

CENTRE D'ÉTUDE
& DE VALORISATION
DES ALGUES

ALGAE TECHNOLOGY
& INNOVATION
CENTRE

Réseau de Contrôle Opérationnel - DCE 2023 Inventaire des marées vertes sur le littoral des Pays de la Loire - Ile de Ré

Justine LOUIS : Chef de Projet Environnement Marin

Sylvain BALLU : Chef de Projet Surveillance Marée Verte

Loïc CELLIER : Technicien Environnement

Clément DANIEL : Ingénieur de Projet Environnement et Géomatique

Sophie RICHIER : Responsable de Pôle EENVI



CEVA



Inventaire des marées vertes sur le littoral des Pays de la Loire à l'Ile de Ré

N° Dossier 20GC042



Site de « Ré-Portes en Ré », le 17/06/2023, photo CEVA



Sommaire

1. Contexte et objectifs.....	8
2. Matériels et méthodes.....	8
2.1 Contrôle opérationnel.....	8
2.1.1 Suivis aériens.....	8
2.1.2 Contrôles de terrain	11
2.1.3 Evaluation des surfaces de dépôts.....	11
2.2 Indices d'eutrophisation (N et P).....	12
2.2.1 Description de l'indicateur.....	13
2.2.2 Prélèvements, traitement et analyse des échantillons.....	13
3. Résultats	15
3.1. Estimation surfacique	15
3.1.1. Année 2023	15
3.1.2. Analyse pluriannuelle.....	19
3.2. Indices d'eutrophisation	22
3.2.1. Eléments d'interprétation des profils saisonniers.....	22
3.2.2. Analyse pluriannuelle des contenus tissulaires en azote et phosphore	24
3.3. Paramètres environnementaux	41
3.3.1. Débits et flux d'azote.....	41
3.3.2. Température de surface de l'eau de mer (SST)	47
3.3.3. Hauteur de la houle significative (Hs).....	50
4. Interprétations.....	53
5. Conclusion	54
Bibliographie.....	55
ANNEXES	56



Figures

Figure 1 : Sites suivis et trajet effectué par l'avion pour le suivi RCO de 2023 (suivis complémentaires aériens, terrain et indices d'eutrophisation).....	10
Figure 2 : Surfaces couvertes par les ulves, cumulées lors des 5 inventaires de mai à septembre 2023. Les surfaces sont exprimées en équivalent 100 % de couverture en ulves.	17
Figure 3 : Variation mensuelle des échouages d'ulves entre mai et septembre 2023. Les surfaces sont exprimées en ha équivalent 100 % de couverture en ulves.	18
Figure 4 : Surfaces couvertes par les ulves sur les sites du RCO de 2012 à 2023 : cumul des 5 dates annuelles d'inventaires (mai, juin, juillet, août et septembre) sur les 14 sites.....	19
Figure 5 : Contribution (%) des surfaces couvertes par les ulves en mai, juin, juillet, août et septembre sur l'ensemble des années de 2012 à 2023 pour les sites du RCO	20
Figure 6 : Surfaces couvertes par les ulves pour chaque site du RCO de 2012 à 2023 : cumul des 5 dates annuelles d'inventaires (mai, juin, juillet, août et septembre)	21
Figure 7 : Contribution (%) des surfaces couvertes par les ulves en mai, juin, juillet, août et septembre sur l'ensemble des années de 2012 à 2023 pour chaque site du RCO	22
Figure 8 : Localisation des points de prélèvement des algues (symbolisée par une croix rouge) pour l'analyse des contenus tissulaires en azote et en phosphore. Les « délimitations » (établies par le CEVA) des sites étudiés (« Pen-Bé » et « Mesquer ») sont représentées par un polygone blanc.	24
Figure 9 : Evolution interannuelle (2012-2023) des contenus tissulaires des ulves en azote et phosphore sur les sites de « Pen-Bé » (baie de Pont-Mahé) et « Mesquer » (Plage de Lanséria). La ligne rouge en trait pointillé indique le quota critique. La ligne rouge en trait plein indique le quota de subsistance.	26
Figure 10 : Localisation du point de prélèvement des algues (symbolisée par une croix rouge) pour l'analyse des contenus tissulaires en azote et en phosphore. La « délimitation » (définie par le CEVA) du site étudié (« Piriac-sur-Mer ») est représentée par un polygone blanc.	27
Figure 11 : Evolution interannuelle (2012-2023) des contenus tissulaires des ulves en azote et phosphore sur le site de « Piriac-sur-Mer » (Plage Saint-Michel). La ligne rouge en trait pointillé indique le quota critique. La ligne rouge en trait plein indique le quota de subsistance.	28
Figure 12 : Localisation du point de prélèvement des algues (symbolisée par une croix rouge) pour l'analyse des contenus tissulaires en azote et en phosphore. La « délimitation » (définie par le CEVA) du site étudié (« Le Croisic ») est représentée par un polygone blanc.....	28
Figure 13 : Evolution interannuelle (2012-2023) des contenus tissulaires des ulves en azote et phosphore sur le site « Le Croisic » (Baie de Saint-Goustan). La ligne rouge en trait pointillé indique le quota critique. La ligne rouge en trait plein indique le quota de subsistance.	29
Figure 14 : Localisation du point de prélèvement des algues (symbolisée par une croix rouge) pour l'analyse des contenus tissulaires en azote et en phosphore. La « délimitation » (définie par le CEVA) du site étudié (« La Baule ») est représentée par un polygone blanc.	30
Figure 15 : Evolution interannuelle (2012-2023) des contenus tissulaires des ulves en azote et phosphore sur le site de « La Baule » (Anse du Toulon). La ligne rouge en trait pointillé indique le quota critique. La ligne rouge en trait plein indique le quota de subsistance.	31
Figure 16 : Localisation du point de prélèvement des algues (symbolisée par une croix rouge) pour l'analyse des contenus tissulaires en azote et en phosphore. La « délimitation » (définie	



par le CEVA) du site étudié (« Préfailles – La Plaine-sur-Mer ») est représentée par un polygone blanc.....	31
Figure 17 : Evolution interannuelle (2012-2023) des contenus tissulaires des ulves en azote et phosphore sur le site de « Préfailles – La Plaine-sur-Mer » (Plage de la Tara). La ligne rouge en trait pointillé indique le quota critique. La ligne rouge en trait plein indique le quota de subsistance.....	32
Figure 18 : Localisation des points de prélèvement des algues (symbolisée par une croix rouge) pour l'analyse des contenus tissulaires en azote et en phosphore. Les « délimitations » (définies par le CEVA) des sites étudiés (« Noirmoutier-Vieil », « Noirmoutier-Epine », « Noirmoutier-Guérinière », « Noirmoutier – La Fosse ») sont représentées par un polygone blanc.	33
Figure 19 : Evolution interannuelle (2012-2023) des contenus tissulaires des ulves en azote et phosphore sur les sites de « Noirmoutier-Vieil » et « Noirmoutier-Epine ». La ligne rouge en trait pointillé indique le quota critique. La ligne rouge en trait plein indique le quota de subsistance.....	35
Figure 20 : Evolution interannuelle (2012-2023) des contenus tissulaires des ulves en azote et phosphore sur les sites de « Noirmoutier-Guérinière » et « Noirmoutier-La Fosse ». La ligne rouge en trait pointillé indique le quota critique. La ligne rouge en trait plein indique le quota de subsistance.	36
Figure 21 : Localisation des points de prélèvement des algues (symbolisée par une croix rouge) pour l'analyse des contenus tissulaires en azote et en phosphore. Les « délimitations » définies par le CEVA des sites étudiés (« Tranche-sur-Mer », « Ré-La-Flotte », « Ré – Saint-Martin-en-Ré », « Ré-Portes-en-Ré ») sont représentés par un polygone blanc.....	37
Figure 22 : Evolution interannuelle (2012-2023) des contenus tissulaires des ulves en azote et phosphore sur les sites de « La Tranche-sur-Mer » (Anse du Maupas – La Grande Plage) et « Ré la Flotte en Ré » (Plage de la Clavette). La ligne rouge en trait pointillé indique le quota critique. La ligne rouge en trait plein indique le quota de subsistance.	39
Figure 23 : Evolution interannuelle (2012-2023) des contenus tissulaires des ulves en azote et phosphore sur les sites de « Ré-Saint Martin en Ré » (rempart du Vert Clos), et « Ré-Portes en Ré » (Plage du Gros Jonc). La ligne rouge en trait pointillé indique le quota critique. La ligne rouge en trait plein indique le quota de subsistance.....	40
Figure 24 : Evolution temporelle des débits journaliers de La Charente, La Dordogne, La Garonne, La Loire, La Sèvre Niortaise et La Vilaine de janvier 2002 à janvier 2024.	43
Figure 25 : Comparaison des débits pour la saison 2022/2023 (d'octobre année n-1 à septembre année n) avec la moyenne des débits collectés pour les saisons précédentes (2002/2003 à 2021/2022). A gauche : la ligne noire trait plein représente les débits pour la saison 2022/2023 ; la ligne rouge en pointillée représente la moyenne des débits antérieurs. A droite : Différence de débit (en %) entre la saison 2022/2023 et la moyenne (2002/2003-2021/2022).....	44
Figure 26 : Evolution temporelle des concentrations mensuelles en nitrate de La Charente, La Dordogne, La Garonne, La Loire, La Sèvre Niortaise et La Vilaine à partir de janvier 2002.	45
Figure 27 : A Gauche : Comparaison des flux en nitrate pour les saisons 2022/2023 (ligne noire trait plein) (d'octobre année n-1 à septembre année n) avec la moyenne des flux collectés pour les saisons précédentes (ligne rouge en pointillée). A droite : Différence de flux (en %) entre la saison 2022/2023 et la moyenne (2002/2003-2022/2023).....	46
Figure 28 : Localisation des données SST à partir du satellite AQUA-MODIS.....	47



Figure 29 : Evolution des températures moyennes sur la période de mars à mai de surface de l'eau de mer (SST ; °C) de 2003 à 2022. La droite rouge en pointillée correspond à une courbe de tendance linéaire avec équation de la droite annotée..... 48

Figure 30 : Comparaison des températures de surface de l'eau de mer (SST ; °C) pour les mois de mars, avril et mai entre l'année 2023 et les années antérieures (de 2003 à 2022). A gauche : la ligne noire trait plein représente les températures pour l'année 2022 ; la ligne rouge en pointillée représente la moyenne des températures des années antérieures (barre d'erreur en rouge calculée sur la période 2003-2022). A droite : Différence de température (en %) entre l'année 2023 et la moyenne (2003-2022). 49

Figure 31 : Localisation des données Hs à partir du modèle MARC-WW3. 50

Figure 32 : Evolution de la houle significative (Hs; m) de janvier 2012 à janvier 2024 à partir du modèle MARC-WW3..... 51

Figure 33 : Comparaison de la houle significative (Hs : m) pour la saison 2022/2023 (d'octobre année n-1 à septembre année n) avec celle moyennée pour les saisons précédentes (2012/2013 à 2021/2022). A gauche : la ligne noire trait plein représente la moyenne mensuelle Hs pour la saison 2022/2023 ; la ligne rouge en pointillée représente la moyenne mensuelle Hs pour les saisons précédentes. A droite : Différence (en %) entre la saison 2022/2023 et la moyenne (2012/2013-2021/2022)..... 52



Tableaux

Tableau 1 : Date et coefficients de marées des survols dans le cadre du contrôle opérationnel 2022.....	8
Tableau 2 : Dates de réalisation des contrôles de terrain suite aux survols.....	11
Tableau 3 : Liste des sites proposés pour le suivi RCO de 2022 (suivis complémentaires aériens, terrain et indices d'eutrophisation). Concernant le suivi des contenus internes en azote et en phosphore (indice d'eutrophisation), chaque site a été visité 10 fois et les prélèvements d'échantillon d'algues vertes ont été effectués à chaque fois que les quantités d'ulves présentes le permettaient.	14
Tableau 4 : Classement des sites concernés par des échouages d'ulves sur les 5 inventaires de l'année 2022	15



1. Contexte et objectifs

Depuis 2007, le CEVA est en charge du réseau de contrôle de surveillance (RCS) du littoral « Loire Bretagne », du Mont-Saint-Michel à l’Ile de Ré concernant les proliférations d’algues vertes, dans le cadre de la Directive Cadre sur l’Eau (DCE). Ce suivi comprend trois survols aériens, en mai, juillet et septembre, des contrôles de terrain, les estimations surfaciques et classement des masses d’eau ainsi qu’une enquête sur les échouages et les ramassages d’algues vertes.

Sur le littoral du Pays de Loire à l’Ile de Ré, ce suivi est, depuis 2012, complété par 2 vols supplémentaires effectués en juin et août, des contrôles de terrain et estimations surfaciques, dans le cadre du réseau de contrôle opérationnel (RCO), objet du présent rapport.

Le but du RCO est de décrire plus précisément l’évolution saisonnière et interannuelle du phénomène sur ce littoral. Cette description plus précise en surface permet, avec d’autres indicateurs (analyses des contenus en azote et phosphore des tissus algaux) mis en œuvre dans ce programme RCO, de préciser le niveau d’eutrophisation atteint par chaque site et de mettre en évidence les progrès, moyens et long termes, apportés par les plans de mesure des Schémas d’Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) au niveau des Bassins Versants (BV) pour la restauration des sites touchés par les proliférations d’algues vertes.

2. Matériels et méthodes

Les méthodes de suivis aérien et traitement des données surfaciques utilisées dans le cadre du présent suivi RCO sont les mêmes que celles déployées dans le cadre du suivis RCS. Pour plus de détails, se reporter au rapport RCS Loire Bretagne 2023 (« Suivi des blooms de macroalgues opportunistes sur le littoral Loire-Bretagne, Contrôle de Surveillance (RCS) : Inventaires et qualification des masses d’eau – année 2023 »)

2.1 Contrôle opérationnel

2.1.1 Suivis aériens

Deux survols additionnels ont été effectués en juin et août sur les principaux secteurs suivis depuis 2007 afin de disposer d’une information mensuelle en période maximale d’échouage et d’apprécier l’évolution interannuelle, la durée et la dynamique des échouages sur les 14 sites « opérationnels » retenus dans le CCTP. Les dates de réalisation des survols et coefficients de marée sont décrites dans le

Tableau 1.

Tableau 1 : Date et coefficients de marées des survols dans le cadre du contrôle opérationnel 2023

	Date	Coefficient de marée
Juin	17/06/2023	72
Août	19/08/2023	81



La Figure 1 présente les 14 sites retenus dans ce programme pour les acquisitions aériennes et les évaluations surfaciques. Cette liste a été arrêtée en considérant les surfaces d'échouage relevées les années antérieures et le fait que les échouages y sont *a priori* réguliers et accessibles à l'échantillonnage, pour ce qui est des indices d'eutrophisation. Comme prévu au CCTP, pour minimiser les coûts, chaque survol est effectué sur une seule journée de la baie de Pont Mahé (limite nord-ouest des Pays de la Loire) à la pointe nord de l'île de Ré (cela implique un décalage entre l'heure de survol et la marée basse de plus ou moins une heure : en avance en début de survol et en retard en fin de survol).

Les survols sont planifiés pour correspondre au mieux aux heures de basse mer des zones survolées et lors des coefficients de marée les plus forts (supérieurs à 75 quand cela est possible) afin de pouvoir observer de manière optimale les dépôts d'algues sur l'estran. Ces conditions doivent coïncider avec une bonne visibilité et un plafond nuageux suffisamment haut pour acquérir des photographies qui soient à des échelles convenables. Si les conditions le permettent, l'altitude de vol est comprise entre 1 500 et 3 000 pieds.

En plus du pilote, un photographe est à bord. Les photos prises sont directement géolocalisées à l'aide d'un GPS couplé à l'appareil photo. De retour à terre, le dépouillement des photos permet de préciser les secteurs, au sein des 14 sites, qui devront faire l'objet de contrôles de terrain.

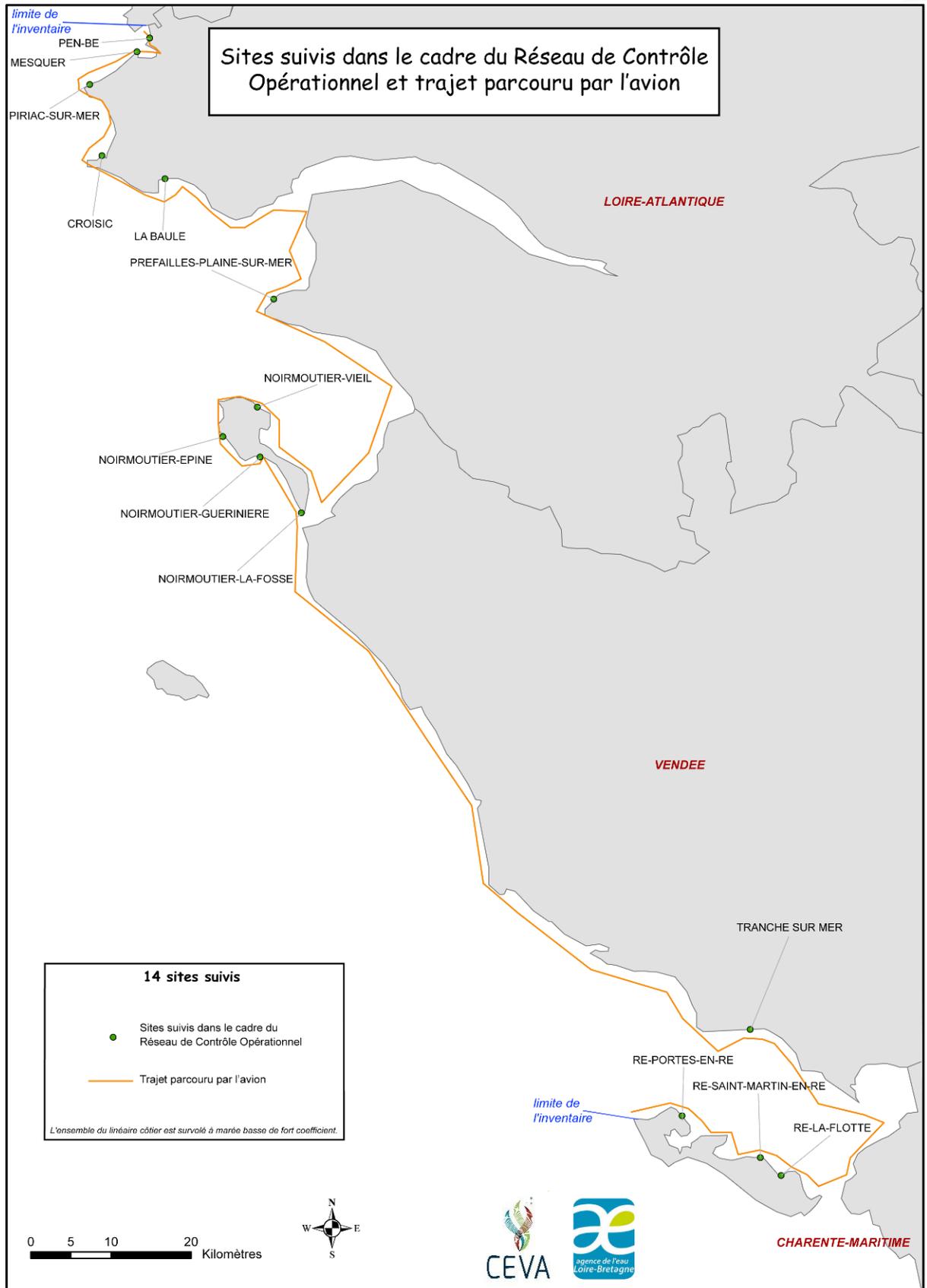


Figure 1 : Sites suivis et trajet effectué par l'avion pour le suivi RCO de 2023 (suivis complémentaires aériens, terrain et indices d'eutrophisation).



2.1.2 Contrôles de terrain

Une fois la liste des secteurs à contrôler établie, l'équipe de terrain est rapidement mobilisée et dépêchée sur le terrain afin de valider ou non le constat de site d' « échouage d'ulves ». Les opérateurs de terrain relèvent les proportions des différentes algues en échouage, en font des constats photographiques, recueillent, si besoin, des échantillons d'algues pour les identifier. Les informations relatives au type de dépôt et au mode de croissance (présence de bases de fixation et morphologie de l'algue indicatrices d'une phase fixée récente dans la vie de l'algue) sont également répertoriées. Ces informations sont ensuite archivées sous forme de fiches de terrain et les données sont 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 (en lame), qu'elles sont non fixées et représentent visuellement plus d'un tiers de l'échouage (ou du rideau de bas de plage).**

Les dates de réalisations des contrôles de terrain effectués lors de la campagne 2022 sont présentées dans le Tableau 2.

Tableau 2 : Dates de réalisation des contrôles de terrain suite aux survols.

