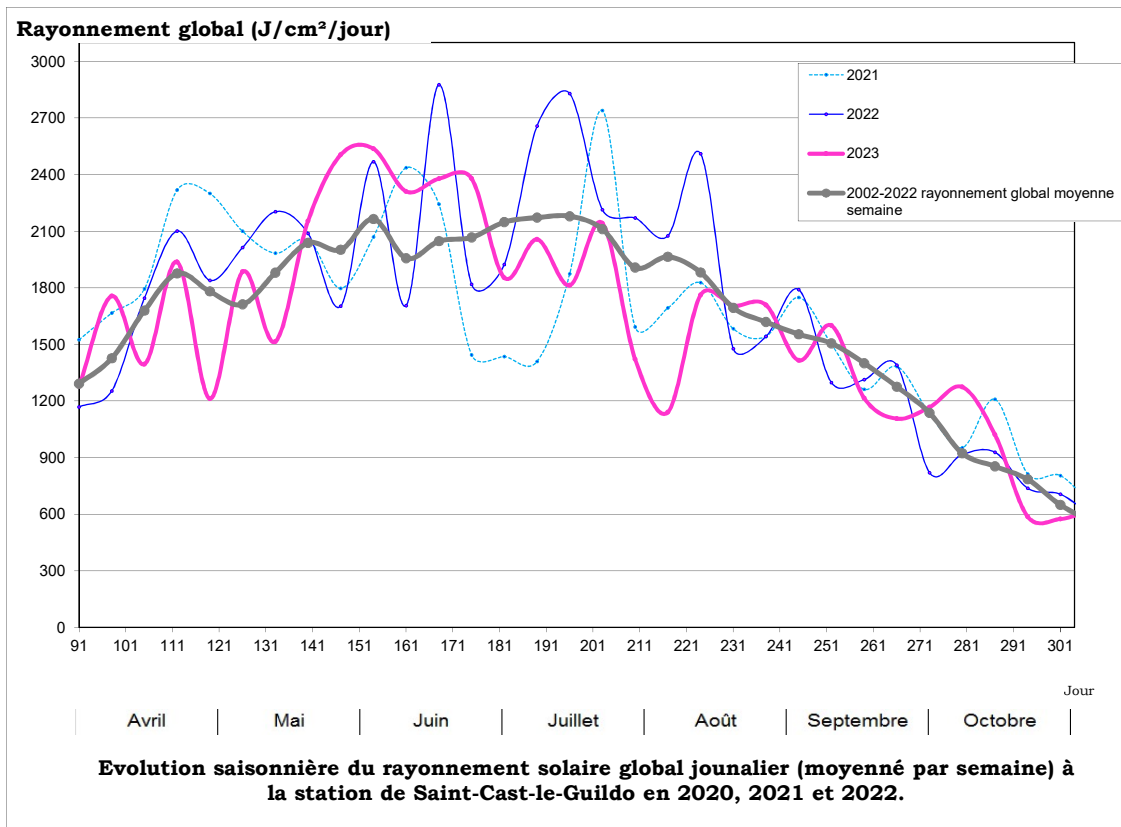


Evolution annuelle du rayonnement solaire global journalier (moyenné par semaine) à la station de Saint-Cast-le-Guido pour les années en 2021, 2022 et 2023.

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 2021, 2022 et 2023.