Inventaire	Dates
Juin	19 au 21 juin 2023
Août	20 au 24 août 2023

2.1.3 Evaluation des surfaces de dépôts

Seuls les sites qui ont été classés comme touchés par des échouages d'ulves (définis sur les critères décrits dans le précédent paragraphe 2.1.2) **font l'objet d'une évaluation de la surface couverte par les ulves.**

Pour chaque site à évaluer, les photos les plus adaptées à la détermination des couvertures par les ulves sont sélectionnées pour être géoréférencées. Le nombre de photos à traiter varie en fonction de la taille du site et de l'altitude de vol. L'obliquité des photographies impose, en effet, de rectifier les clichés par géoréférencement pour obtenir des surfaces conformes à la réalité. Pour les sites présentant de vastes estrans et nécessitant de nombreuses prises de vues pour couvrir l'ensemble des dépôts à une résolution adaptée, et lorsque la qualité des prises de vues aériennes le permet (peu de nuages, recouvrement suffisant entre les photos), il est possible d'utiliser les techniques de photogrammétrie pour réaliser des « mosaïques orthorectifiées ». Cette méthode permet, entre autre, d'optimiser la précision et la résolution du géoréférencement, ainsi que le volume de données. Ainsi, une photo de bonne résolution (zoomée) mais présentant peu ou pas d'amers stables dans le temps (donc pas disponible sur les ortholittorales ni dans les bases d'amers CEVA) pourra 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, les photos sont donc géoréférencées (alignement sur des données de référence). Pour disposer de références fiables, le CEVA utilise l'Ortho Littorale V2 (acquises à marée basse de grands coefficients). 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 », sont également utilisés. Cette opération de géoréférencement permet d'obtenir des données géométriquement redressées. Cela permet ensuite la saisie d'indices quantitatifs surfaciques. Deux digitalisations distinctes sont effectuées (à une échelle comprise entre 1/2 500 et 1/5 000) :

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

Pour pouvoir comparer entre eux les dépôts (entre sites ou sur un même site au cours de la saison et entre années) le CEVA a défini une surface dite « ha équivalent 100 % » de couverture. Chaque dépôt fait l'objet d'une détermination de taux de couverture, par photo-interprétation. Un exemple illustrant la procédure de calcul des surfaces est présenté en Annexe 1. Les photo-interprétations sont rationalisées par l'utilisation d'un catalogue de références illustrant des recouvrements types (étalonnés en utilisant une procédure de traitement d'image). Par ailleurs, les photo-interprétations font l'objet d'une validation par une seule et même personne de façon à ce qu'il n'y ait pas de biais lié au photo-interprète. Pour chaque polygone digitalisé est ensuite calculée la couverture en « ha équivalent 100 % » (taux de couverture x surface du dépôt). Les surfaces de chaque polygone sont ensuite agrégées par site et le résultat est intégré à la base de données « Marées Vertes » de façon à pouvoir disposer pour chaque site et pour chaque inventaire de la surface totale réellement couverte par les ulves (ha 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.

2.2 Indices d'eutrophisation (N et P)

La mesure d'un « niveau d'eutrophisation » dans différents sites de prolifération d'ulves est possible par une analyse saisonnière des 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 éléments azote et phosphore sur la croissance des ulves en période de prolifération, en relation avec certains facteurs climatiques.

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

- d'établir un état de référence du 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).
- d'évaluer 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.

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



- 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).

2.2.1 Description de l'indicateur

L'indicateur consiste à analyser l'évolution des teneurs en azote ou en phosphore des ulves, par rapport (1) aux niveaux de quotas critiques (notés Q_1N pour l'azote et Q_1P pour le phosphore), en dessous desquels la croissance des algues est limitée par N ou P, et (2) aux niveaux de quotas de subsistance (notés Q_0N pour l'azote et Q_0P pour le phosphore) à partir desquels la croissance est nulle (Dion et al, 1996). Ces valeurs de quotas ont été consolidées à partir d'expérimentations réalisées au CEVA sur *Ulva armoricana* (CIMAV P3 2009, 2010, 2011) et sont en accord avec les données de la littérature issues d'expérimentations sur différentes espèces d'ulves (Villares et Caballeira, 2004, Daalsgard et Krause-Jensen, 2006). La méthode de référence pour le dosage de l'azote est la méthode Kjeldahl. La méthode utilisée pour le phosphore est un dosage par spectrométrie couplée à un plasma inductif (ICP).

Pour l'azote, il est retenu 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 est nulle en-dessous d'un quota de subsistance (Q_0N) de 1 % de la M.S.

Pour le phosphore, il est considéré que la croissance commence à être limitée en dessous 0.125 % de la MS (Q_1P) et qu'elle s'annule à 0.05 % de la MS (Q_0P) (cf. résultats du projet CIMAV P3 2010).

Il est également supposé que les différentes espèces d'ulves, présentes dans certains sites, possèdent les mêmes caractéristiques de quotas limitants qu'*Ulva armoricana*, espèce la plus répandue dans les marées vertes et qui est la seule à avoir fait l'objet d'investigations précises pour la détermination de ses quotas internes critiques et de subsistance.

2.2.2 Prélèvements, traitement et analyse des échantillons

Les algues ont été prélevées à une fréquence bi-mensuelle de mi-avril à mi-septembre. Cela représente donc un total de 10 campagnes de prélèvement pour les 14 sites définis dans le Tableau 3 (mêmes sites que ceux suivis lors des survols). Les premiers prélèvements ont eu lieu le 07 mai et les derniers le 18 septembre 2023.



Tableau 3 : Liste des sites proposés pour le suivi RCO de 2023 (suivis complémentaires aériens, terrain et indices d'eutrophisation). Concernant le suivi des contenus internes en azote et en phosphore (indice d'eutrophisation), chaque site a été visité 10 fois et les prélèvements d'échantillon d'algues vertes ont été effectués à chaque fois que les quantités d'ulves présentes le permettaient.

Département	Nom du site	Nb échantillons prélevés entre mai et septembre
44	PEN-BE	5
44	MESQUER	10
44	PIRIAC-SUR-MER	9
44	CROISIC	10
44	LA BAULE	8
44	PREFAILLES-PLAINE-SUR-MER	10
85	NOIRMOUTIER-VIEIL	8
85	NOIRMOUTIER-EPINE	9
85	NOIRMOUTIER-GUERINIÈRE	6
85	NOIRMOUTIER-LA-FOSSE	8
85	TRANCHE SUR MER	3
17	RE-LA-FLOTTE	8
17	RE-SAINT-MARTIN-EN-RE	10
17	RE-PORTES-EN-RE	10

À 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 ou, à défaut, dans les échouages frais de bas de plage. A chaque fois que les quantités d'algues présentes le permettaient, sept à dix échantillons de 20 à 50 g (poids frais) ont été récoltés à une dizaine de mètres les uns des autres, puis rassemblés en un seul lot dans un sac de prélèvement annoté (lieu du prélèvement, date et opérateur). Les échantillons prélevés ont été stockés en glacière le temps du retour au laboratoire.

De retour au laboratoire, les lots ont été conditionnés selon les étapes suivantes :

- lavage à l'eau de mer pour éliminer le sable et la macrofaune benthique,
- rinçage rapide à l'eau distillée pour éliminer le sel dont la présence peut perturber par la suite les analyses chimiques,
- congélation à -20°C (étape nécessaire avant la lyophilisation),
- lyophilisation pour déshydrater les algues et effectuer les analyses sur la matière sèche.

Les échantillons ont ensuite été expédiés au laboratoire sous-traitant chargé des analyses. Avant chaque analyse, les lots ont été homogénéisés au broyeur à couteaux. Chaque échantillon a fait l'objet d'une analyse pour la matière sèche, l'azote Kjeldahl et pour le phosphore total. En 2023, 114 échantillons ont été analysés. L'ensemble des dosages a été réalisé par UPscience, laboratoire agréé COFRAC, sous-traitant du CEVA.



3. Résultats

3.1. Estimation surfacique

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 les observations de terrain mettent en évidence une proportion jugée « anormale » d’ulves (visuellement au moins un tiers d’ulves dans l’échouage). Lorsque 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 en milieu enrichi en nutriments). Les surfaces couvertes par les ulves sont alors estimées. Les stocks infralittoraux ne peuvent pas être pris en compte par cette approche, ce qui peut conduire à sous-estimer l’importance de certains sites. De même les sites d’échouage d’algues, de surface importante ou non, et dont la proportion en ulves n’excède pas un tiers, ne sont pas pris en compte car ils peuvent correspondre à des phénomènes naturels d’arrachage et d’échouages des algues des platiers.

3.1.1. Année 2023

En 2023, deux sites suivis dans le cadre du RCO n’ont pas été concernés par des échouages comportant plus d’un tiers d’ulves (donc aucun classé « ulves ») sur les 5 inventaires de la saison. Il s’agit des sites « Pen-Bé », « Noirmoutier-Guérynière » (Tableau 4). Les sites « Mesquer », « Croisic », « Préfailles-Plaines-sur-Mer », « Ré-Saint-Martin-en-Ré » et « Ré-Portes-en-Ré » ont été classés sur les 5 inventaires lors de l’année 2023. Le plus grand nombre de sites touchés par les échouages d’ulves (9/14 sites classés) correspondait aux inventaires des mois de mai et août. Les sites « Noirmoutier-Vieil » et « Noirmoutier-Epine » présentaient la particularité d’être classés uniquement lors de l’inventaire de mai. Les sites « La Baule » et « Noirmoutier-La-Fosse » étaient touchés par les échouages d’ulves pour les inventaires de juillet à septembre.

Tableau 4 : Classement des sites concernés par des échouages d’ulves sur les 5 inventaires de l’année 2023

Nom du site	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Occurrence classement
PEN-BE						0
MESQUER	x	x	x	x	x	5
PIRIAC-SUR-MER	x	x		x	x	4
CROISIC	x	x	x	x	x	5
LA BAULE			x	x	x	3
PREFAILLES-PLAINE-SUR-MER	x	x	x	x	x	5
NOIRMOUTIER-VIEIL	x					1
NOIRMOUTIER-EPINE	x					1
NOIRMOUTIER-GUERINIÈRE						0
NOIRMOUTIER-LA-FOSSE			x	x	x	3
TRANCHE SUR MER			x			1
RE-LA-FLOTTE	x			x		2
RE-SAINT-MARTIN-EN-RE	x	x	x	x	x	5
RE-PORTES-EN-RE	x	x	x	x	x	5



La Figure 2 présente les surfaces digitalisées cumulées pour l'ensemble des sites sur les 5 inventaires de l'année 2023 (de mai à septembre : 3 inventaires dans le cadre du RCS et 2 dans le cadre du RCO).

Sur l'ensemble des 5 inventaires de 2023, le site de « Ré-Saint-Martin-en-Ré » est le site présentant la plus forte surface d'échouage (31,3 ha), suivi de « Noirmoutier-La-Fosse » (30,4 ha).

Les histogrammes de la carte présentés Figure 3 permettent d'apprécier l'évolution mensuelle de ces échouages au cours de l'année 2023.

Pour l'année 2023, l'inventaire du mois de juillet présentait la plus forte valeur de la surface d'ulves échouées, cumulée sur l'ensemble des sites RCO (49,5 ha), suivi de l'inventaire du mois de septembre avec une surface cumulée de 23,9 ha. En juillet, le site « Ré-Saint-Martin-en-Ré » contribuait à hauteur de 53 % de la surface des échouages (26,1 ha). En septembre, il s'agissait du site « Noirmoutier-La-Fosse » contribuant le plus fortement aux dépôts d'ulves observés (47 %) avec une surface de 11,2 ha.

Malgré le fait que 9/14 sites ont été classés lors de l'inventaire du mois de mai (contre 8/14 sites pour les inventaires de juillet et septembre ; Tableau 4), celui-ci présentait la plus faible surface d'échouages d'ulves cumulée sur l'ensemble des sites RCO (8,0 ha). La surface maximale d'échouage pour cet inventaire avait été mesurée pour le site « Ré-Portes-en-Ré » avec une valeur de 3,1 ha.



Figure 2 : Surfaces couvertes par les ulves, cumulées lors des 5 inventaires de mai à septembre 2023. Les surfaces sont exprimées en équivalent 100 % de couverture en ulves.

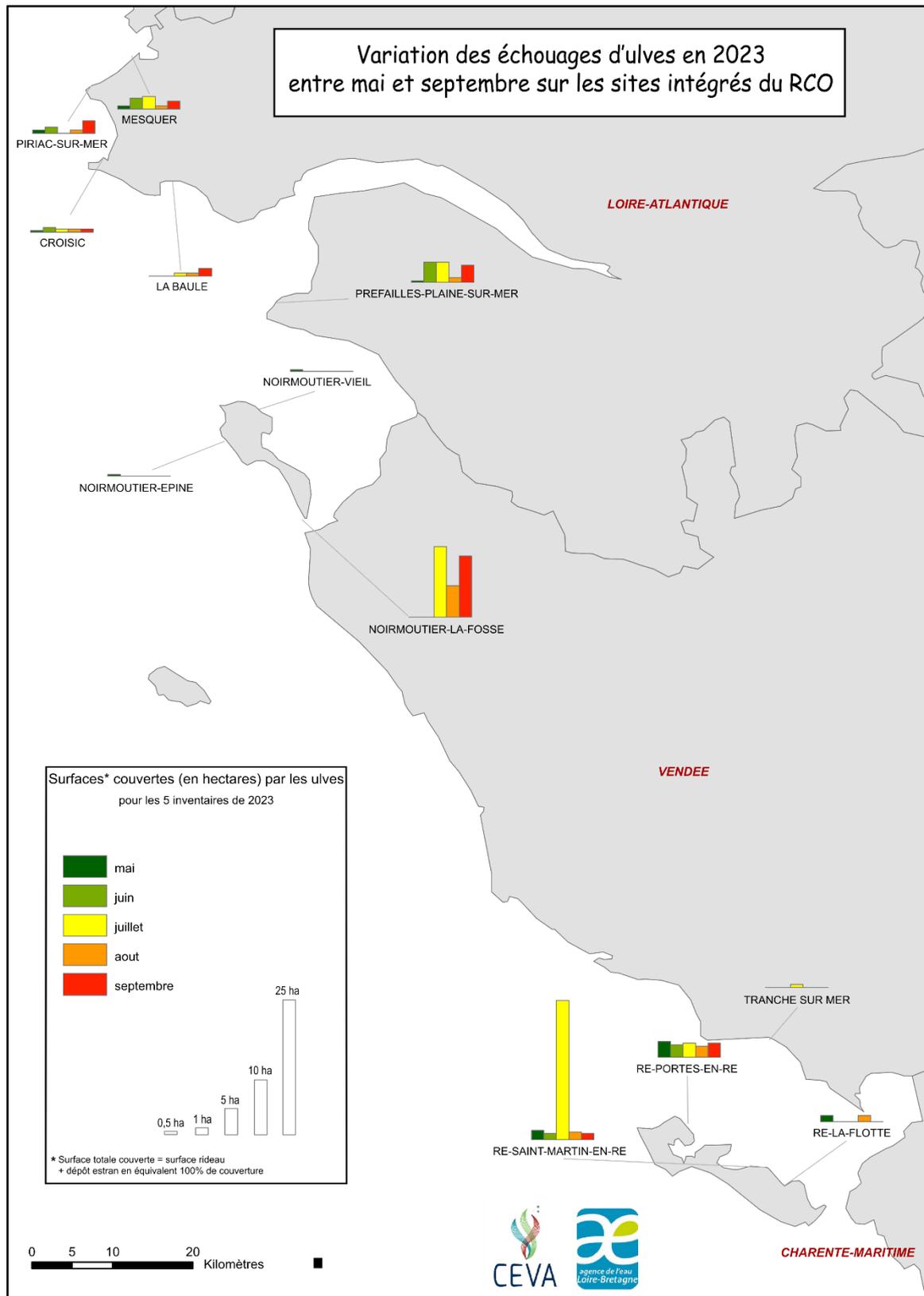


Figure 3 : Variation mensuelle des échouages d'ulves entre mai et septembre 2023. Les surfaces sont exprimées en ha équivalent 100 % de couverture en ulves.



3.1.2. Analyse pluriannuelle

L'année 2023 représente l'année avec la plus faible surface annuelle de dépôt d'ulves cumulée sur les sites du RCO (106,7 ha) (Figure 4). Cette valeur est 58 % inférieure à la moyenne 2012-2022.

L'année 2023 a présenté des échouages relativement tardifs. La surface d'échouage d'ulves cumulée sur les deux premiers inventaires du mois de mai et juin présentait la valeur la plus faible depuis le début des suivis (19,3 ha contre 68,7 pour la moyenne 2012-2022) (Figure 4). Ces deux inventaires ont contribué à hauteur de 18 % des surfaces de dépôts de l'année 2023 (moyenne 2012-2022 : 29 %) (Figure 5). Presque la moitié des surfaces d'échouage en 2023 ont été enregistrées lors de l'inventaire du mois de juillet (contribution : 46 %). Cela représente la contribution la plus élevée depuis le début des suivis (moyenne 2012-2022 : 26 %). Concernant les échouages du mois d'août, l'année 2023 présentait une surface de dépôt (14,0 ha) et une contribution (13 %) relativement faible vis-à-vis des mesures antérieures (moyenne 2012-2022 : 58,3 ha ; 23 %). Pour l'inventaire du mois de septembre, l'année 2023 présentait une surface relativement faible (23,9 ha contre 55,8 ha pour la moyenne 2012-2022), mais avec une contribution (22 %) légèrement supérieure à la moyenne pluriannuelle 2012-2022 (21 %) (Figure 5).

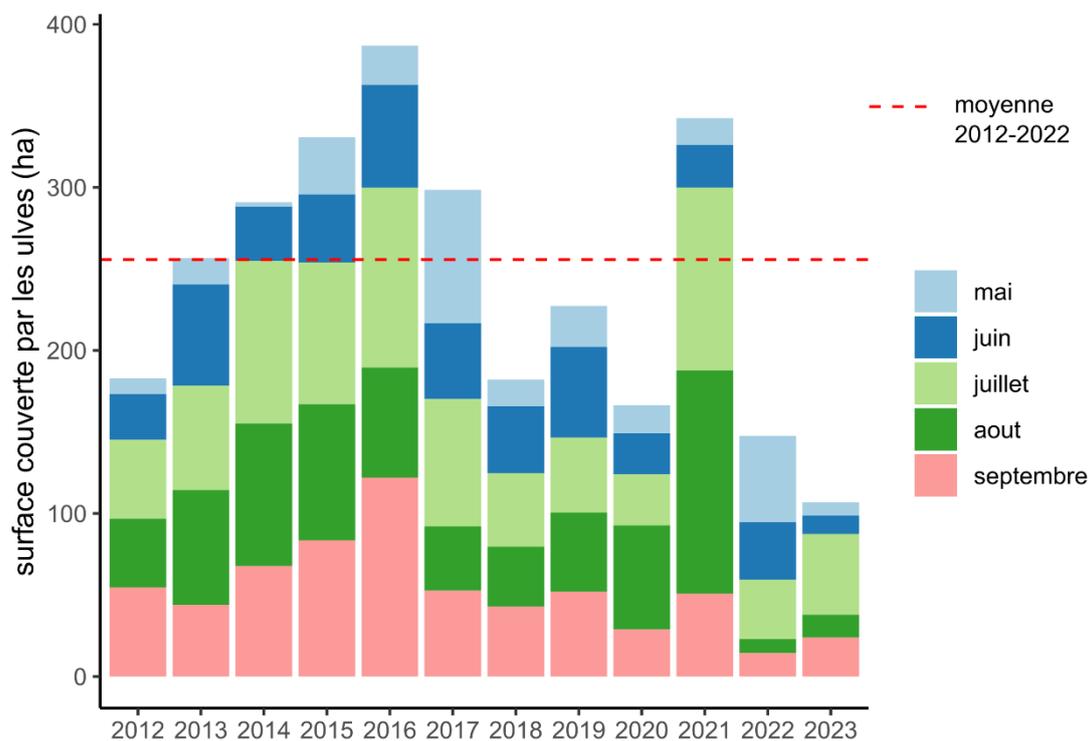


Figure 4 : Surfaces couvertes par les ulves sur les sites du RCO de 2012 à 2023 : cumul des 5 dates annuelles d'inventaires (mai, juin, juillet, août et septembre) sur les 14 sites

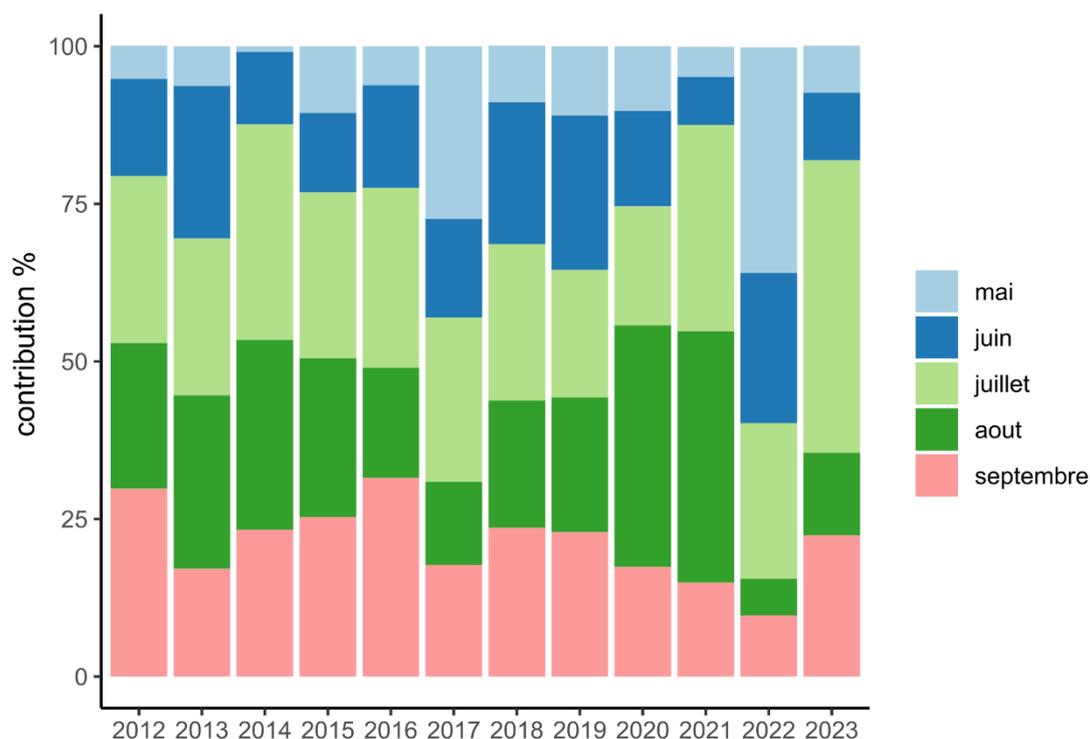


Figure 5 : Contribution (%) des surfaces couvertes par les ulves en mai, juin, juillet, août et septembre sur l'ensemble des années de 2012 à 2023 pour les sites du RCO

L'année 2023 présentait des échouages d'ulves relativement faibles sur l'ensemble des sites du RCO, avec des surfaces d'échouage inférieures à la moyenne pluriannuelle 2012-2022, excepté pour le site « Préfailles-Plaine-sur-Mer » (Figure 6). Effectivement, la surface cumulée en 2023 sur le site « Préfailles-Plaine-sur-Mer » était de 12,9 ha contre 8,5 ha pour la moyenne pluriannuelle 2012-2022. Ce site a ainsi contribué à 12 % des échouages cumulés sur l'ensemble des sites RCO pour l'année 2023, alors que sa contribution moyenne, depuis le début des suivis (2012-2022) était seulement de 4 %.

Pour les sites « Pen-Bé » et « Noirmoutier-Guérinière », il s'agit de la deuxième année depuis 2012 durant laquelle ces sites ne sont pas touchés par les échouages d'ulves (Figure 6). Les sites « Piriac-sur-Mer », « Noirmoutier-Epine » et « Ré-La-Flotte » présentent, en 2023, les surfaces d'échouage cumulées les plus faibles depuis 2012 (Figure 6). Pour le site « Piriac-sur-Mer », la surface cumulée est de 4,3 ha en 2023 soit 67 % inférieure à la moyenne 2012-2022 (12,9 ha). Pour le site « Noirmoutier-Epine », la surface cumulée est de 0,2 ha en 2023 soit 99 % inférieure à la moyenne 2012-2022 (21,4 ha). Pour le site « Ré-La-Flotte », la surface cumulée est de 2,2 ha en 2023 soit 89 % inférieure à la moyenne 2012-2022 (20,2 ha). Une tendance à la décroissance des échouages est observée pour le site « Piriac-sur-Mer » depuis ces dernières années. Comme l'année précédente 2022, les sites « Croisic » et « La Tranche sur Mer » présentaient des surfaces d'échouages d'ulves relativement faibles en 2023 (Figure 6).

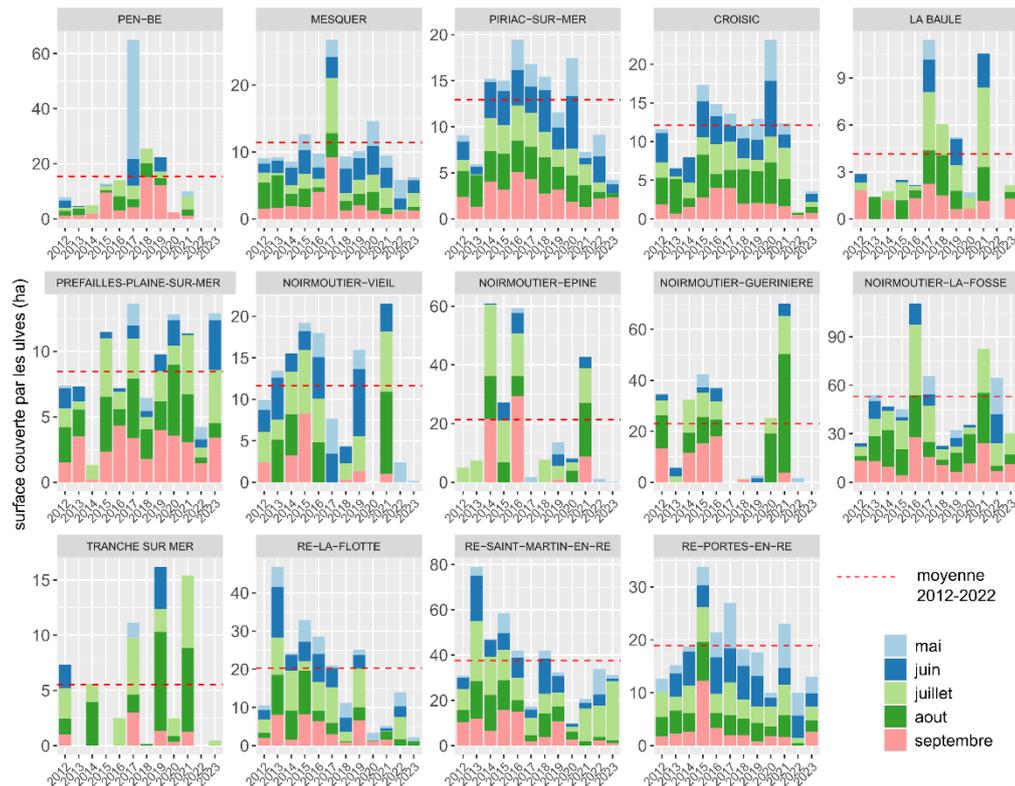


Figure 6 : Surfaces couvertes par les ulves pour chaque site du RCO de 2012 à 2023 : cumul des 5 dates annuelles d’inventaires (mai, juin, juillet, août et septembre)

La Figure 7 permet d’observer des particularités en termes de dynamique saisonnière des échouages pour l’année 2023 sur l’ensemble des sites RCO. Pour les sites « Noirmoutier-Vieil » et « Noirmoutier-Epine », c’est la deuxième et troisième fois respectivement depuis 2012 que les échouages d’ulves sont uniquement observés lors de l’inventaire du mois de mai. Pour le site de « Ré-La-Flotte », l’année 2023 est marquée pour la deuxième fois par l’absence d’échouage d’ulves lors de l’inventaire de septembre (semblable à l’année précédente 2022). On note également, pour la deuxième fois, l’absence d’échouage d’ulves pour les inventaires de mai et juin pour le site « La Baule » en 2023. Pour le site « Tranche sur Mer », l’année 2023 correspond à la deuxième année pour laquelle le site était touché uniquement en juillet par les échouages d’ulves (Figure 7).

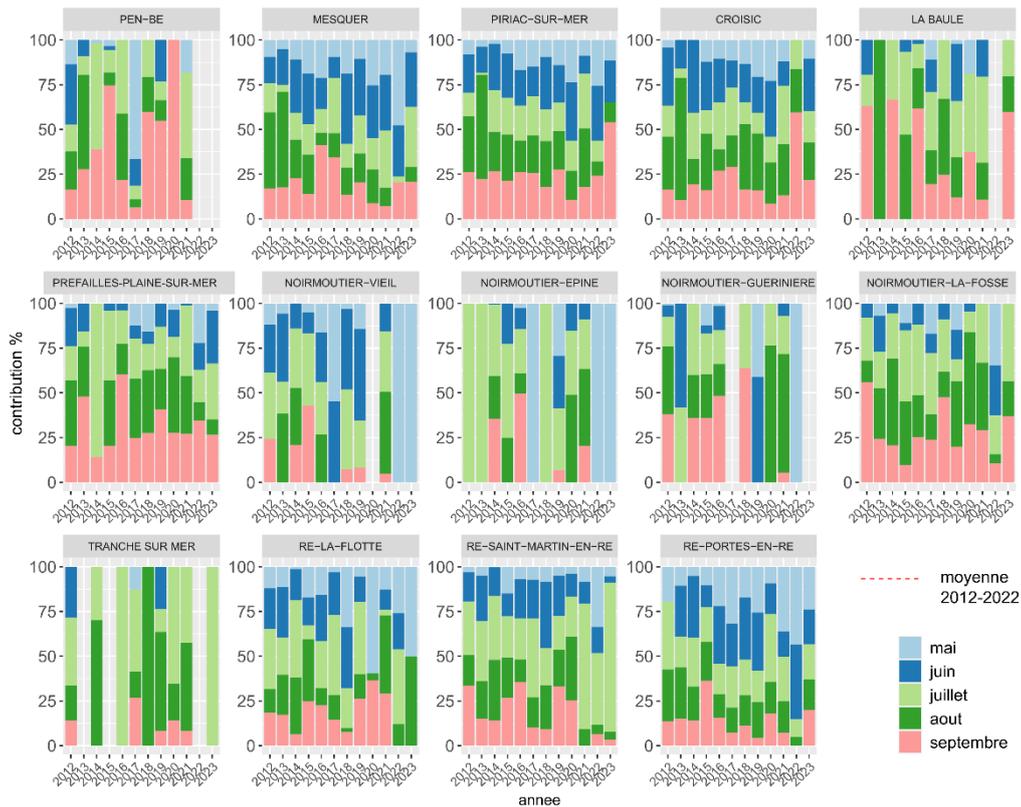


Figure 7 : Contribution (%) des surfaces couvertes par les ulves en mai, juin, juillet, août et septembre sur l'ensemble des années de 2012 à 2023 pour chaque site du RCO

3.2. Indices d'eutrophisation

L'ensemble des missions de prélèvements a pu être réalisé aux dates convenues de début mai à la mi-septembre. Les échantillons ont été prélevés dès que la quantité d'ulves présente le permettait.

3.2.1. Eléments d'interprétation des profils saisonniers

Pour l'ensemble des sites, un profil type de variation saisonnière des quotas en azote peut être observé. Ces quotas sont d'abord, d'une manière générale, toujours élevés en tout début de saison de prolifération (plus de 4% de la 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 prononcé 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 en nutriments pour la croissance algale dans un contexte de raréfaction de la ressource (consommation par les blooms phytoplanctoniques côtiers et baisse saisonnière des flux d'azote provenant des rivières). A partir de la fin août, les quotas azotés augmentent rapidement pour atteindre, dès la fin septembre, des valeurs comparables à celles observées en fin de période hivernale (>4 % de la matière sèche). Cette disponibilité automnale en nutriments peut s'expliquer, d'une part par la baisse de consommation en sels nutritifs par les algues (diminution de la



croissance corrélée à l'évolution des paramètres environnementaux *e.g.* diminution des températures et de la lumière) et d'autre part par la reminéralisation de la matière organique d'origine phytoplanctonique dans la colonne d'eau.

La variabilité d'un site à l'autre sera ainsi liée à la précocité, l'amplitude et la durée de la baisse estivale (ou minimum estival) des quotas azotés algaux. En milieu non eutrophisé, ce minimum estival est normalement précoce (début mai) et prononcé (proche du quota de subsistance), témoignant de la limitation naturelle des flux d'azote qui affecte directement la croissance des algues. Au contraire, l'eutrophisation d'un site se caractérise par un retard et/ou un affaiblissement de cette limitation naturelle en azote (maintien de flux qui permettent aux algues de proliférer sous des conditions environnementales propices). 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 un site propice au développement des algues vertes. Le degré d'eutrophisation d'un site sera ainsi diagnostiqué en fonction de l'importance de ces retards saisonniers et des affaiblissements estivaux de l'effet limitant naturel de l'azote sur la croissance des algues (évolution des quotas de Q_0N vers Q_1N , puis au-delà). L'état de saturation (et sursaturation) progressive de cette croissance par le flux d'azote sera par ailleurs un élément important de la résistance d'un site aux mesures préventives.

Même si l'évolution saisonnière des contenus azotés des ulves apparaît directement corrélée aux flux d'azote estuarien, il est aussi possible d'observer des pics de concentration en azote inexplicables par une augmentation ponctuelle du flux d'azote du bassin versant ou un changement des paramètres environnementaux tels que la température et/ou la lumière. Deux hypothèses peuvent être proposées pour expliquer ces pics de concentration : (1) une source azotée autre que les rivières débouchant dans la baie (*e.g.* relargage sédimentaire) ; (2) un arrivage d'ulves en provenance des stocks infralittoraux présentant de forts quotas azotés liés à la croissance plus lente sous faible luminosité. La forte densité algale dans le rideau (source d'auto-ombrage) pourrait également expliquer ces variations de quotas qui surviennent dans nos analyses.

En résumé, l'indicateur nutritionnel de croissance des algues (quotas azotés et phosphorés), utilisé comme base de suivi pour l'évolution pluriannuelle de l'eutrophisation, offre une double lecture, intégrant deux aspects du niveau d'eutrophisation du site :

- d'une part, la saturation de la croissance des algues par les flux de nutriments 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.

Il est important de noter que le facteur turbidité, affectant l'intensité lumineuse perçue par les algues, est également un paramètre qui pourrait impacter le contenu azoté des ulves à plus long terme.

Quoiqu'il en soit, ces algues à forts quotas azotés, en provenance de zone « d'auto-ombrage », disposent de ressources nutritionnelles suffisantes pour déclencher leur croissance lorsque les conditions environnementales favorables sont réunies (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 variations 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 concentration interne en période de croissance. Les deux paramètres QN et QP pourront aussi présenter des oscillations à court terme liées aux variations ponctuelles de lumière (diminution avec la profondeur et la densité de la biomasse algale dans le rideau). Les différences de comportement saisonnier de QN et QP seront plutôt à mettre en relation avec l'origine de leur source respective.

Le phosphore utilisé par les ulves en période potentielle de limitation (saison estivale) est, en effet, largement d'origine sédimentaire et la progression des températures estivales va d'une manière générale favoriser son flux de relargage. L'apport en phosphore de la colonne d'eau peut également être significatif compte tenu notamment du processus de reminéralisation de la matière organique phytoplanctonique sur cette portion du littoral. 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. Par ailleurs, 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. Enfin, l'apport sédimentaire est conditionné par la nature même du sédiment. Ainsi, un sédiment vaseux serait plus propice au relargage de phosphore qu'un sédiment sableux (Louis et al., 2022. Projet IMPRO). A l'extrême, les ulves se développant sur platiers rocheux ne bénéficient d'aucun apport sédimentaire direct en phosphore.

3.2.2. Analyse pluriannuelle des contenus tissulaires en azote et phosphore

Les sites de prélèvement de « **Pen-Bé** » et de « **Mesquer** » sont géographiquement proches (Figure 8). Ainsi, les algues de ces sites évoluent probablement dans un environnement nutritionnel comparable sous influence indirecte des sources « lointaines » de la Loire et de la Vilaine et plus locaux (fond de la baie de Pont Mahé et étiers de Pont d'Arm).



Figure 8 : Localisation des points de prélèvement des algues (symbolisée par une croix rouge) pour l'analyse des contenus tissulaires en azote et en phosphore. Les « délimitations » (établies par le CEVA) des sites étudiés (« Pen-Bé » et « Mesquer ») sont représentées par un polygone blanc.



Dans la continuité des années précédentes (2012-2022), une limitation par le phosphore, très nette, est observée pour le site de « Mesquer » contrairement à « Pen-Bé » d'après les analyses des contenus tissulaires des ulves prélevées en 2023 (Figure 9). Pour le site de « Mesquer », après avoir atteint une valeur en dessous de celle de subsistance début juin (0,036 % en MS ; le 05/06/2023), les quotas en phosphore avaient augmenté progressivement jusqu'à atteindre un pic début août légèrement supérieure au quota critique (0,152 % en MS ; le 01/08/2023). A la différence des années antérieures, une baisse des quotas, proche de la valeur de subsistance, a été ensuite observée fin août à mi-septembre (0,058 % en MS ; le 18/09/2023). Pour le site de « Pen-Bé », les valeurs mesurées, excepté pour le premier prélèvement début juin, étaient toujours au-dessus du quota critique en constante augmentation (Figure 9). Le phosphore provenant essentiellement du sédiment meuble (sable ou vase) (Kamer et al, 2004 ; Choi et Kim, 2005) en période estivale, il serait plus facilement biodisponible sur le site sablo-limoneux de « Pen-Bé » que sur le site à dominance rocheuse (et sables plus grossiers) de « Mesquer ».

En ce qui concerne les quotas en azote, le profil observé pour l'année 2023 à « Pen-Bé » est semblable à celui de l'année précédente 2022 (Figure 9). Lors du premier prélèvement (05/06/2022 ; aucune ulve présente en mai), le quota azoté était relativement proche du quota critique (1,88 % en MS). Une limitation en azote était ensuite bien marquée début juillet (1,43 % en MS ; le 04/07/2023) avant que les quotas azotés augmentent au cours de la saison pour atteindre lors du dernier prélèvement (29/08/2023) une valeur de 3,56 %. En revanche mi-septembre, aucune ulve n'était présente pour réaliser un prélèvement. A « Mesquer », comme pour les années antérieures, les premiers prélèvements (le 04/05 et 19/05/2023) présentaient des quotas supérieurs à la valeur du quota critique. Une nette limitation de la croissance des ulves en azote était ensuite observée dès début juin jusqu'au dernier prélèvement mi-septembre (Figure 9). L'année 2023 présente la même particularité que l'année 2021 avec une valeur de quota pour le dernier prélèvement inférieure à celle de subsistance (0,84 % en MS ; le 18/09/2023).

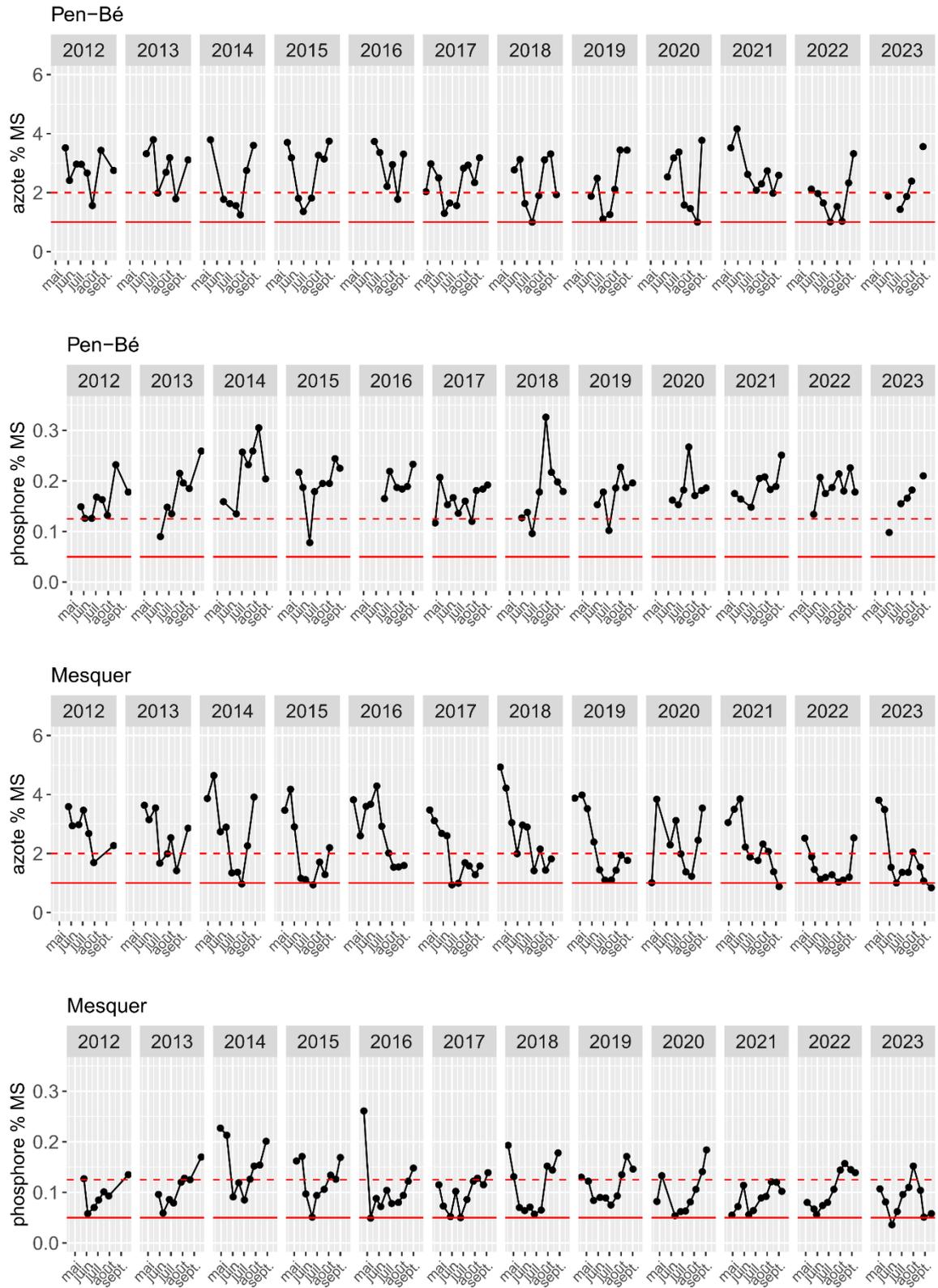


Figure 9 : Evolution interannuelle (2012-2023) des contenus tissulaires des ulves en azote et phosphore sur les sites de « Pen-Bé » (baie de Pont-Mahé) et « Mesquer » (Plage de Lanséria). La ligne rouge en trait pointillé indique le quota critique. La ligne rouge en trait plein indique le quota de subsistance.