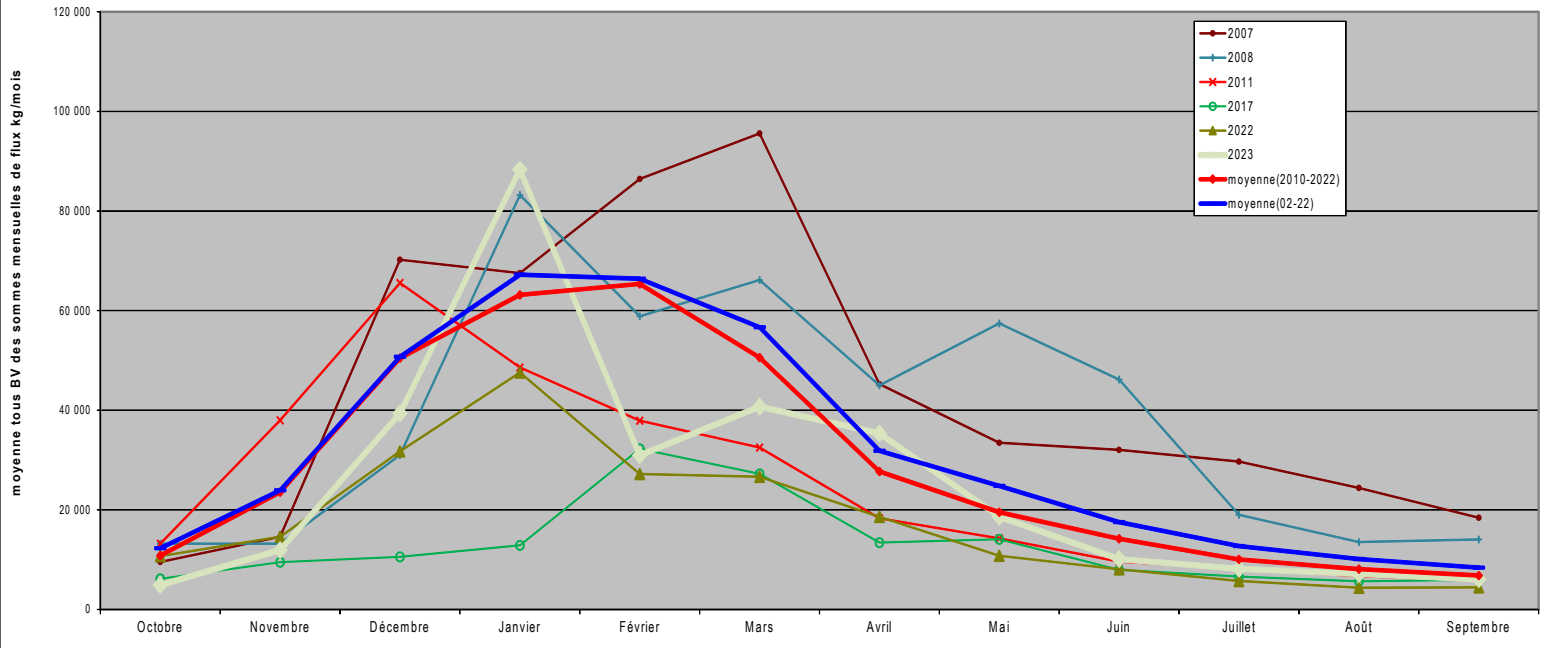




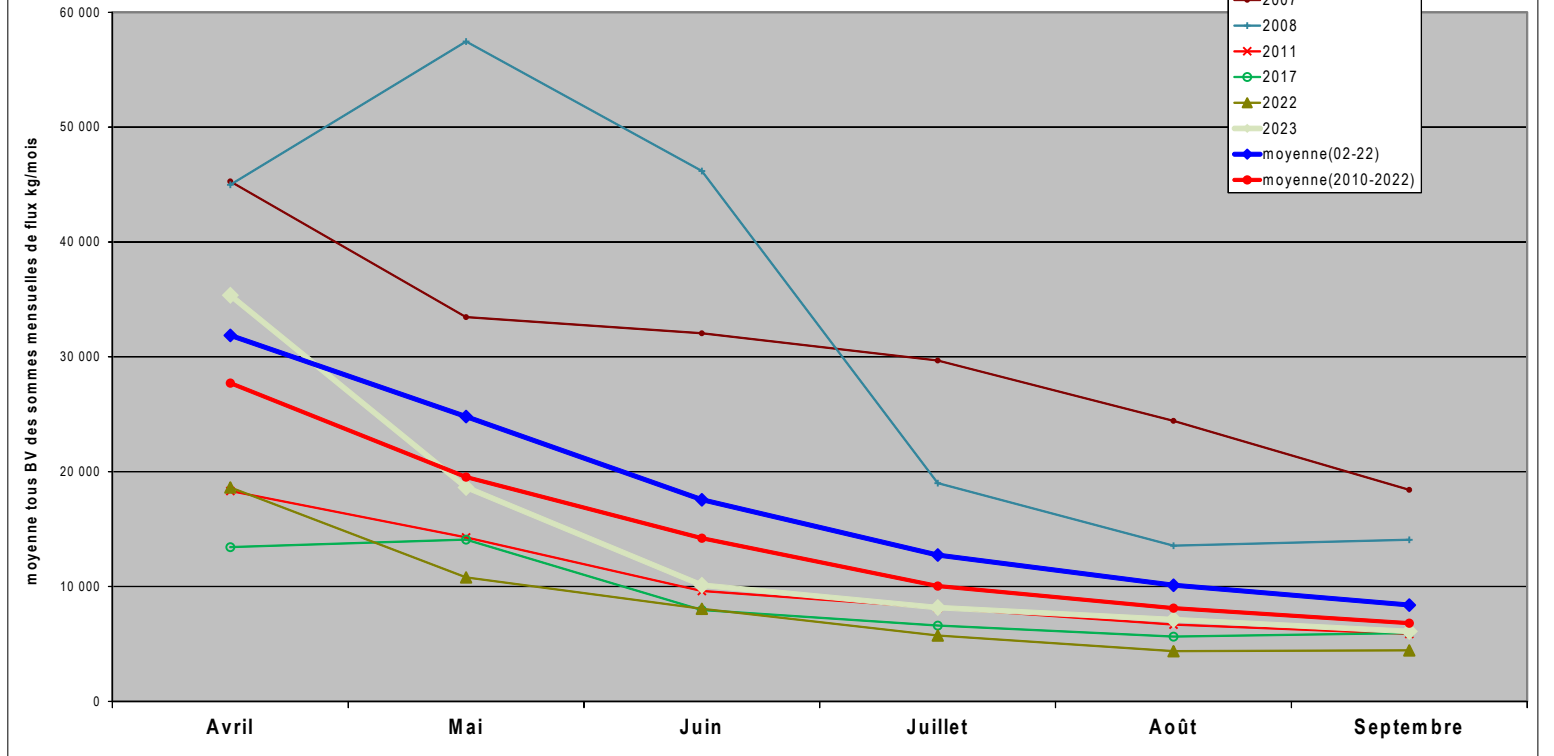
ANNEXE 9

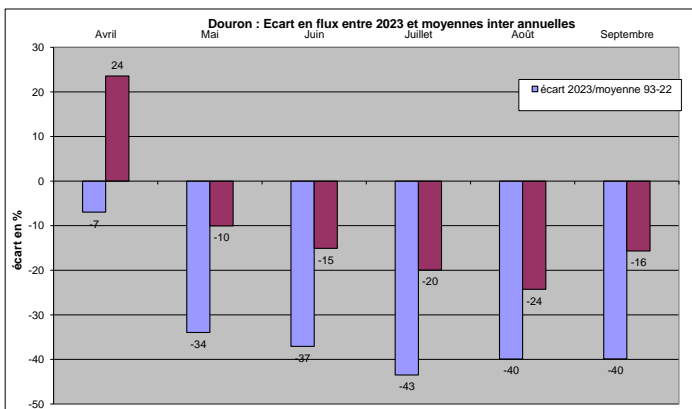
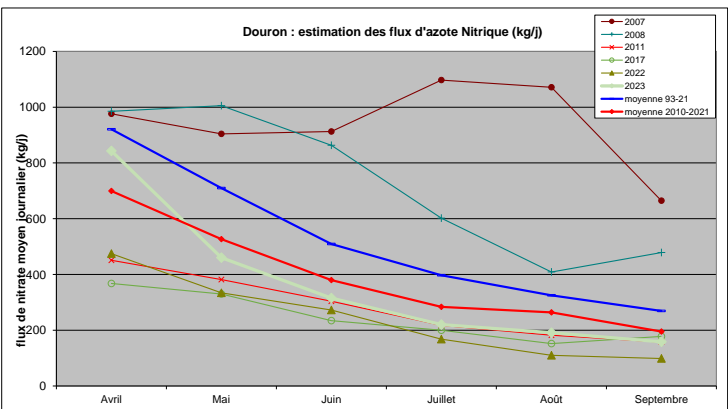