Le site de « **Piriac-sur-Mer** » est dominé par le substrat rocheux (Figure 10). Il est donc attendu que les algues échouées sur ce site présentent des contenus internes en phosphore relativement bas du fait de la faible présence de substrat meuble pourvoyeur de phosphore.



Figure 10 : Localisation du point de prélèvement des algues (symbolisée par une croix rouge) pour l'analyse des contenus tissulaires en azote et en phosphore. La « délimitation » (définie par le CEVA) du site étudié (« Piriac-sur-Mer ») est représentée par un polygone blanc.

Les quotas en phosphore mesurés dans les tissus des ulves prélevées à « Piriac » en 2023 confirment la limitation nette en phosphore observée lors de l'analyse pluriannuelle depuis 2012, avec des valeurs inférieures au quota critique dès les premiers prélèvements en mai, (Figure 11). Durant toute la saison (du 07/05 au 18/09/2023), les quotas étaient restés inférieurs à la limite du quota critique, oscillant entre 0,059 et 0,105 %.

Comme l'année précédente 2022, les quotas azotés mesurés en 2023 illustrent une limitation très marquée et précoce en azote pour les ulves à « Piriac », avec seulement les deux premiers prélèvements (07/05 et 19/05/2022) présentant des valeurs supérieures au quota critique (Figure 11). Du 05/06 au 18/09/2022, les quotas variaient entre 1,02 et 1,69 % avec une valeur minimale mi-septembre.

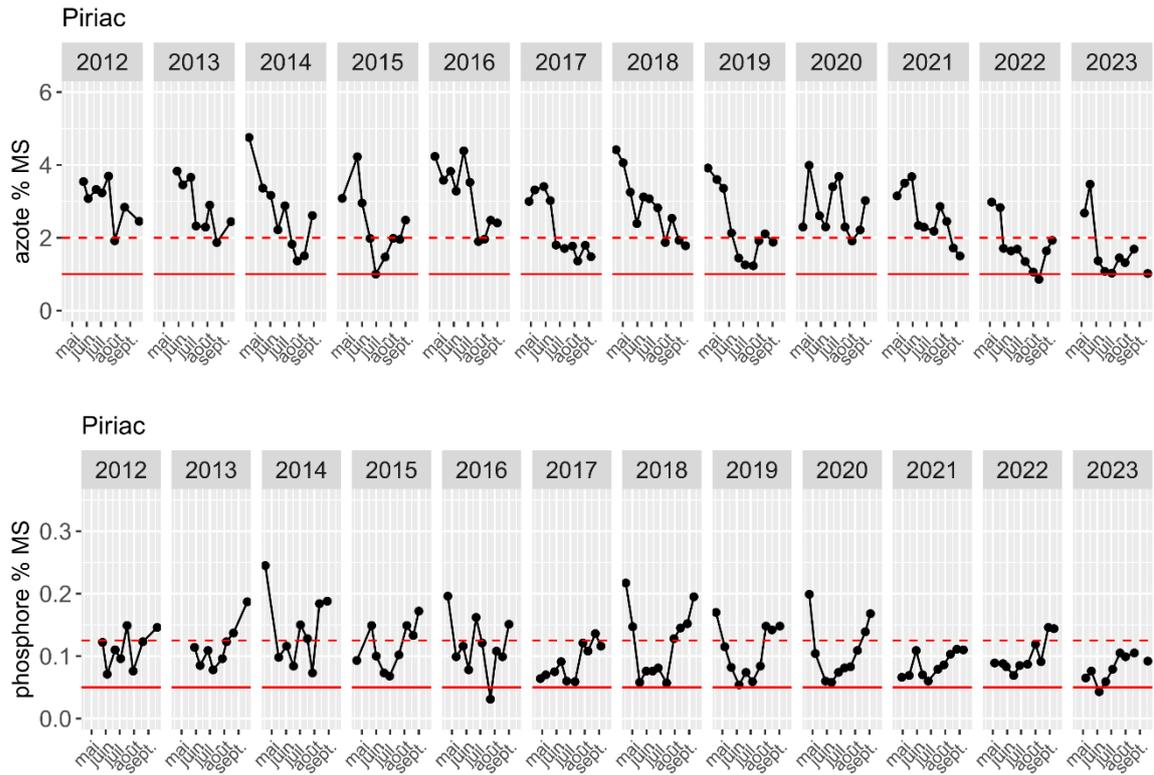


Figure 11 : Evolution interannuelle (2012-2023) des contenus tissulaires des ulves en azote et phosphore sur le site de « Piriac-sur-Mer » (Plage Saint-Michel). La ligne rouge en trait pointillé indique le quota critique. La ligne rouge en trait plein indique le quota de subsistance.

Le « **Croisic** » est également un site sur lequel le substrat rocheux est important. Ainsi, comme pour le site de « Piriac-sur-Mer », il est attendu de rencontrer une limitation plus importante en phosphore (Figure 12).



Figure 12 : Localisation du point de prélèvement des algues (symbolisée par une croix rouge) pour l'analyse des contenus tissulaires en azote et en phosphore. La « délimitation » (définie par le CEVA) du site étudié (« Le Croisic ») est représentée par un polygone blanc.



Comme pour le site « Piriac », la croissance des ulves est fortement limitée par le phosphore sur le site « Le Croisic » d'après l'analyse pluriannuelle 2012-2023 (Figure 13). En 2023, l'ensemble des prélèvements (du 04/05 au 18/09/2023) présentaient des quotas phosphorés en dessous du quota critique, oscillant entre 0,040 et 0,104 % en MS.

Concernant les quotas azotés, le profil observé sur le site « Le Croisic » en 2023 diffère des observations faites lors des années antérieures, avec une limitation de la croissance des ulves en azote plus précoce (Figure 13). Dès début juin, le quota azoté était très proche de la valeur du quota critique (2,08 % en MS ; le 05/06/2023) pour atteindre ensuite une valeur de $1,25 \pm 0,05$ % en MS entre début juillet à début août. Les derniers prélèvements entre mi-août et mi-septembre pour l'année 2023 présentaient des quotas légèrement supérieurs au quota critique ($2,21 \pm 0,11$ % en MS).

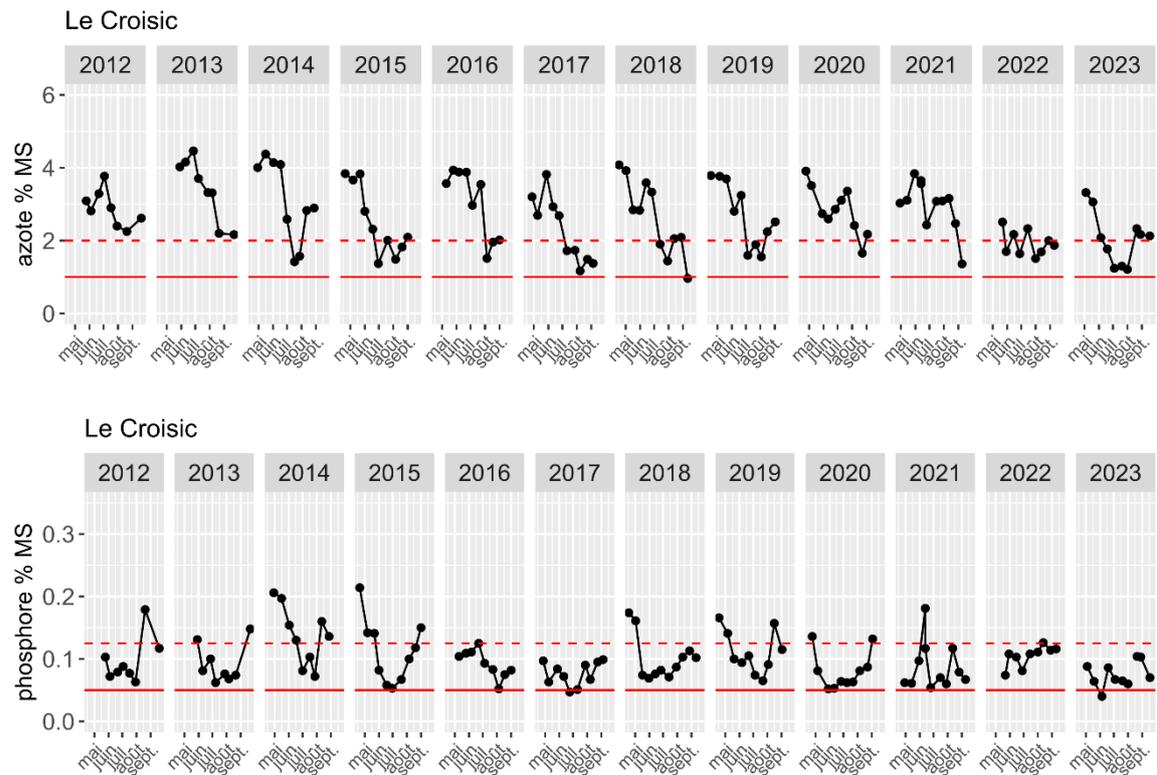


Figure 13 : Evolution interannuelle (2012-2023) des contenus tissulaires des ulves en azote et phosphore sur le site « Le Croisic » (Baie de Saint-Goustan). La ligne rouge en trait pointillé indique le quota critique. La ligne rouge en trait plein indique le quota de subsistance.



Le site de « **La Baule** » (Figure 14) se caractérise par des échouages irréguliers d’ulves issus probablement d’évènements d’arrachage. Les échouages d’ulves, en général peu importants sur le site de la Baule, traduisent une croissance peu soutenue des algues sur ce site.

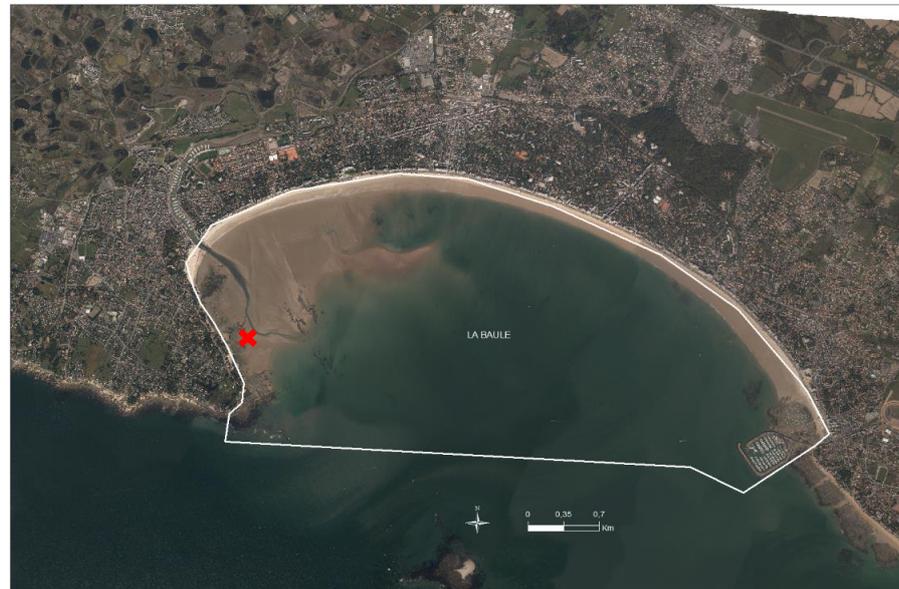


Figure 14 : Localisation du point de prélèvement des algues (symbolisée par une croix rouge) pour l’analyse des contenus tissulaires en azote et en phosphore. La « délimitation » (définie par le CEVA) du site étudié (« La Baule ») est représentée par un polygone blanc.

L’analyse pluriannuelle met également en évidence la particularité du profil des quotas phosphorés pour l’année 2023 pour le site « La Baule » (Figure 15). Excepté lors du dernier prélèvement mi-septembre, l’ensemble des quotas phosphorés présentaient des valeurs proches voir inférieures à celle du quota critique ($0,114 \pm 0,015$ % en MS du 04/05 au 29/08/2023).

Comme l’année précédente 2022, une limitation de la croissance des ulves par l’azote a été observée dès le mois de juin (Figure 15). Alors que les quotas étaient supérieurs au quota critique lors des premiers prélèvements début mai (le 04/05/2023) et début juin (05/06/2023), une baisse a été observée lors du prélèvement du 19/06/2023 (1,28 % en MS). Au cours de la saison, les quotas azotés ont ré-augmenté progressivement jusqu’à atteindre 2,50 % en MS lors du dernier prélèvement (le 22/09/2023).

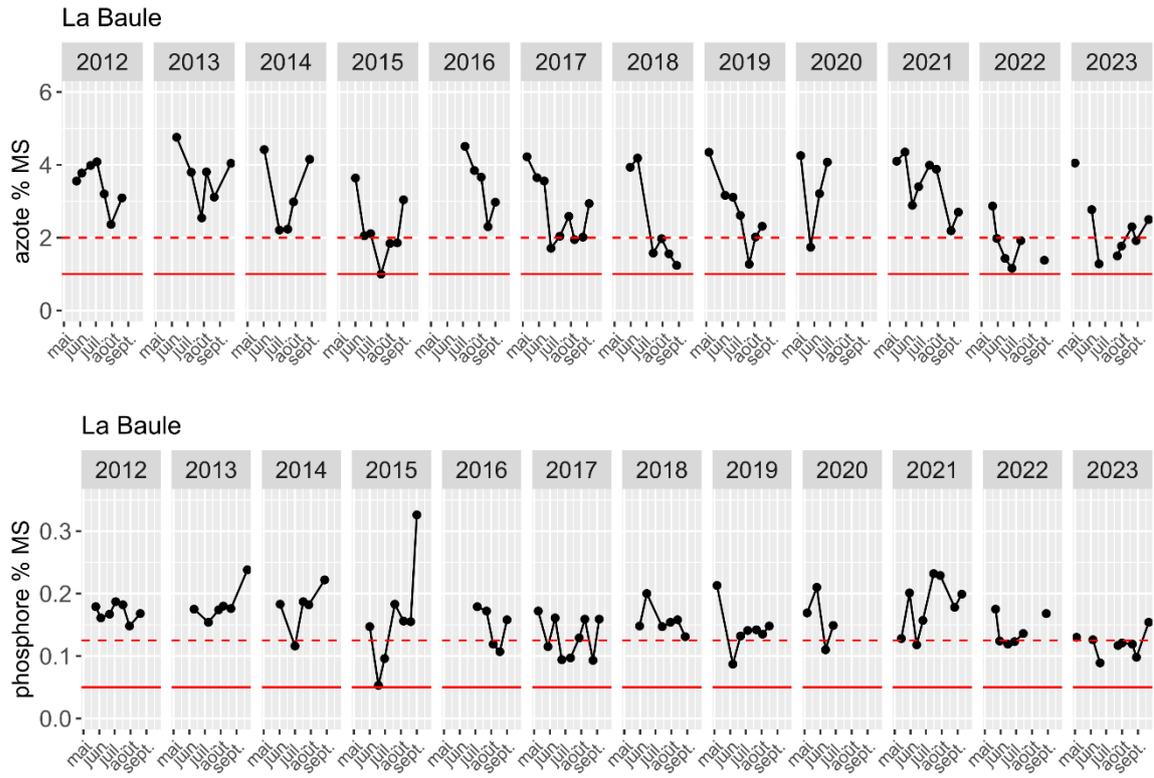


Figure 15 : Evolution interannuelle (2012-2023) des contenus tissulaires des ulves en azote et phosphore sur le site de « La Baule » (Anse du Toulin). La ligne rouge en trait pointillé indique le quota critique. La ligne rouge en trait plein indique le quota de subsistance.

Le site de « **Préfailles-Plaine-sur-Mer** » est situé sur une zone à dominante rocheuse mais à la sortie du vaste estuaire de la Loire (Figure 16).



Figure 16 : Localisation du point de prélèvement des algues (symbolisée par une croix rouge) pour l'analyse des contenus tissulaires en azote et en phosphore. La « délimitation » (définie par le CEVA) du site étudié (« Préfailles – La Plaine-sur-Mer ») est représentée par un polygone blanc.



L'analyse des contenus tissulaires des ulves prélevées en 2023 sur le site « Préfailles-La Plaine-sur-mer » met en évidence une co-limitation en azote et phosphore pour la croissance algale en pleine saison estivale (du 20/06 au 01/08/2023) comme pour l'année précédente 2022. D'après l'analyse pluriannuelle, c'est la seconde année où une co-limitation en azote et phosphore est aussi précoce (Figure 17). Alors qu'en tout début de saison au mois de mai, les quotas azotés et phosphorés étaient nettement supérieurs au quota critique, une baisse nette est observée au cours du mois de juin pour atteindre le 20/06/2023 un quota en azote de 1,44 % en MS et en phosphore de 0,080 % en MS. Lors du dernier prélèvement (le 21/09/2023), les quotas étaient légèrement supérieurs au quota critique (2,17 % N en MS ; 0,142 % P en MS) (Figure 17).

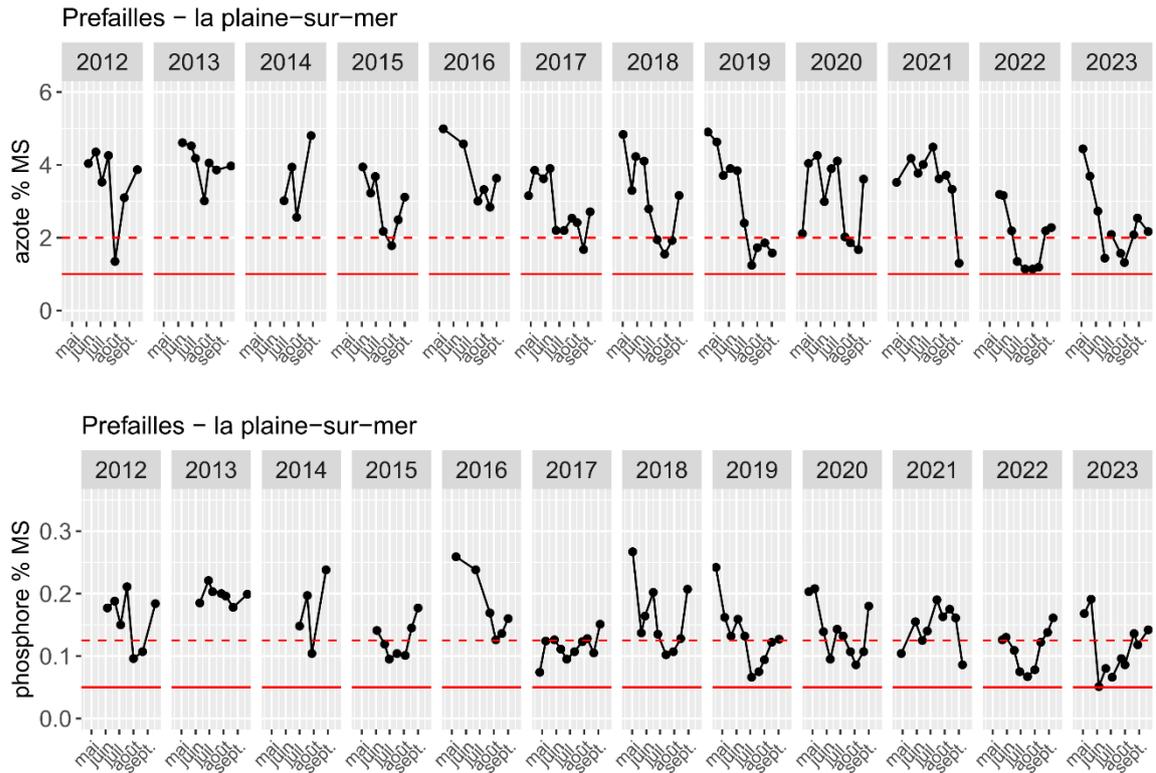


Figure 17 : Evolution interannuelle (2012-2023) des contenus tissulaires des ulves en azote et phosphore sur le site de « Préfailles – La Plaine-sur-Mer » (Plage de la Tara). La ligne rouge en trait pointillé indique le quota critique. La ligne rouge en trait plein indique le quota de subsistance.