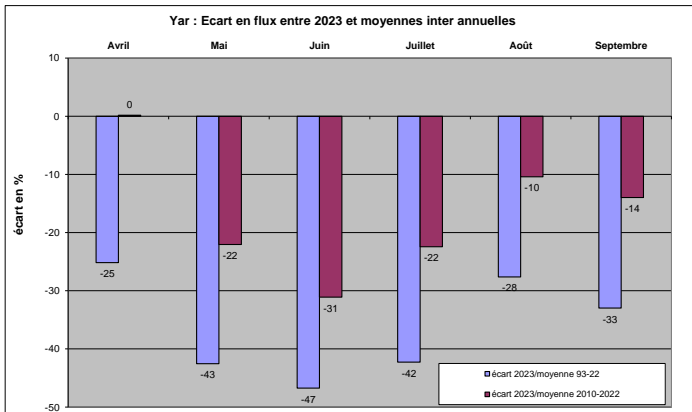
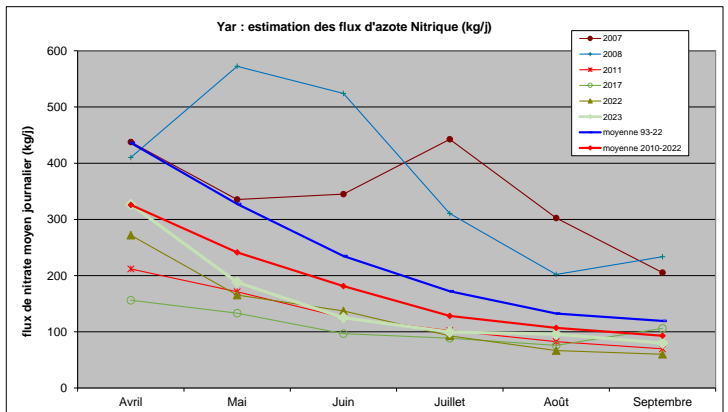
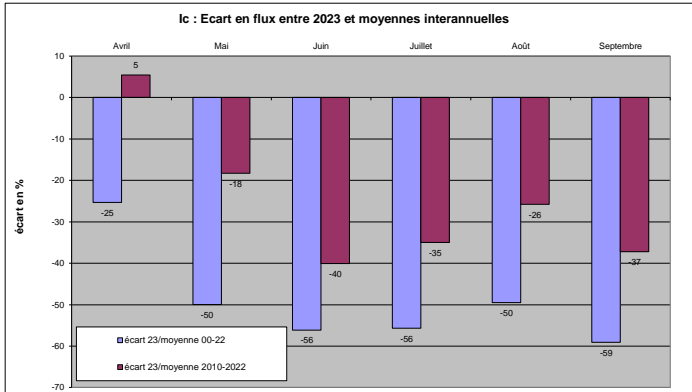
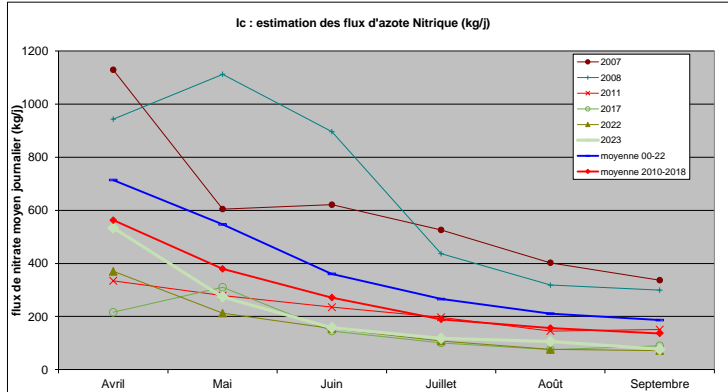