Les ulves présentes sur les **différents sites de Noirmoutier** (« Noirmoutier-Vieil », « Noirmoutier-Epine », « Noirmoutier-Guérynière » et « Noirmoutier-La Fosse ») sont essentiellement issues d'arrachage (voir Annexe 2 – fiche vérité terrain). Il est probable que les platiers à proximité immédiate des sites soient le lieu de croissance initial de ces ulves (Figure 18). En effet, les estimations des stocks infralittoraux en ulves réalisées en 2013 sur la partie ouest du site de « Noirmoutier-Vieil » et en 2015 au nord-ouest du site de « Noirmoutier-Epine », ont mis en évidence une prédominance des biomasses fixées sur les biomasses d'ulves libres.



Figure 18 : Localisation des points de prélèvement des algues (symbolisée par une croix rouge) pour l'analyse des contenus tissulaires en azote et en phosphore. Les « délimitations » (définies par le CEVA) des sites étudiés (« Noirmoutier-Vieil », « Noirmoutier-Epine », « Noirmoutier-Guérynière », « Noirmoutier – La Fosse ») sont représentées par un polygone blanc.

L'analyse pluriannuelle des profils des quotas azotés et phosphorés depuis 2012 pour les 4 sites de Noirmoutier est présentée Figure 19 et Figure 20.

Pour le site de « **Noirmoutier-Vieil** », une limitation de la croissance des ulves par l'azote est observée rapidement dès la fin du mois de mai pour l'année 2023 (1,97 % en MS ; le 20/05/2023), semblable à ce qui avait été observée l'année précédente en 2022 (Figure 19). Jusqu'au dernier prélèvement (le 21/09/2023), les quotas azotés étaient restés proches du quota de subsistance. Excepté pour l'année 2014, la fin de saison a toujours présenté des quotas azotés faibles en fin de saison (Figure 19). Concernant les quotas en phosphore pour l'année 2023, le profil était semblable à celui des deux années précédentes (2021 et 2022) avec des valeurs comprises entre le quota critique et de subsistance sur l'ensemble des prélèvements ($0,081 \pm 0,017$ % en MS pour la saison 2023).

Pour le site de « **Noirmoutier-Epine** », les premiers prélèvements au cours du mois de mai en 2023 présentaient des quotas azotés supérieurs au quota critique, comme ce qui avait



déjà été observés lors des suivis des années antérieures (Figure 19). A partir du mois de juin, les quotas de l'année 2023 montraient une forte limitation de la croissance des ulves par l'azote (Figure 19). En pleine saison estivale (du 06/07 au 23/08/2023), les quotas azotés étaient inférieurs au quota de subsistance ($0,73 \pm 0,05$ % en MS). C'est la seconde année qu'une limitation aussi marquée est observée (Figure 19). En 2018, les quotas azotés avaient été également inférieurs au quota de subsistance de mi-juillet à fin août ($0,74 \pm 0,04$ % en MS du 16/07 au 30/08/2018). Semblable aux années antérieures, le profil des quotas phosphorés en 2023 montrait une limitation de la croissance des ulves par le phosphore sur l'ensemble de la saison (Figure 19), avec globalement des quotas inférieurs au quota critique ($0,078 \pm 0,086$ % en MS).

Aucun prélèvement n'a pu être effectué en tout début de saison (mois de mai) pour le site de « **Noirmoutier-Guérinière** », du fait de l'absence d'ulve. Le premier prélèvement a donc été réalisé le 07/06/2023, avec un quota azoté proche du quota de subsistance (1,07 % en MS). Durant toute la saison jusqu'au dernier prélèvement (le 31/08/2023), les quotas azotés oscillaient autour du quota de subsistance ($0,90 \pm 0,15$ % en MS). C'est la première année qu'une limitation de la croissance des ulves en azote soit aussi précoce et marquée pour ce site (Figure 20). Concernant le phosphore, semblable à ce qui est globalement observé lors des années antérieures, le profil des quotas en 2023 indiquait une limitation de la croissance des ulves en phosphore durant toute la saison (Figure 20), avec des valeurs comprises entre 0,047 et 0,093 % en MS.

Pour le site de « **Noirmoutier-la Fosse** », excepté lors du premier prélèvement daté du 05/05/2023, les quotas azotés ont oscillé entre le quota critique et celui de subsistance ($1,421 \pm 0,385$ % en MS) (Figure 20). Concernant les quotas phosphorés, le profil observé en 2023 était semblable à celui des deux années précédentes (2021 et 2022), avec des valeurs relativement stables durant la saison, comprises entre le quota critique et de subsistance ($0,078 \pm 0,015$ % en MS).

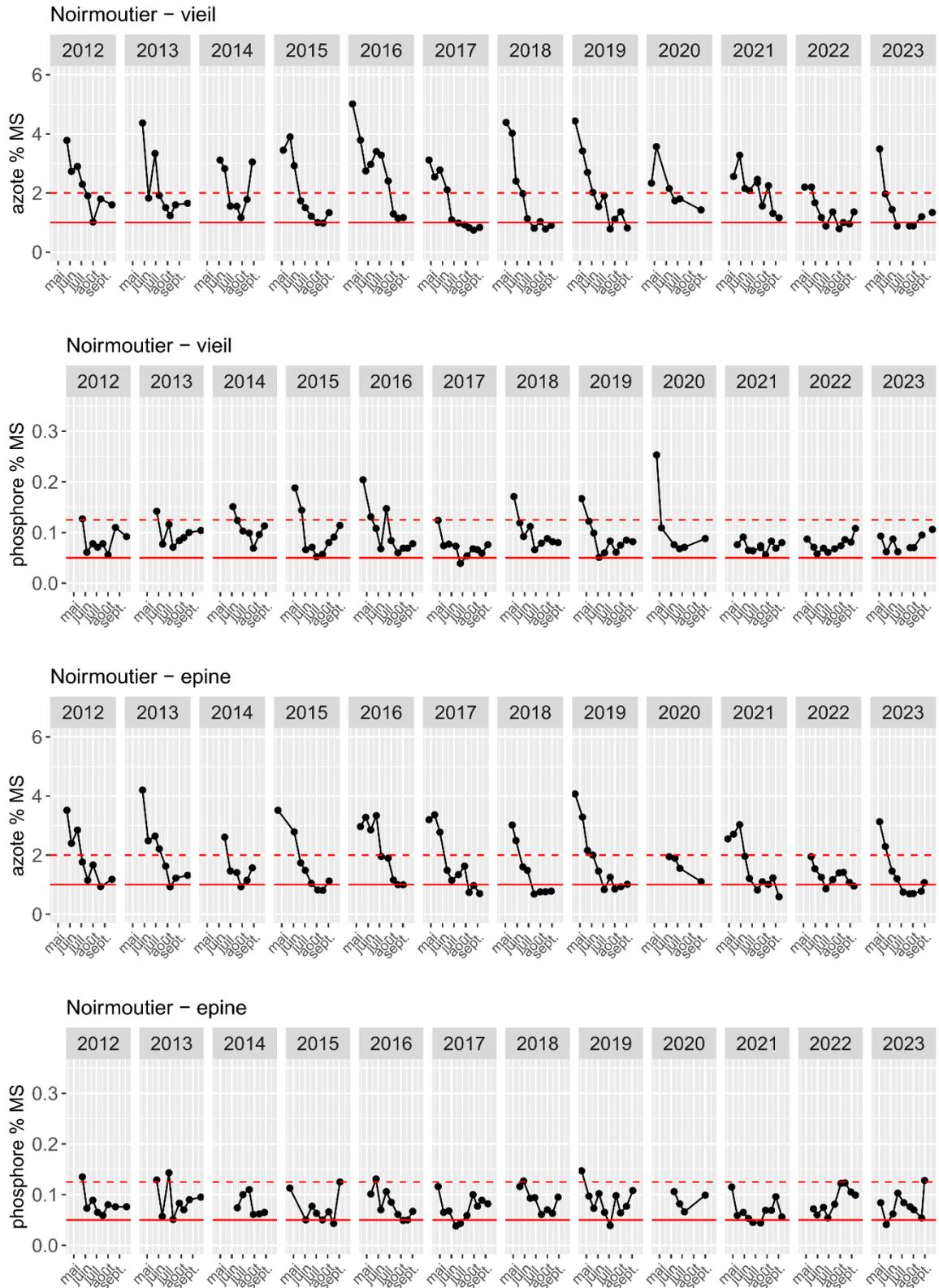


Figure 19 : Evolution interannuelle (2012-2023) des contenus tissulaires des ulves en azote et phosphore sur les sites de « Noirmoutier-Vieil » et « Noirmoutier-Epine ». La ligne rouge en trait pointillé indique le quota critique. La ligne rouge en trait plein indique le quota de subsistance.

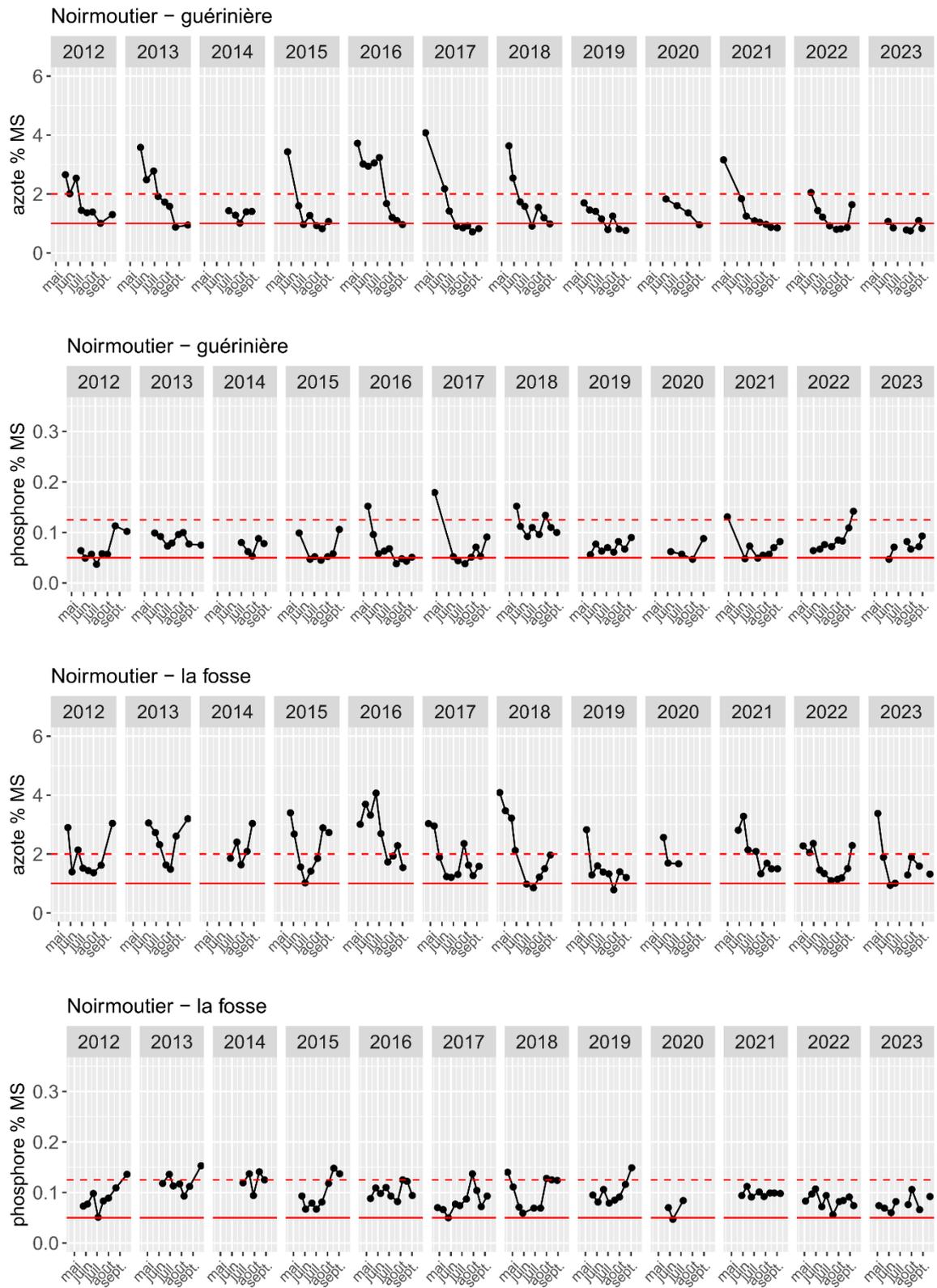


Figure 20 : Evolution interannuelle (2012-2023) des contenus tissulaires des ulves en azote et phosphore sur les sites de « Noirmoutier-Guérinière » et « Noirmoutier-La Fosse ». La ligne rouge en trait pointillé indique le quota critique. La ligne rouge en trait plein indique le quota de substance.



Bien que le site de la « **Tranche-sur-Mer** » et les sites de **l'Île de Ré** soient assez proches géographiquement (Figure 21), les évolutions des quotas internes en azote et en phosphore sont différentes selon le site considéré (Figure 22 et Figure 23).



Figure 21 : Localisation des points de prélèvement des algues (symbolisée par une croix rouge) pour l'analyse des contenus tissulaires en azote et en phosphore. Les « délimitations » définies par le CEVA des sites étudiés (« Tranche-sur-Mer », « Ré-La-Flotte », « Ré – Saint-Martin-en-Ré », « Ré-Portes-en-Ré ») sont représentés par un polygone blanc.

Comme pour les années 2013, 2015, 2016, 2018 et 2022, peu de prélèvements d'ulves ont pu être réalisés sur le site de « **La Tranche-sur-Mer** » en 2023, du fait de l'absence récurrente d'ulves, particulièrement pour les mois de mai et juin. Le site a d'ailleurs fait l'objet de classement pour les ulves uniquement pour l'inventaire du mois de juillet en 2023. Seuls trois prélèvements ont été effectués : le 22/07, 03/08 et 30/08/2023. Le peu de données en quota azoté et phosphoré ne permet pas de suivre l'état nutritionnel de la masse d'eau au niveau du site de « La Tranche-sur-Mer » qui n'a pas subi de réelle prolifération pour l'année 2023.

Pour les sites de « **Ré-la Flotte** » et « **Ré-Saint-Martin-en-Ré** », le profil des quotas azotés pour l'année 2023 était relativement similaire, avec des valeurs en début de saison (22/05/2022) supérieures au quota critique (3,23 et 2,85 % en MS respectivement). Cette configuration a été régulièrement observée lors des suivis des années antérieures (Figure 22 et Figure 23). En revanche, l'année 2023 présente une limitation de la croissance des ulves par l'azoté très précoce pour le site, avec des quotas azotés inférieurs au quota critique dès début juin (1,39 et 1,27 % en MS respectivement ; le 06/06/2023). Cette limitation s'installe durant toute la saison avec des quotas proches du quota de subsistance (Figure 22 et Figure 23).

Concernant le phosphore, comme ce qui avait été observé lors des deux années précédentes (2021 et 2022), le profil des quotas en 2023 pour ces deux sites de l'île de Ré montrait une limitation en phosphore pour la croissance des ulves dès la mi-mai, suivi d'une augmentation progressive des quotas au cours de la saison (Figure 22 et Figure 23). L'Île



de Ré est entourée de platiers rocheux et la limitation en phosphore observable sur ces deux sites pourrait en partie s'expliquer par la croissance des ulves sur ces plateformes littorales plus éloignées des sédiments meubles. Néanmoins l'augmentation des quotas phosphorés observée durant la période estivale pourrait indiquer une « réalimentation » en phosphore du milieu par les relargages sédimentaires favorisées pendant l'été (augmentation de la température, conditions anoxiques du sédiment).

Pour le troisième site de l'île de Ré « **Ré-Portes-en-Ré** », une limitation en phosphore était également observée tout le long de la saison 2023 mais avec un profil différent des deux précédents sites (Figure 22 et Figure 23). Durant toute la saison, les quotas phosphorés sont restés stables, proche du quota de subsistance, comme observé régulièrement lors des suivis des années antérieures (Figure 23). Concernant l'azote, le profil des quotas pour l'année 2023 était semblable à ceux des années antérieures (Figure 23). Les premiers prélèvements en mai présentaient des quotas supérieurs au quota critique. Une chute a été ensuite observée pour atteindre début juillet une valeur inférieure au quota de subsistance (0,91 % en MS ; le 05/07/2023), amorçant une limitation nette en azote pour la croissance des ulves durant toute la saison (Figure 23).

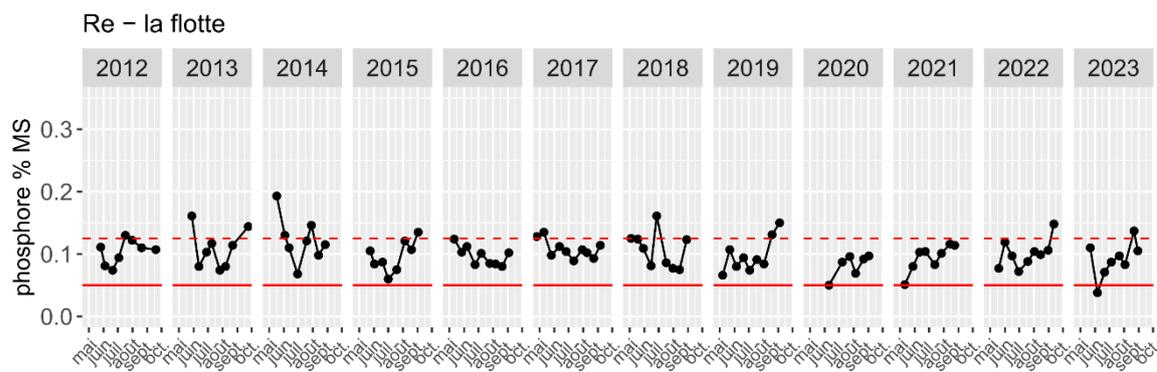
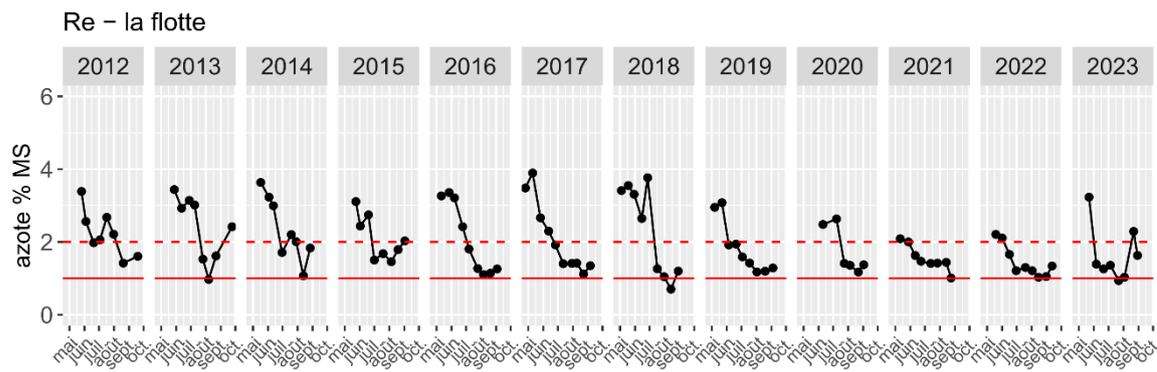
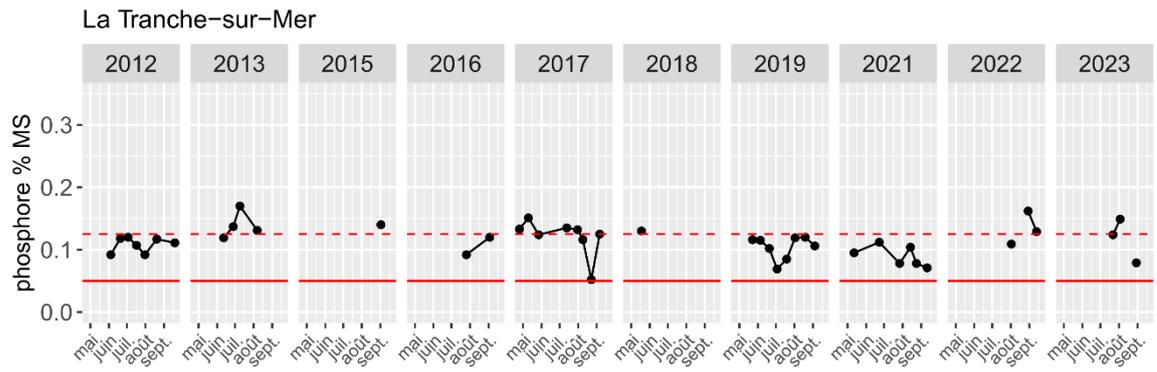
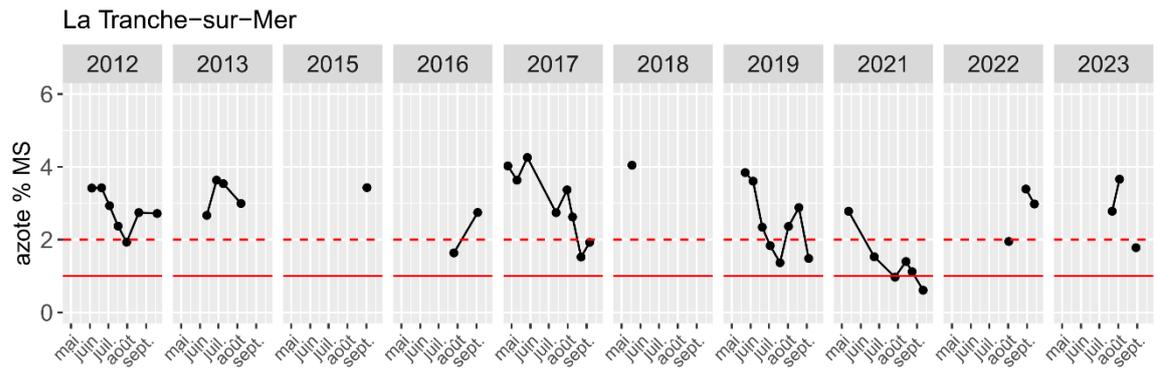


Figure 22 : Evolution interannuelle (2012-2023) des contenus tissulaires des ulves en azote et phosphore sur les sites de « La Tranche-sur-Mer » (Anse du Maupas – La Grande Plage) et « Ré la Flotte en Ré » (Plage de la Clavette). La ligne rouge en trait pointillé indique le quota critique. La ligne rouge en trait plein indique le quota de subsistance.