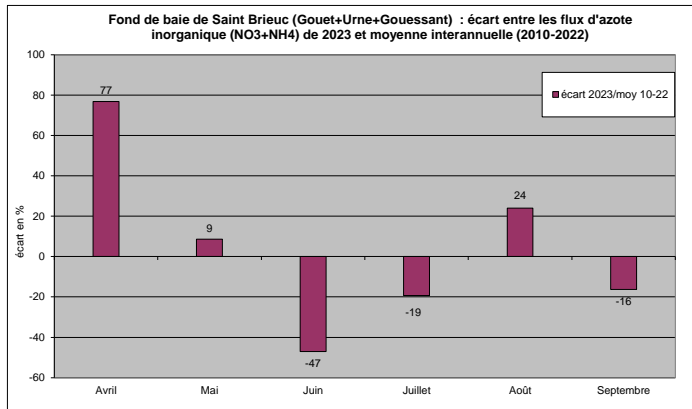
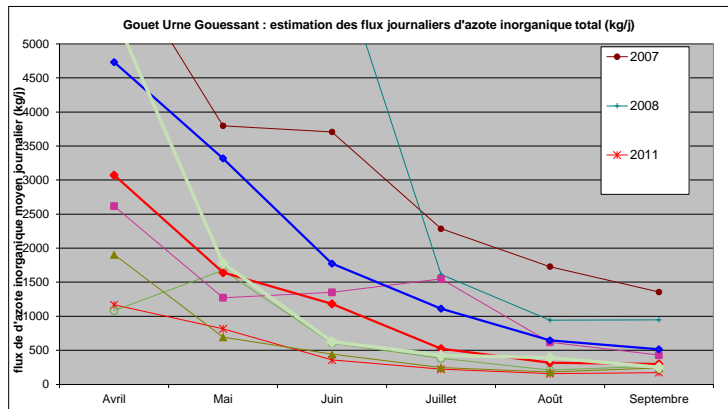
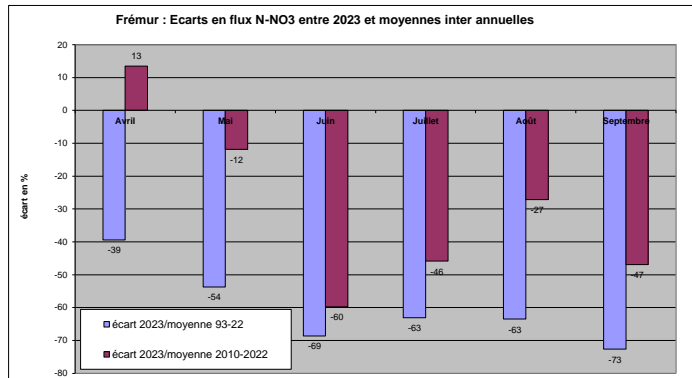
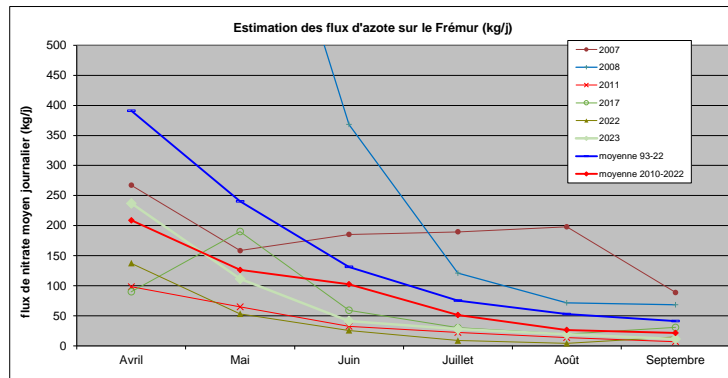
FLUX D'AZOTE

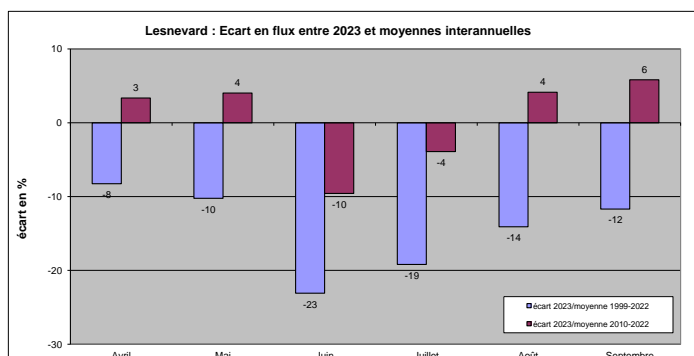
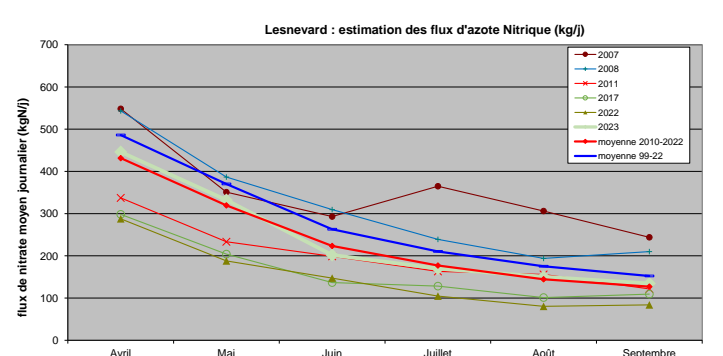
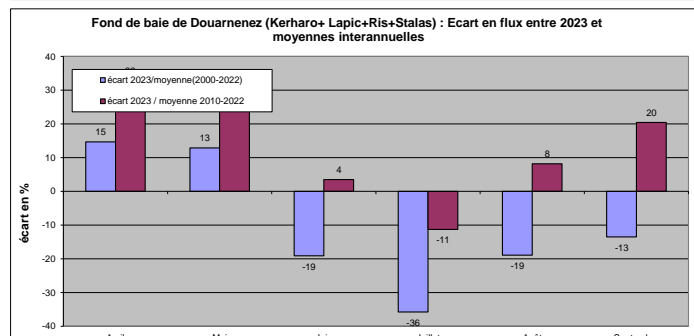
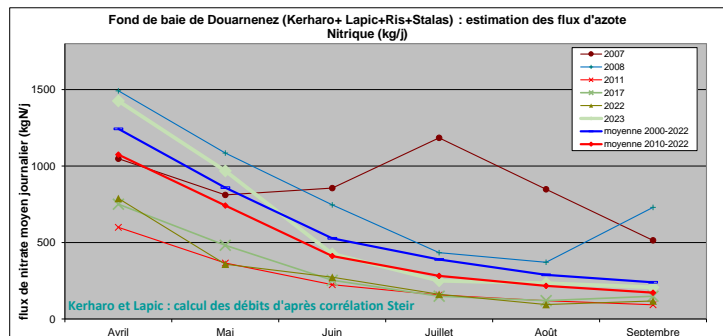
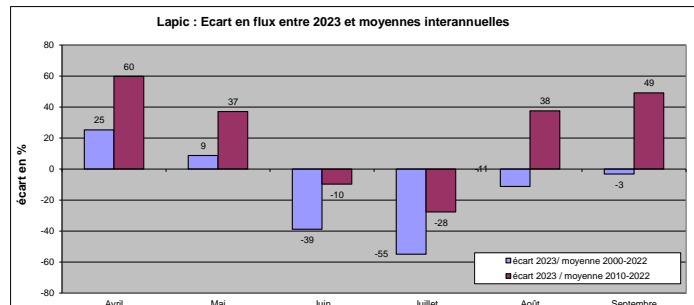
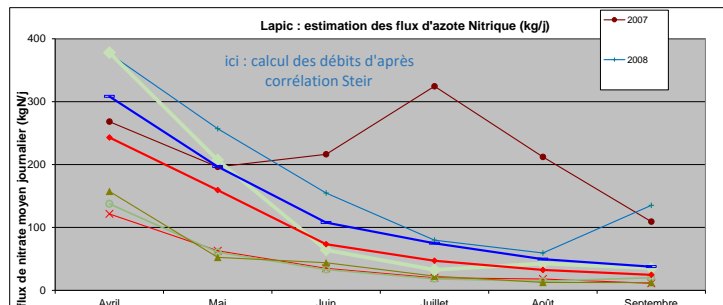
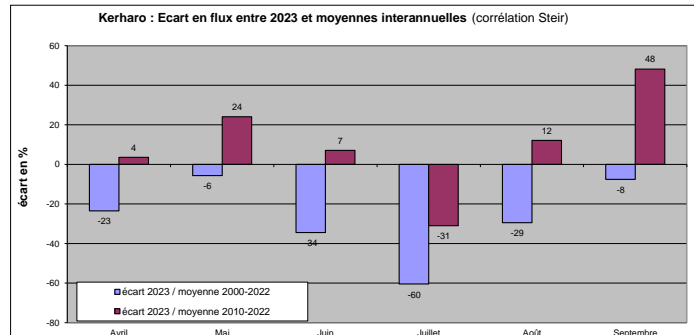