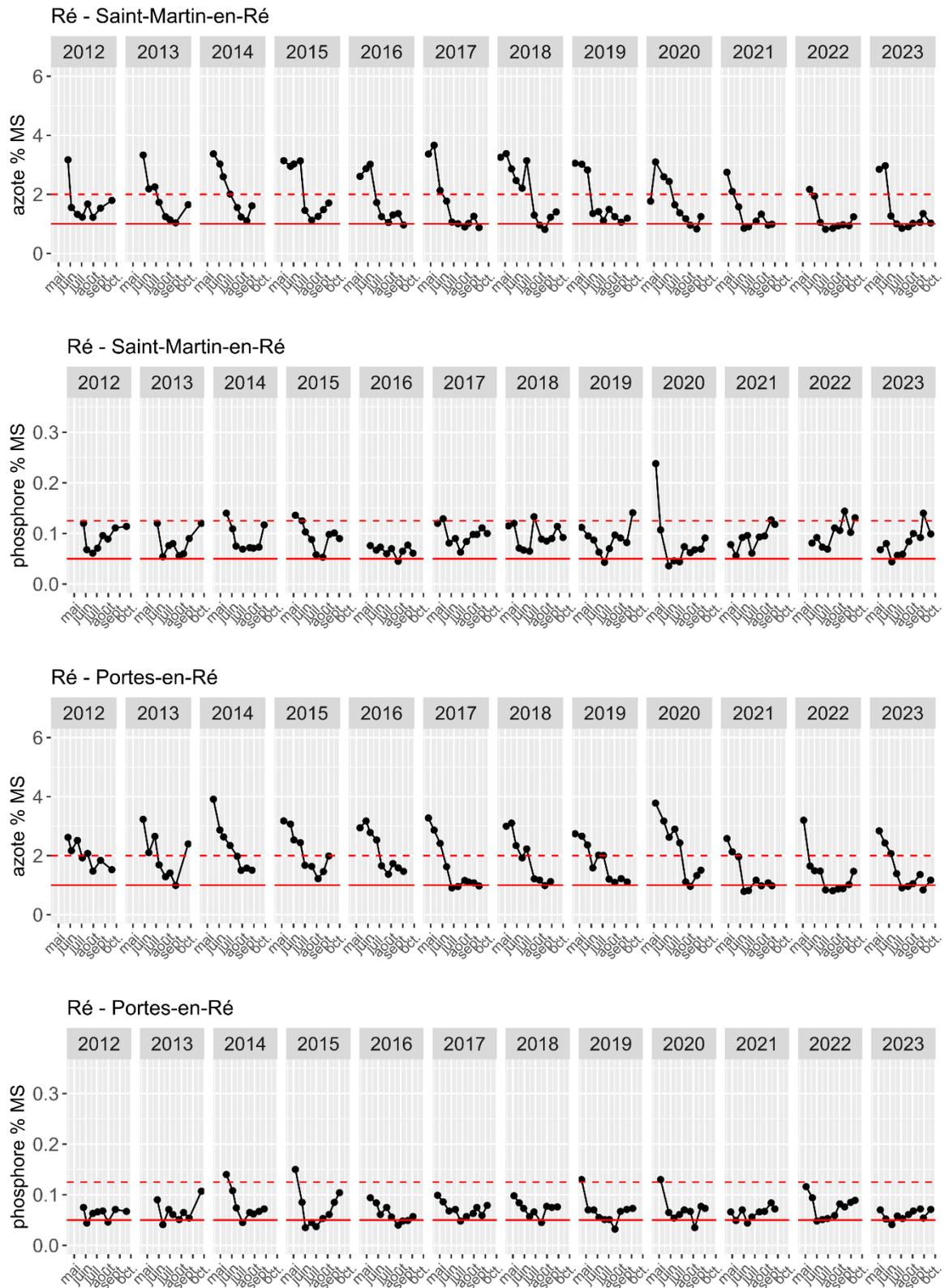


Figure 23 : Evolution interannuelle (2012-2023) des contenus tissulaires des ulves en azote et phosphore sur les sites de « Ré-Saint Martin en Ré » (rempart du Vert Clos), et « Ré-Portes en Ré » (Plage du Gros Jonc). La ligne rouge en trait pointillé indique le quota critique. La ligne rouge en trait plein indique le quota de subsistance.



3.3. Paramètres environnementaux

Afin d'avoir des éléments de compréhension concernant le phénomène d'échouage d'algues vertes pour l'année 2023, plusieurs paramètres dits environnementaux ont été collectés :

- **Débits** des principaux fleuves (La Vilaine, La Loire, La Charente, La Dordogne, La Garonne et la Sèvre Niortaise). Ces données ont été collectées via le site « hydro.eaufrance.fr ». La localisation des stations hydrométriques figure en Annexe 4. Ces données ne reflètent pas les débits à la sortie des estuaires mais permettent d'observer les variations annuelles (Figure 24).
- **Flux en nitrate** des principaux fleuves (La Vilaine, La Loire, La Charente, La Dordogne, La Garonne et La Sèvre Niortaise). Ces données sont calculées à partir des débits journaliers, et des concentrations en nitrate collectées via le site « naiades.eaufrance.fr ». La localisation des stations de suivi de qualité de l'eau figure en Annexe 4. Ces données ne reflètent pas les flux à la sortie des estuaires mais permettent d'observer les variations annuelles. Afin de calculer les flux journaliers en nitrate, les concentrations journalières en nitrates sont déterminées par interpolation linéaire à partir des mesures disponibles.
- **Température de surface de l'eau de mer (SST)**. Ces données proviennent de la data base sous format "ocean level-3 standard mapped image (SMI)" (<https://oceandata.sci.gsfc.nasa.gov/directdataaccess/Level-3%20Mapped/Aqua-MODIS/>). Chaque coordonnée, ou repère, représente le point moyen pour chaque grille d'une résolution de 4 km. Ces mesures de SST ont été réalisées indirectement via les mesures de réflectance de 36 bandes spectrales, allant du visible à l'infrarouge, à partir du spectroradiomètre imageur à moyenne résolution (capteur MODIS) installé sur le satellite AQUA. Ces données ne reflètent pas les températures exactes dans les zones d'échouages, ni la température au niveau tissulaire des algues, mais permettent d'observer les variations annuelles en tendance. Les températures collectées correspondent aux valeurs mensuelles pour les mois de mars, avril et mai de 2003 à 2023.
- **Hauteur de la houle significative (Hs)**. Ces données proviennent du modèle MARC WaveWatch III (<https://forms.ifremer.fr/lops-oc/marc-ww3/>). Hs permet de caractériser l'état de la mer. Elle correspond à la moyenne des hauteurs (mesurées entre crête et creux) du tiers des plus fortes vagues.

3.3.1. Débits et flux d'azote

La Figure 25 permet de comparer le profil des débits pendant la période d'octobre (année n-1) à septembre (année n) pour la saison 2022/2023 avec celui observé, en moyenne, lors des saisons précédentes.



Pour La Charente et La Loire, les débits mesurés pendant la période de prolifération algale (mai à septembre) étaient nettement inférieurs à la moyenne des années antérieures (2003-2022) (-31 ± 9 % pour La Charente ; -40 ± 7 % pour La Loire). Dans une moindre mesure, ceci est également observé pour La Sèvre Niortaise et La Vilaine mais principalement en juin/juillet (Figure 27). Pour La Dordogne et La Garonne, les débits de mai-juillet 2023 étaient proches de la moyenne 2003-2022 (-18 ± 16 % et -8 ± 12 %). En revanche un déficit net était observé pendant la période hivernale pour ces deux fleuves, de même que pour La Loire (Figure 27). La Charente, La Sèvre Niortaise et La Vilaine étaient marquées par des débits en début de printemps 2023 supérieurs à la moyenne 2003-2022 (en avril : -35 %, -65 % et -109 % respectivement).

Les flux journaliers en nitrate ont été calculés à partir des concentrations en nitrate mesurées et interpolées depuis janvier 2002 (Figure 26). En moyenne les concentrations en nitrate depuis janvier 2002 étaient autour de $23,3$ mg NO₃/L, $5,9$ mg NO₃/L et $8,1$ mg NO₃/L, $12,4$ mg NO₃/L, $35,3$ mg NO₃/L et $19,8$ mg NO₃/L pour La Charente, La Dordogne, La Garonne, La Loire, La Sèvre Niortaise et La Vilaine respectivement. La Figure 27 permet de comparer le profil des flux en nitrate pendant la période d'octobre (année n-1) à septembre (année n) pour la saison 2022/2023 avec celui observé, en moyenne, lors des saisons précédentes. Les anomalies observées pour les débits de la saison 2022/2023 (Figure 25) se traduisent globalement de la même manière pour les flux en nitrates de chaque fleuve (Figure 27). Pour l'année 2023, alors que leur flux en nitrate étaient supérieurs à la moyenne 2003-2022 en début de printemps (avril), La Charente, La Sèvre Niortaise, et la Vilaine présentaient un déficit d'apport azoté en pleine période estivale (respectivement -39 %, -32 % et -43 % sur la période juillet/août). Les flux en nitrates calculés pour La Dordogne, La Garonne et La Loire présentaient des anomalies négatives sur l'ensemble de la saison hydraulique 2022-2023 avec un déficit bien marqué en période estivale (respectivement -34 %, -44 % et -70 % sur la période juillet/août).

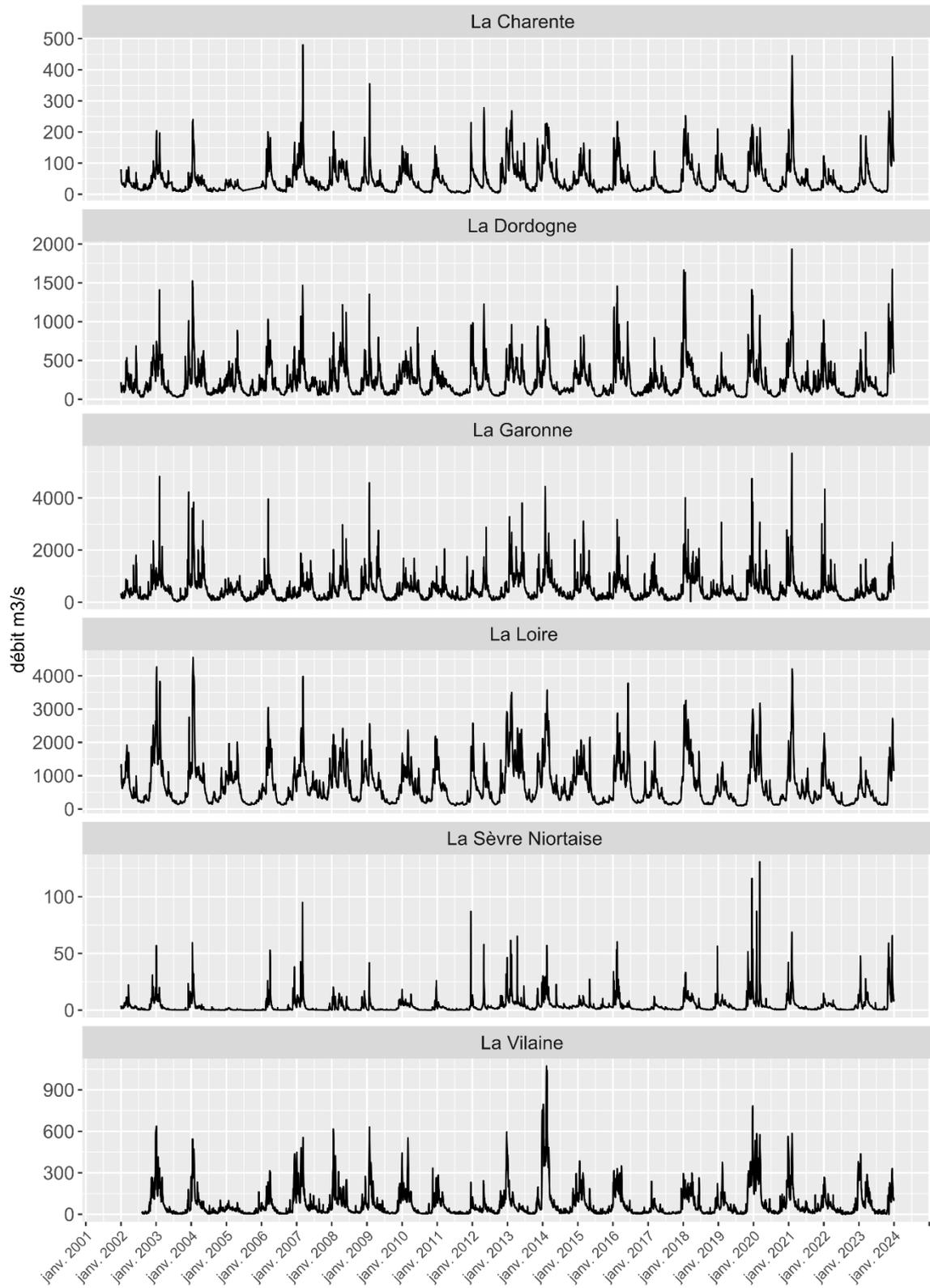


Figure 24 : Evolution temporelle des débits journaliers de La Charente, La Dordogne, La Garonne, La Loire, La Sèvre Niortaise et La Vilaine de janvier 2002 à janvier 2024.

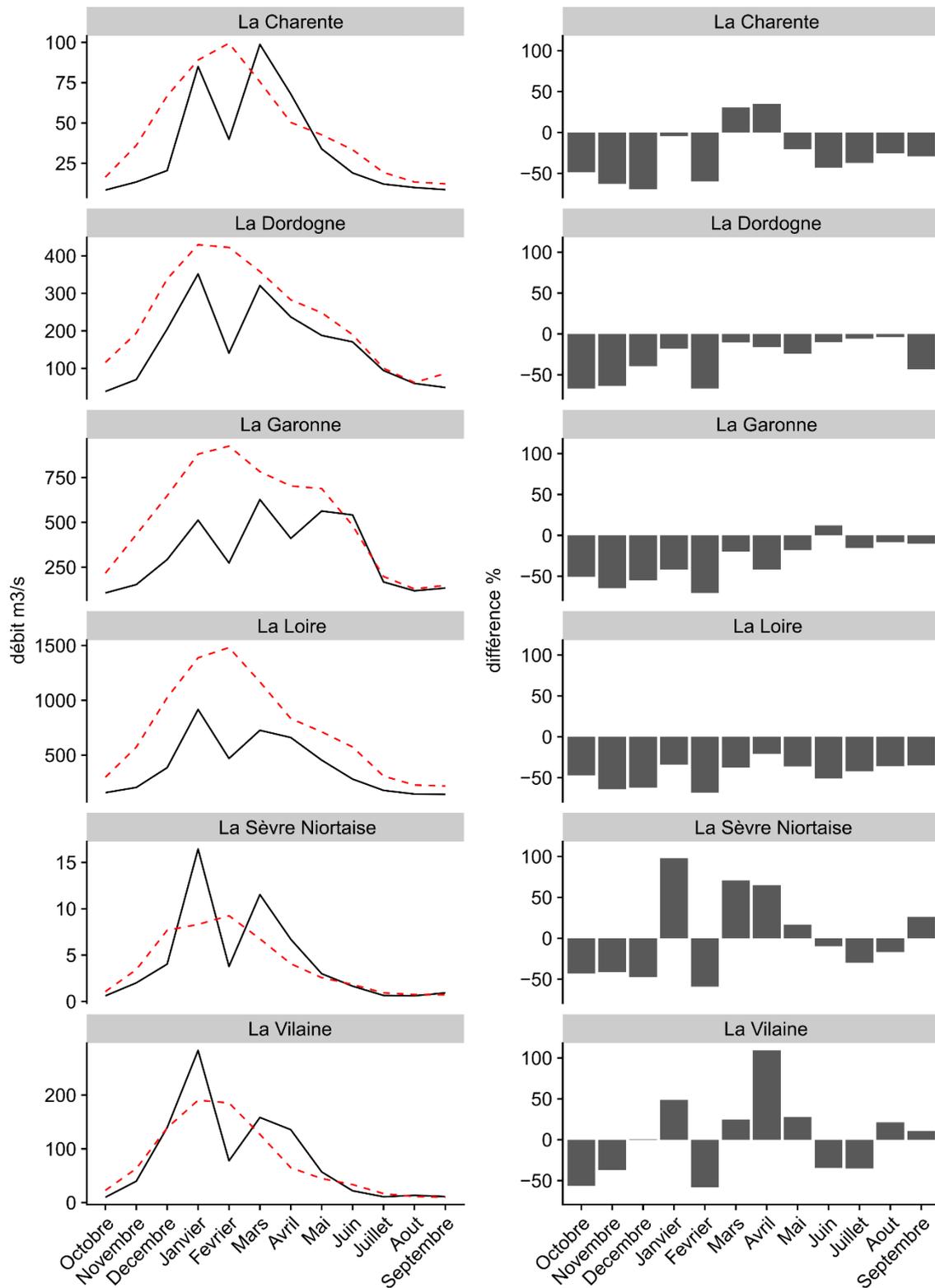


Figure 25 : Comparaison des débits pour la saison 2022/2023 (d'octobre année n-1 à septembre année n) avec la moyenne des débits collectés pour les saisons précédentes (2002/2003 à 2021/2022). A gauche : la ligne noire trait plein représente les débits pour la saison 2022/2023 ; la ligne rouge en pointillée représente la moyenne des débits antérieurs. A droite : Différence de débit (en %) entre la saison 2022/2023 et la moyenne (2002/2003-2021/2022).

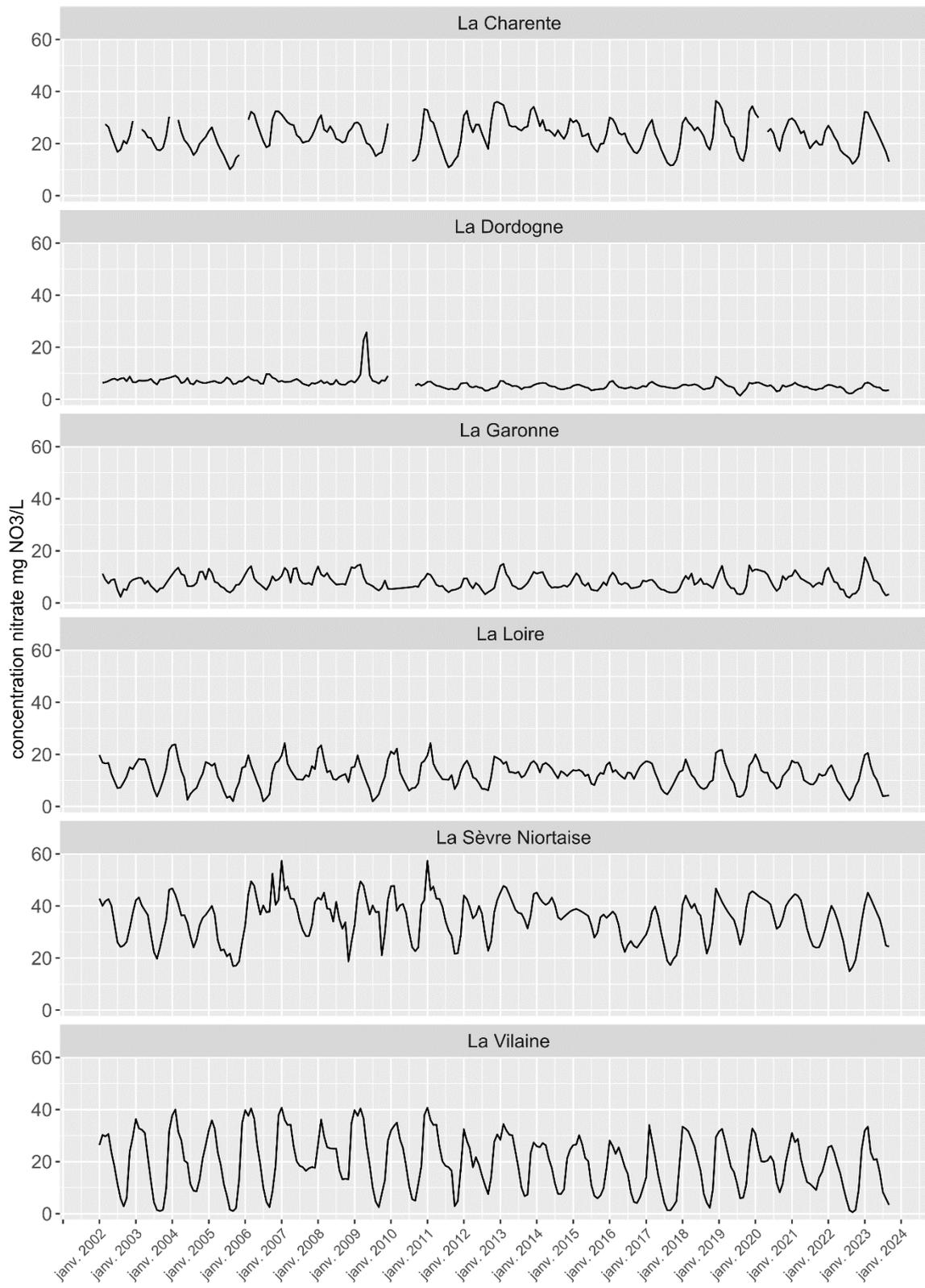


Figure 26 : Evolution temporelle des concentrations mensuelles en nitrate de La Charente, La Dordogne, La Garonne, La Loire, La Sèvre Niortaise et La Vilaine à partir de janvier 2002.