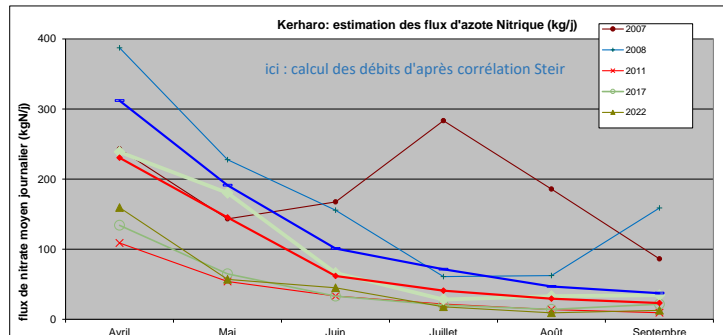
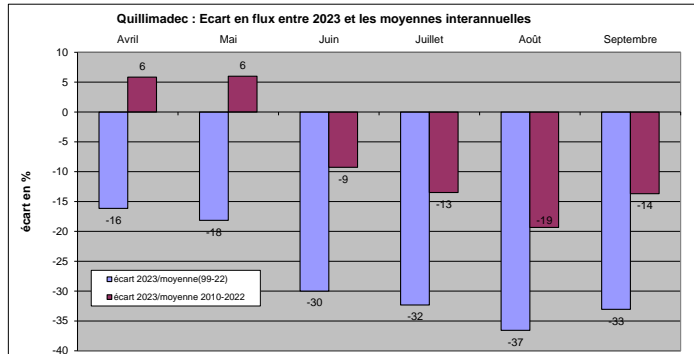
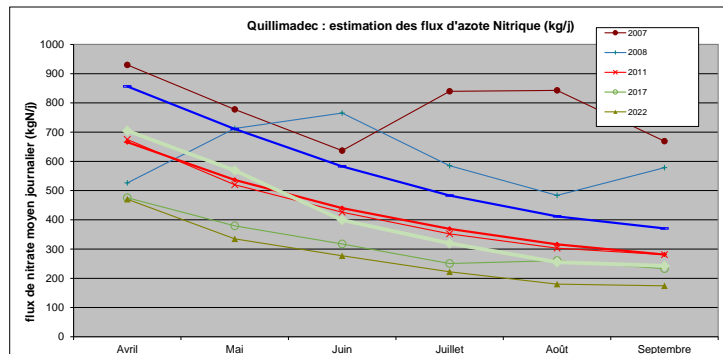
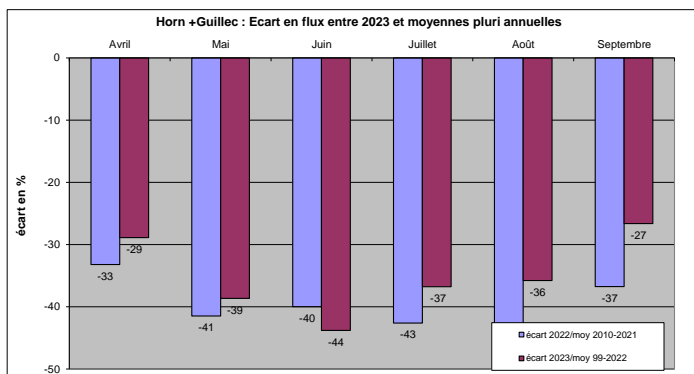
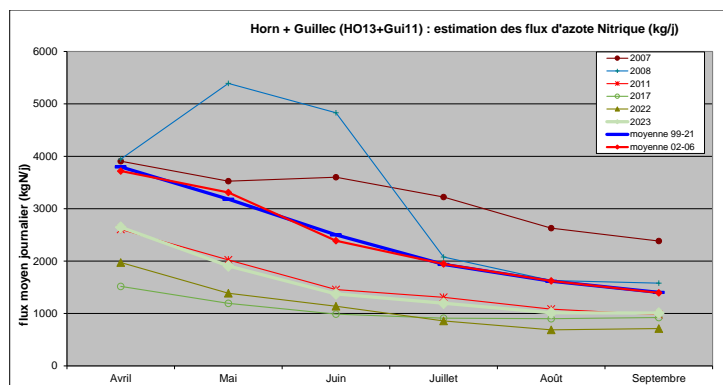
Flux NID mensuels moyens sur les BV AV



Flux NID mensuels moyens sur les BV AV







ANNEXE 10

LOCALISATION DES PRELEVEMENTS PAR DATE

Localisation des prélèvements - Saint Jouan des Guérets



Localisation des prélèvements - Fresnaye



Localisation des prélèvements - Morieux



Localisation des prélèvements - Binic



Localisation des prélèvements - Bréhec



Localisation des prélèvements - Trestel



Localisation des prélèvements - Saint Michel en Grève



Localisation des prélèvements - Locquirec



Localisation des prélèvements - Horn Guillec



Localisation des prélèvements - Guisseny



Localisation des prélèvements - Mogueran Corejou



Localisation des prélèvements - Aber Wrac'h



Localisation des prélèvements - Saint Anne La Palud



Localisation des prélèvements - Ry



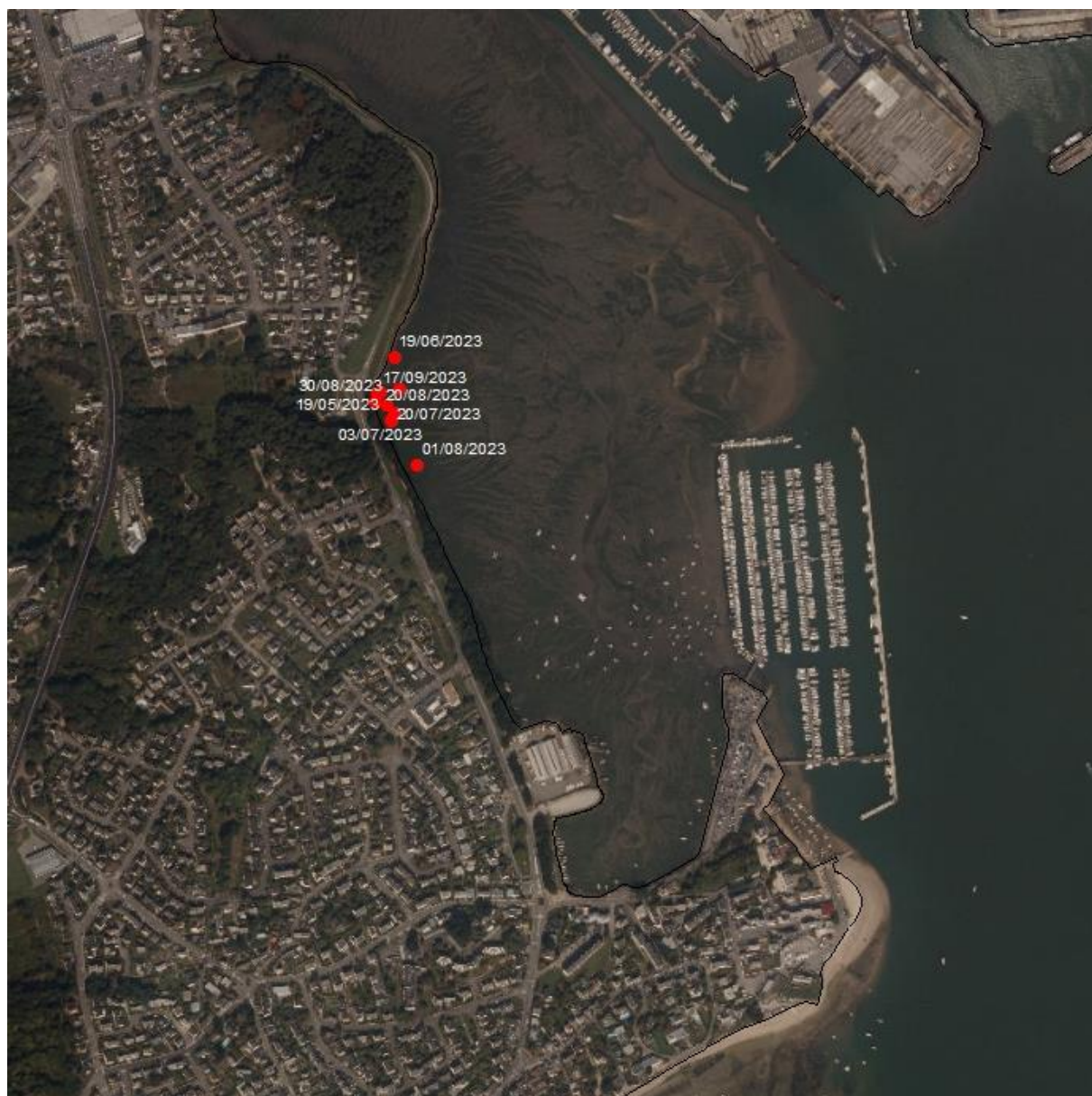
Localisation des prélèvements - Kerleven Saint Laurent