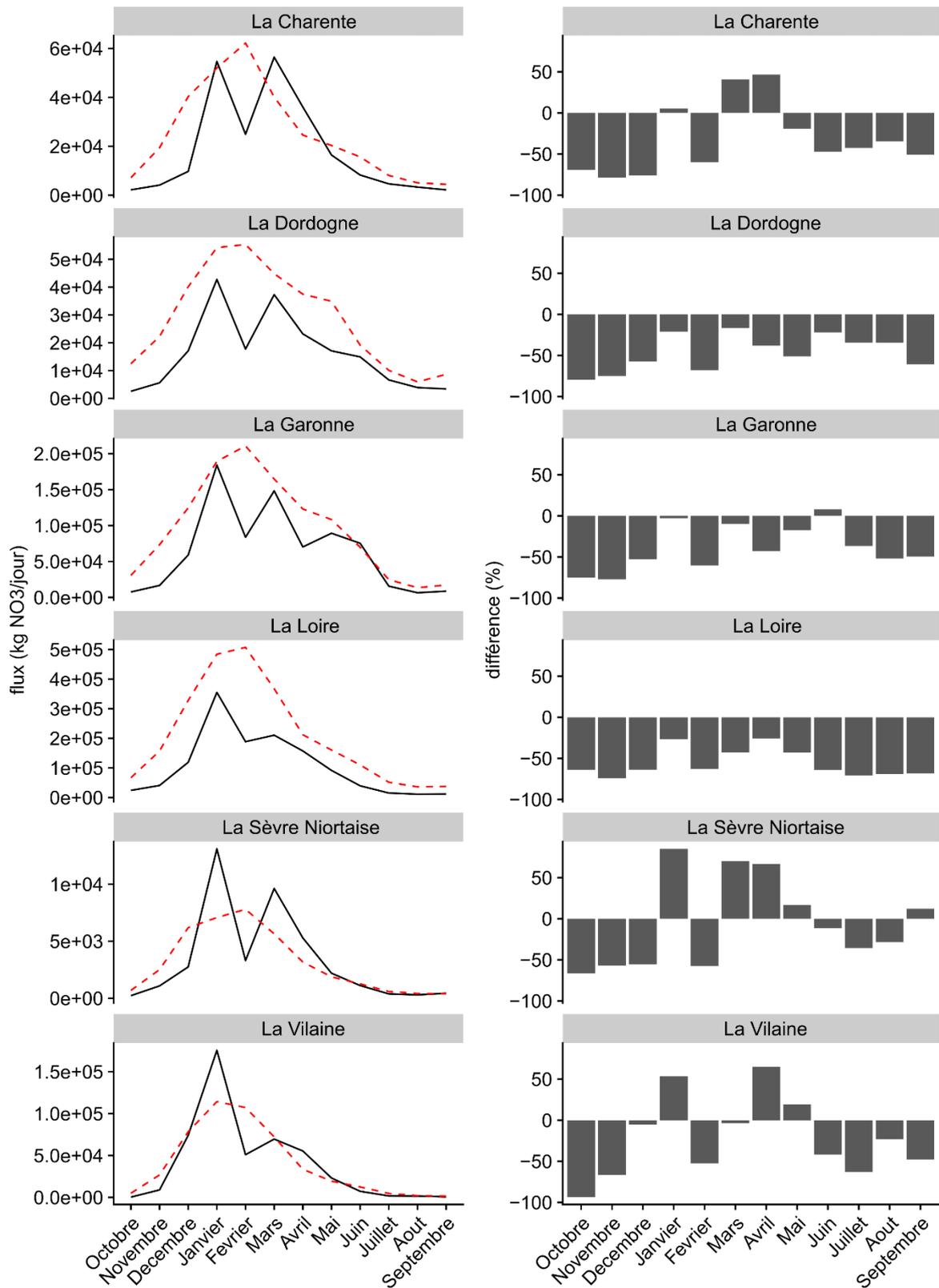


Figure 27 : A Gauche : Comparaison des flux en nitrate pour les saisons 2022/2023 (ligne noire trait plein) (d'octobre année n-1 à septembre année n) avec la moyenne des flux collectés pour les saisons précédentes (ligne rouge en pointillée). A droite : Différence de flux (en %) entre la saison 2022/2023 et la moyenne (2002/2003-2022/2023).



3.3.2. Température de surface de l'eau de mer (SST)

L'ensemble des données SST (« Sea Surface Temperature ») associées aux sites d'échouages d'algues vertes correspondent aux stations localisées sur la Figure 28. Les températures ont été collectées pour les mois de mars, avril et mai de 2003 à 2023 (Figure 29 et Figure 30). En début de printemps, la température de l'eau est potentiellement un facteur limitant pour la croissance des algues et un réchauffement précoce de l'eau peut permettre un démarrage précoce des proliférations.

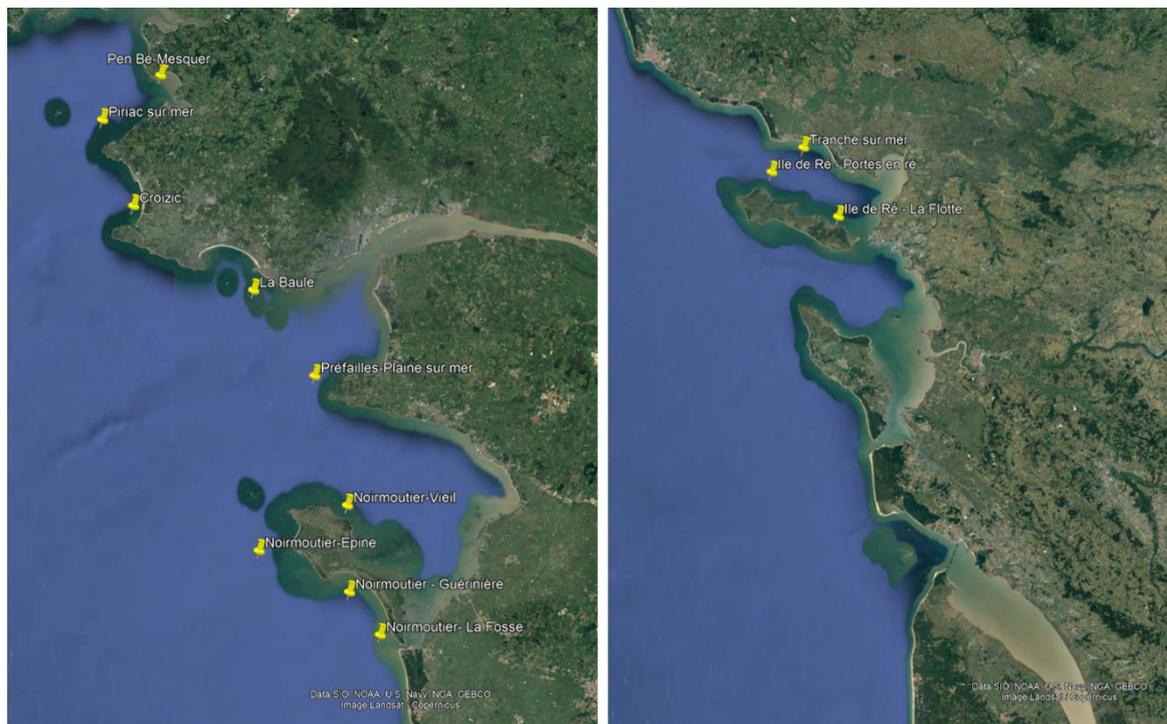


Figure 28 : Localisation des données SST à partir du satellite AQUA-MODIS.

La Figure 30 permet de comparer les températures de surface de l'eau mars-mai 2023 avec celles moyennées sur les années antérieures (2003-2022).

Lors de l'année précédente 2022, une anomalie positive des températures sur la période mars-mai avait été observée (cf rapport DCE 2022) sur la façade Atlantique, du nord de l'estuaire de la Loire jusqu'à l'Ile de Ré. Pour l'année 2023, les températures de surface de l'eau sur la période mars-mai étaient relativement proches de la moyenne 2003-2023. On observe même des anomalies négatives bien marquées pour les températures du mois de mars dans la baie de Pont-Mahé (-1.6 °C pour Pen-Bé/Mesquer) et au sud de l'île de Noirmoutier (-1.3 °C et -1.4 °C pour Noirmoutier-Guérinière et Noirmoutier-La Fosse respectivement) (Figure 30).

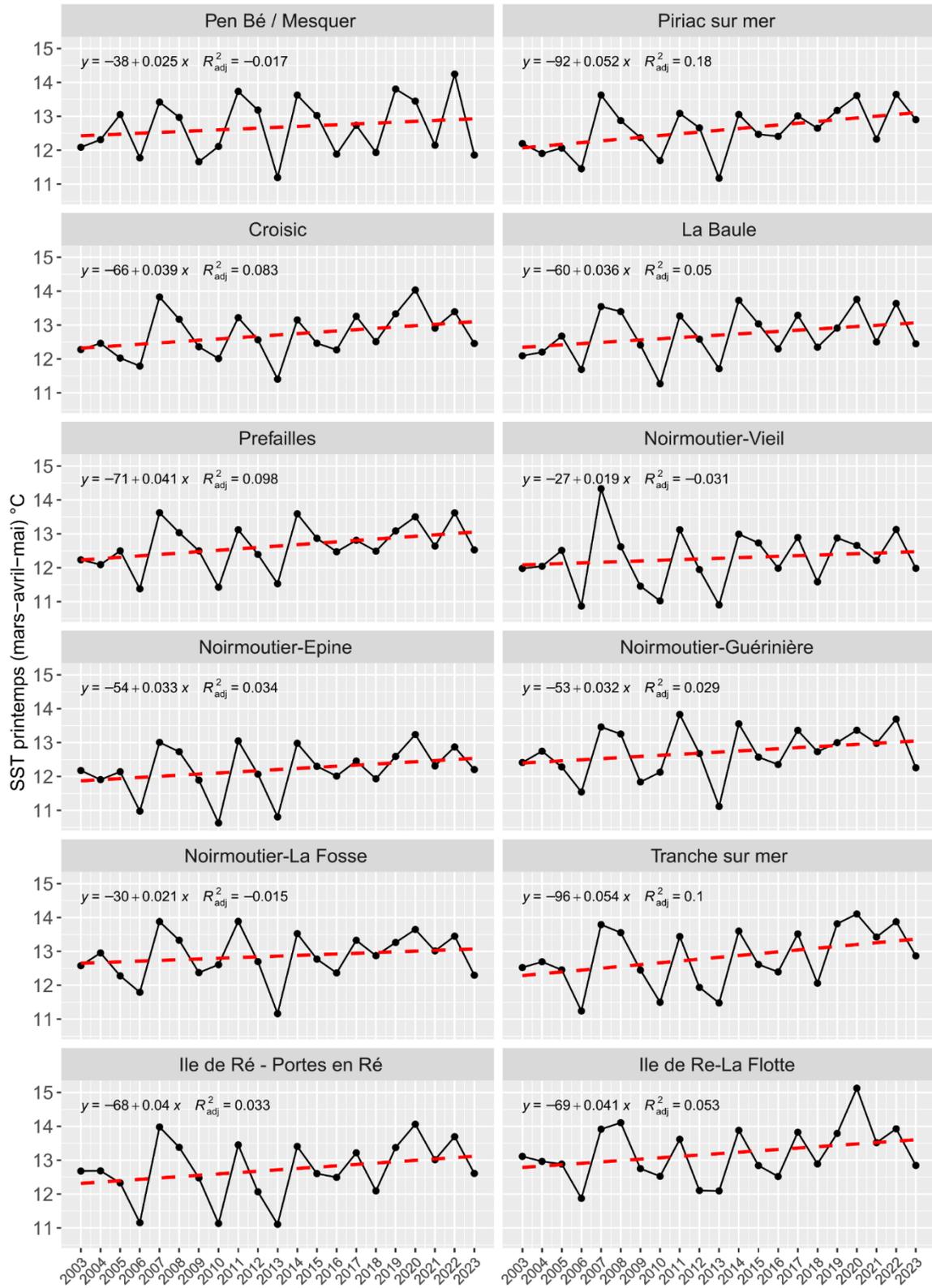


Figure 29 : Evolution des températures moyennes sur la période de mars à mai de surface de l'eau de mer (SST ; °C) de 2003 à 2022. La droite rouge en pointillée correspond à une courbe de tendance linéaire avec équation de la droite annotée.

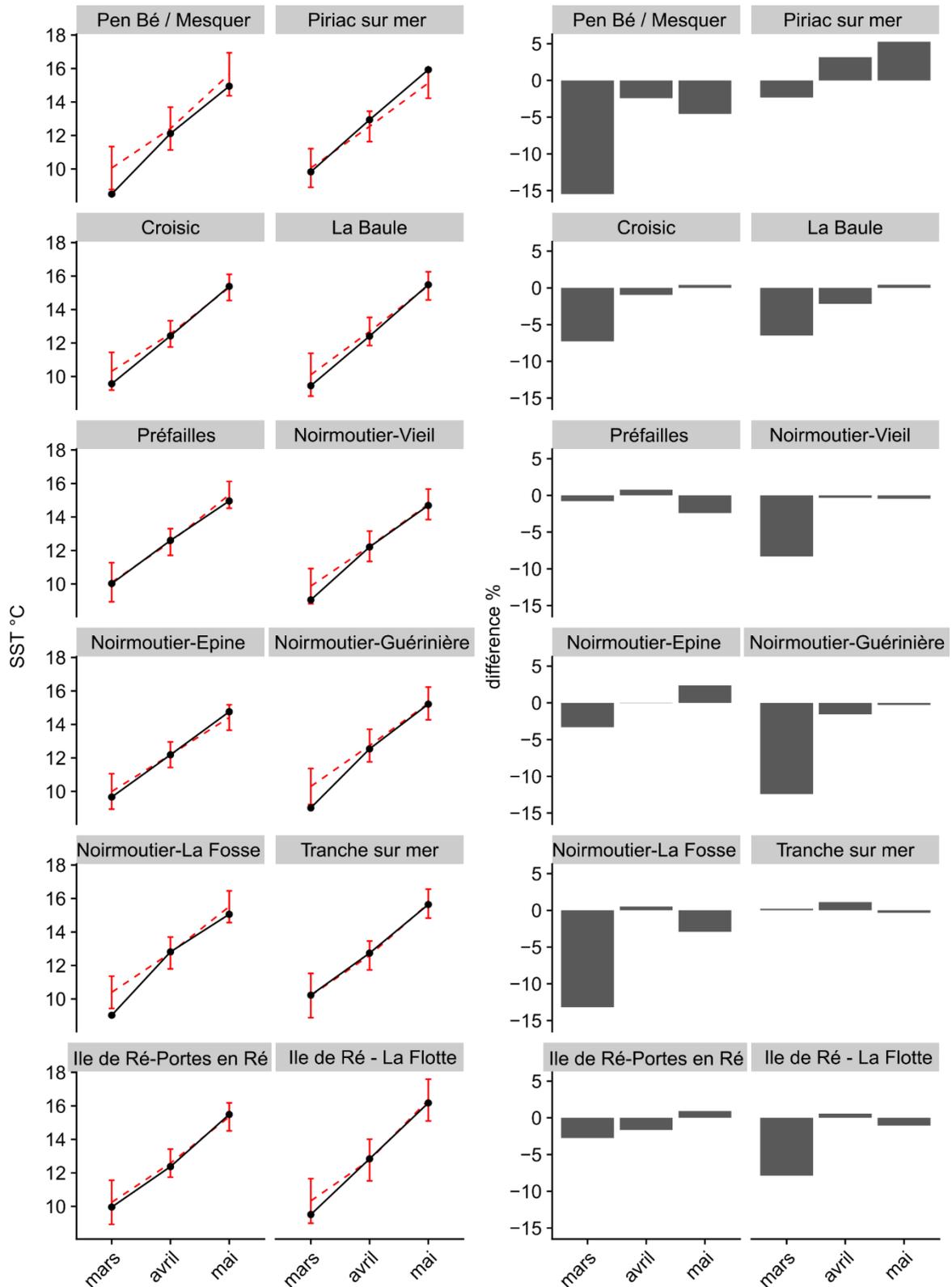


Figure 30 : Comparaison des températures de surface de l'eau de mer (SST ; °C) pour les mois de mars, avril et mai entre l'année 2023 et les années antérieures (de 2003 à 2022). A gauche : la ligne noire trait plein représente les températures pour l'année 2023 ; la ligne rouge en pointillée représente la moyenne des températures des années antérieures (barre d'erreur en rouge calculée sur la période 2003-2022). A droite : Différence de température (en %) entre l'année 2023 et la moyenne (2003-2022).



3.3.3. Hauteur de la houle significative (Hs)

L'ensemble des données Hs associé aux sites d'échouages d'algues vertes correspond aux stations localisées à la Figure 31. L'ensemble des données disponibles correspond à la période de janvier 2012 à janvier 2024 (Figure 32).

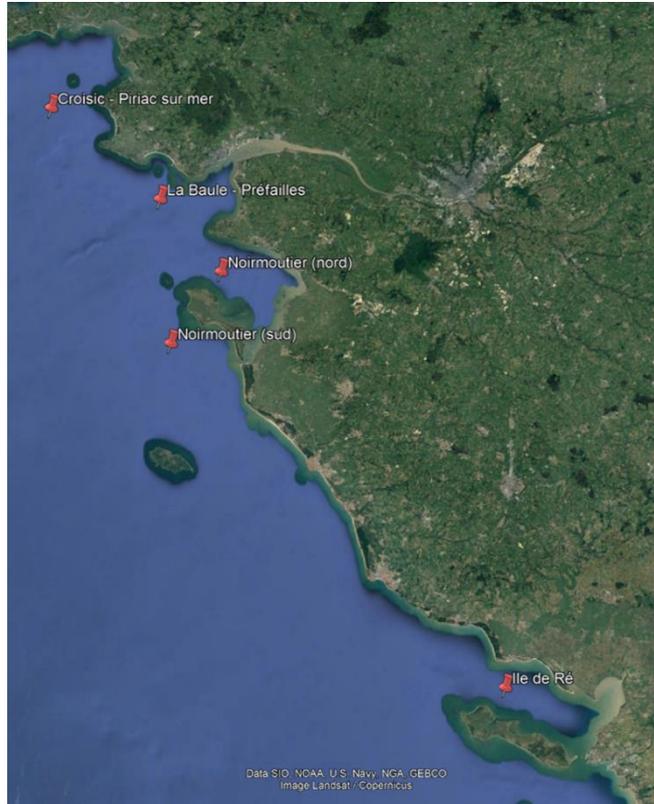


Figure 31 : Localisation des données Hs à partir du modèle MARC-WW3.

La Figure 33 permet de comparer le profil de la houle significative (Hs) pendant la période d'octobre (année n-1) à septembre (année n) pour la saison 2022/2023 avec celle moyennée sur les saisons précédentes.