Localisation des prélèvements - Larmor Plage



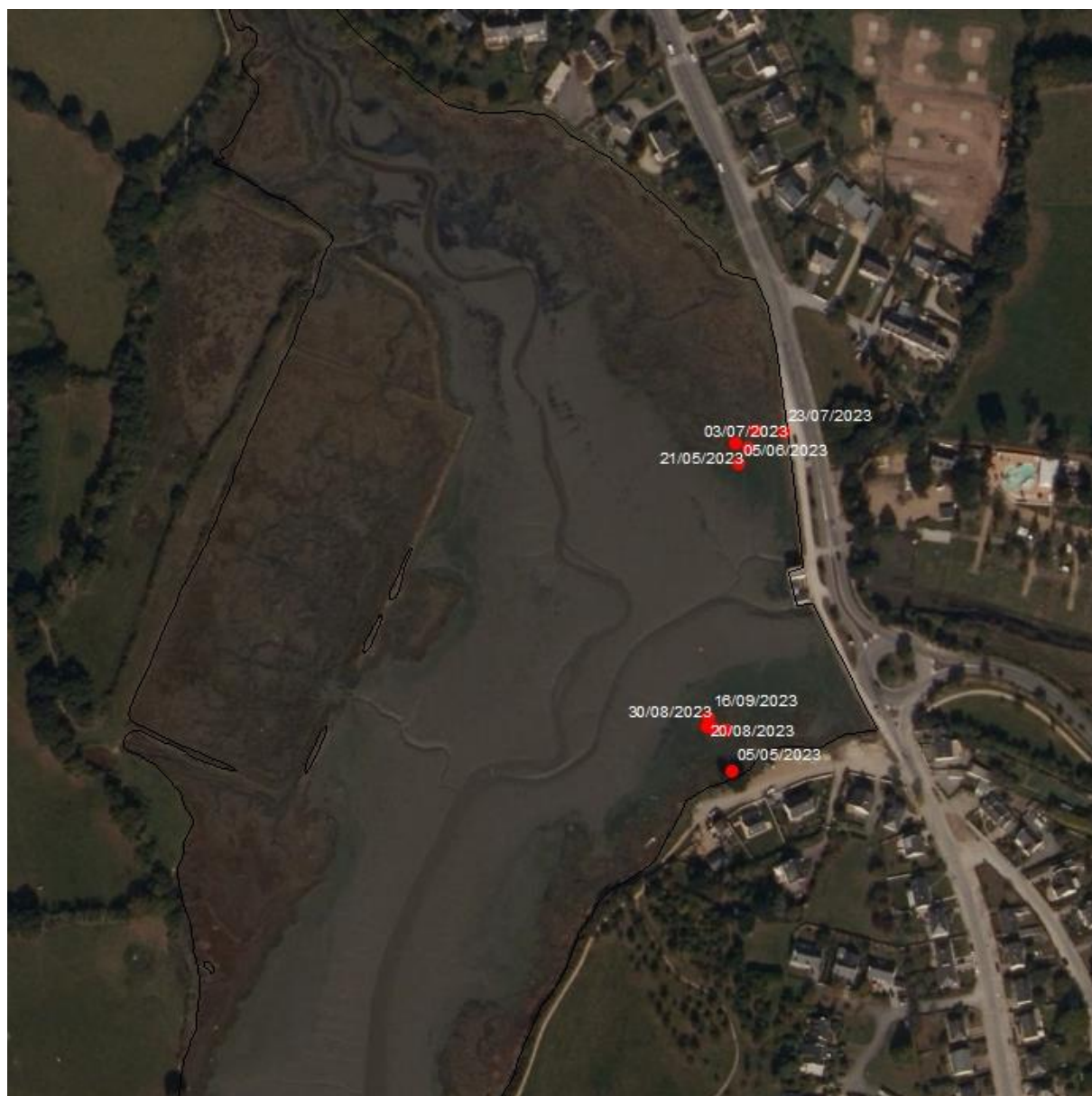
Localisation des prélèvements - Port Louis



Localisation des prélèvements - Arcal



Localisation des prélèvements - Sené



Localisation des prélèvements - Penvins



Localisation des prélèvements - Mine d'Or



Localisation des prélèvements - Fort Bloqué