D'une manière générale, l'état de la mer durant la période printanière (mai-juin) de l'année 2023 était relativement plus calme que les années précédentes pour l'ensemble des 5 sites. La valeur moyenne Hs pour la période mai-juin pour « Le Croisic-Piriac sur mer » était de 0,6 m (soit -21 % inférieur à la moyenne 2013-2022), pour « Ile de Ré » de 0,4 m (soit -25 % inférieur à la moyenne 2013-2022), pour « La Baule-Préfailles » de 0,6 m (soit -25 % inférieur à la moyenne 2013-2022), pour « Noirmoutier-Nord » de 0,4 m (soit -13 % inférieur à la moyenne 2013-2022) et pour « Noirmoutier-Sud » de 0,8 m (soit -28 % inférieur à la moyenne 2013-2022). A l'inverse, la période estivale (juillet-août) de l'année 2023 présentait une houle relativement plus élevée. En comparaison aux années antérieures, la valeur moyenne Hs en 2023 sur la période juillet-août était supérieure de -32 % pour « Le Croisic-Piriac sur mer », -12 % pour « Ile de Ré », -24 % pour « La Baule-Préfailles », -21 % pour « Noirmoutier-Nord », et -15 % pour « Noirmoutier-Sud ».

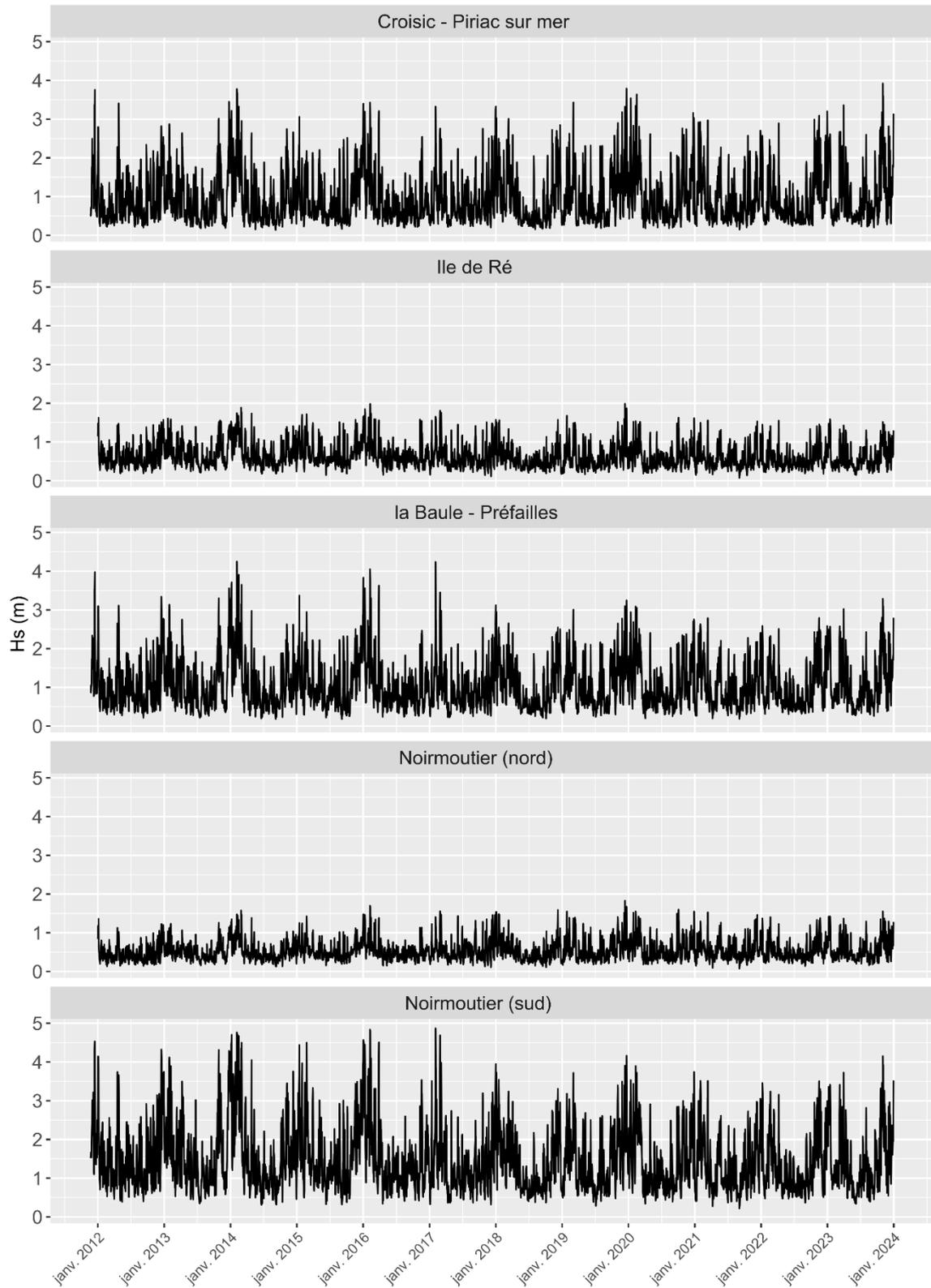


Figure 32 : Evolution de la houle significative (Hs; m) de janvier 2012 à janvier 2024 à partir du modèle MARC-WW3.

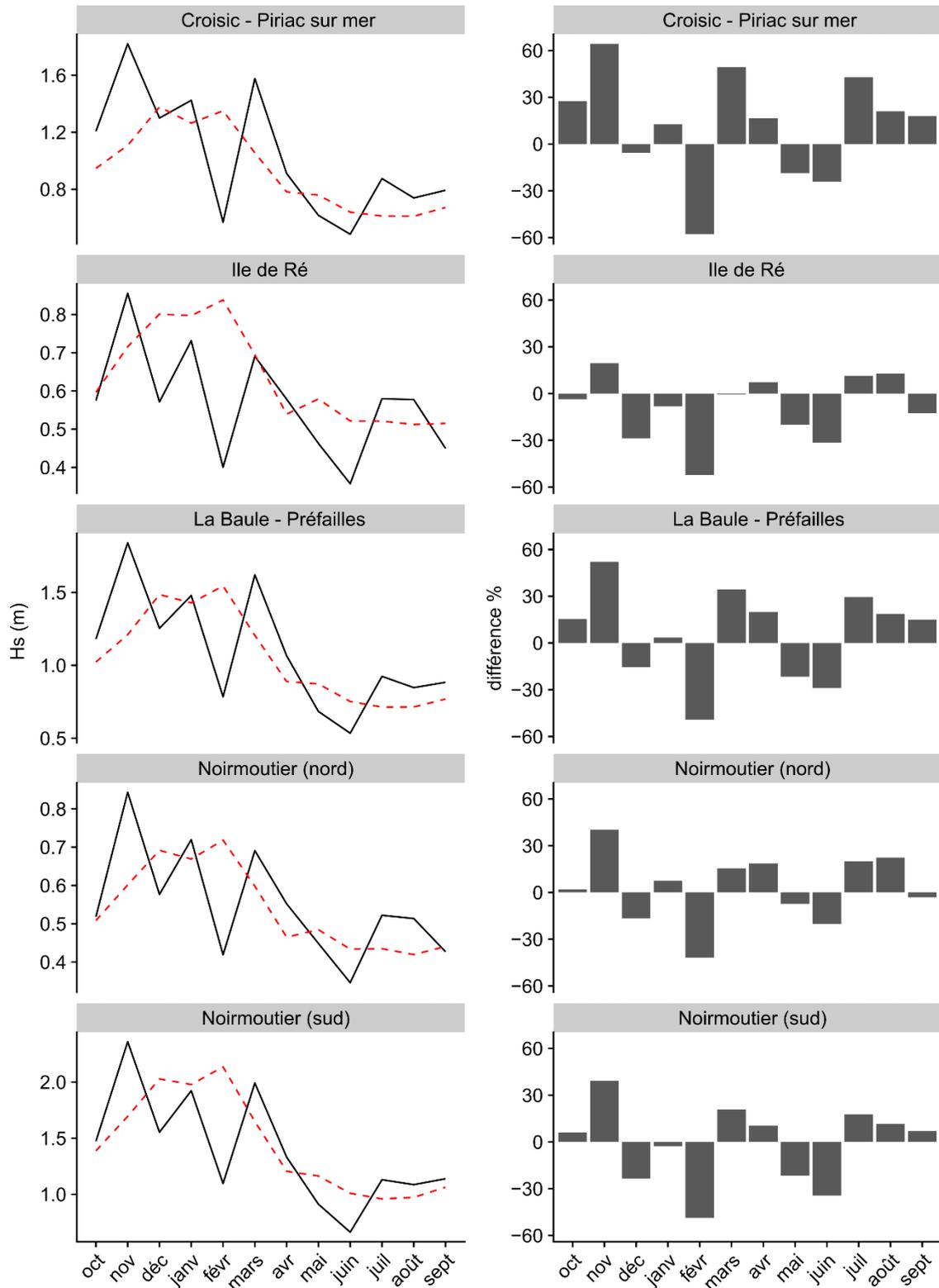


Figure 33 : Comparaison de la houle significative (Hs : m) pour la saison 2022/2023 (d'octobre année n-1 à septembre année n) avec celle moyennée pour les saisons précédentes (2012/2013 à 2021/2022). A gauche : la ligne noire trait plein représente la moyenne mensuelle Hs pour la saison 2022/2023 ; la ligne rouge en pointillée représente la moyenne mensuelle Hs pour les saisons précédentes. A droite : Différence (en %) entre la saison 2022/2023 et la moyenne (2012/2013-2021/2022).



4. Interprétations

Sur l'ensemble des sites RCO de cette façade Atlantique Sud Loire-Ile de Ré, la surface recouverte par les dépôts d'algues vertes cumulée sur la saison 2023 était la plus faible jamais enregistrée depuis le début des suivis en 2012. Les échouages se sont révélés relativement tardifs avec pratiquement la moitié des surfaces d'échouage (46 %) enregistrée lors de l'inventaire du mois de juillet. En parallèle, un déficit en apport azoté était observé sur l'ensemble des 5 principaux fleuves en 2023 (la Vilaine, la Loire, la Charente, la Dordogne, la Garonne et la Sèvre Niortaise) au cours de la saison de prolifération algale (flux NO_3 sur la période mai-septembre : $- 35 \pm 25$ % inférieur à la moyenne 2012-2022). La Loire et l'estuaire de la Gironde (Dordogne + Garonne) présentaient même la particularité d'un déficit sur l'ensemble de l'année hydrologique 2022/2023. Ces conditions nutritives peuvent ainsi favoriser une limitation de la croissance des ulves par l'azote à la fois plus précoce et plus marquée au cours de la période estivale.

L'année précédente 2022 s'était également caractérisée par des flux azotés relativement faibles en comparaison avec les années précédentes, en particulier pour La Loire et La Vilaine (cf rapport DCE 2022). Ceci s'était traduit par une baisse à la fois des surfaces d'échouages d'ulves et des quotas azotés, notamment pour les sites de « Pen-Bé », « Piriac-sur-mer » et « Croisic ». Des profils similaires ont été observés lors de l'année 2023 : pour la deuxième fois, le site de « Pen-Bé » n'a pas été classé comme « site à marée verte » ; la décroissance des échouages d'ulves pour le site de « Piriac sur mer » s'est confirmée ; de très faibles surfaces d'échouages ont été une nouvelle fois mesurées pour le site du « Croisic ». Pour ces trois sites, les profils des contenus tissulaires des ulves prélevées lors de la saison 2023, montraient également une limitation de leur croissance par l'azote très marquée et précoce.

Les sites de Noirmoutier semblent également influencés par les apports provenant de la Loire à proximité. Comme pour l'année 2022, les faibles apports nutritifs de la Loire en 2023 se sont traduits par une limitation de la croissance des ulves par l'azote de manière très marquée durant la période estivale pour les 4 sites de Noirmoutier. Ainsi, pour la deuxième fois, le site « Noirmoutier-Guérinière » n'a pas été classé comme « site à marée verte », et le site « Noirmoutier-Epine » présentait des surfaces d'échouage les plus faibles jamais enregistrées depuis le début des suivis.

A noter également que les données collectées sur l'état de la mer en 2023 (cf paragraphe « Hauteur de la houle significative (Hs) ») témoignaient d'un printemps relativement calme, et à l'inverse un été avec une houle plus élevée. Une houle et des vents plus soutenus peuvent favoriser des phénomènes d'arrachage des algues présentes sur les platiers. Les échouages présents sur de nombreux sites de ce linéaire côtier, sont issus en grande partie de ces phénomènes d'arrachage. Les échouages relativement tardifs observés sur l'ensemble des sites du RCO Sud Loire-Ile de Ré pour l'année 2023 peuvent s'expliquer par les conditions météorologiques printanières particulièrement calmes.



5. Conclusion

L'analyse des données a mis en évidence :

- ✓ Une année 2023 comme étant l'année avec la plus faible surface annuelle d'échouage d'ulves cumulée sur les sites du RCO (106,7 ha) depuis le début des suivis.
- ✓ Une année 2023 tardive avec pratiquement la moitié des surfaces d'échouage (46 %) enregistrée lors de l'inventaire du mois de juillet.
- ✓ Deux sites qui n'ont pas été concernés par des échouages significatifs d'ulves lors des 5 inventaires. Il s'agit des sites « Pen-Bé » et « Noirmoutier-Guérinère ». C'est la deuxième fois consécutive pour le site « Pen-Bé ».
- ✓ L'influence de débits relativement faibles sur la période mai-septembre pour la Loire, la Vilaine, la Charente, la Gironde et la Sèvre Niortaise en 2023 sur le statut nutritionnel des ulves sur les sites du RCO. Globalement la baisse des apports azotés aux exutoires aurait conduit à une limitation de la croissance des ulves par azote de manière plus précoce et intense durant la période estivale.
- ✓ La particularité de sites d'arrachage sur ce linéaire peut expliquer des échouages plus ou moins tardifs et intenses selon les conditions météorologiques locales (vent, dépressions) et notamment l'état de la mer.

Cette douzième année de suivi complémentaire a permis d'apporter de nouveaux éléments à la compréhension de la dynamique des échouages d'ulves sur ce secteur du littoral. Néanmoins, des analyses approfondies du phénomène restent nécessaires pour notamment discriminer l'impact de l'eutrophisation des spécificités climatiques sur le développement d'algues opportunistes sur les estrans rocheux. En ce sens, une partie traitant des paramètres environnementaux 2023 et leur corrélation à la dynamique des échouages observés sur cette partie du littoral a été ajoutée dans le rapport cette année.



Bibliographie

CEVA, 2009, rapport CIMAV P3 « Compléments d'études sur les processus biologiques, hydrologiques et sédimentologiques impliqués dans la marée verte », pp 32.

CEVA, 2010, rapport CIMAV P3 « Compléments d'études sur les processus biologiques, hydrologiques et sédimentologiques impliqués dans la marée verte », pp 15.

CEVA, 2011, rapport CIMAV P3 « Compléments d'études sur les processus biologiques, hydrologiques et sédimentologiques impliqués dans la marée verte », pp 36.

Choi T. S., Kim K. Y. 2005. The effect of substrate on ecophysiological characteristics of green macroalga *Ulva pertusa* Kjellman (Chlorophyta). *Algae*, 20: 369-377.

Daalsgard T., Krause-Jensen D. 2006. Monitoring nutrient release from fish farms with macroalgal and phytoplankton bioassays. *Aquaculture* 256: 302-310.

Dion P., Le Bozec S., Golven P. 1996. Factors controlling the green tides in the bay of Lannion (France). In [Eds] J.W. Rijstenbil, P. Kamermans, P.H. Nienhuis. EUMAC, synthesis report and proceedings of the second EUMAC workshop, Sète, pp. 121-137.

Kamer K., Fong P., Kennison R.L., Schiff K. 2004. The relative importance of sediment and water column supplies of nutrients to the growth and tissue nutrient content of the green macroalga *Enteromorpha intestinalis* along an estuarine resource gradient. *Aquatic Ecology* 38:45-56.

Larned S.T. 1998. Nitrogen- versus phosphorus-limited growth and sources of nutrients for coral reef macroalgae. *Marine Biology* 132: 409-421.

Louis J., Jeanneau L., Andrieux-Loyer F., Anschutz P., Charbonnier C., Richier S., Lasbleiz M., Oms P-E., Ballu S., Lebris N., Chorin M., Liotaud M., Jardé E., Petton C., Bouger G., Petitjean P., Caradec F., Rabiller E., Deflandre B., Launay J., Laverman A. (coord.), 2022. Impact du sédiment sur les proliférations de macroalgues sur vasières (projet IMPRO). Rapport d'étude et annexes. CNRS – Université Rennes 1, Ifremer, Université Bordeaux, CEVA. 190 p.

Rosenberg R., Elmgren R., Fleischer S., Jonsson P., Persson G., Dahlin H. 1990. Marine eutrophication case studies in Sweden. *Ambio* 19:102-108.

Rossi N., C. Daniel, T. Perrot. 2009. Suivi de la couverture en macroalgues intertidales de substrats durs dans le cadre du projet REBENT/DCE au titre de l'année 2009. Edition finale. 74 p.

Villares R., Caballeira A. 2004. Nutrient Limitation in Macroalgae (*Ulva* and *Enteromorpha*) from the Rias Baixas (NW Spain). *Marine Ecology* 25: 225-243.



ANNEXES

Annexe 1 : Exemple de traitement permettant d'estimer la surface couverte par les ulves sur un site d'échouage

Annexe 2 : Fiches synthétisant les informations relevées sur le terrain suivant les vols RCO

Annexe 3 : Courbes détaillées annuelles pour les quotas et localisation des prélèvements par date.

Annexe 4 : Localisation des stations hydrométriques et de suivi de qualité de l'eau

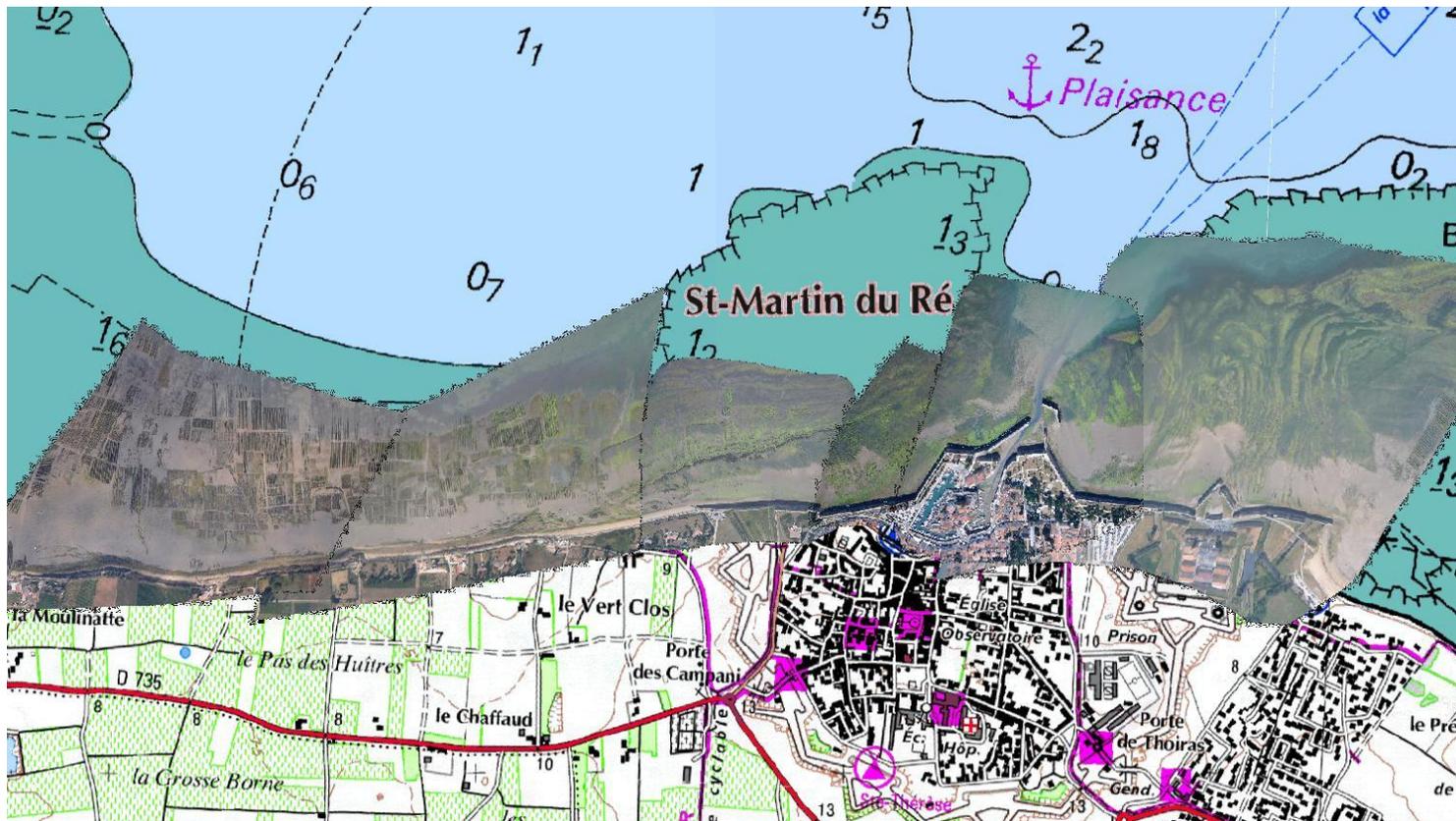
ANNEXE 1 :

Exemple de traitement permettant d'estimer la surface couverte par les ulves sur un site d'échouage

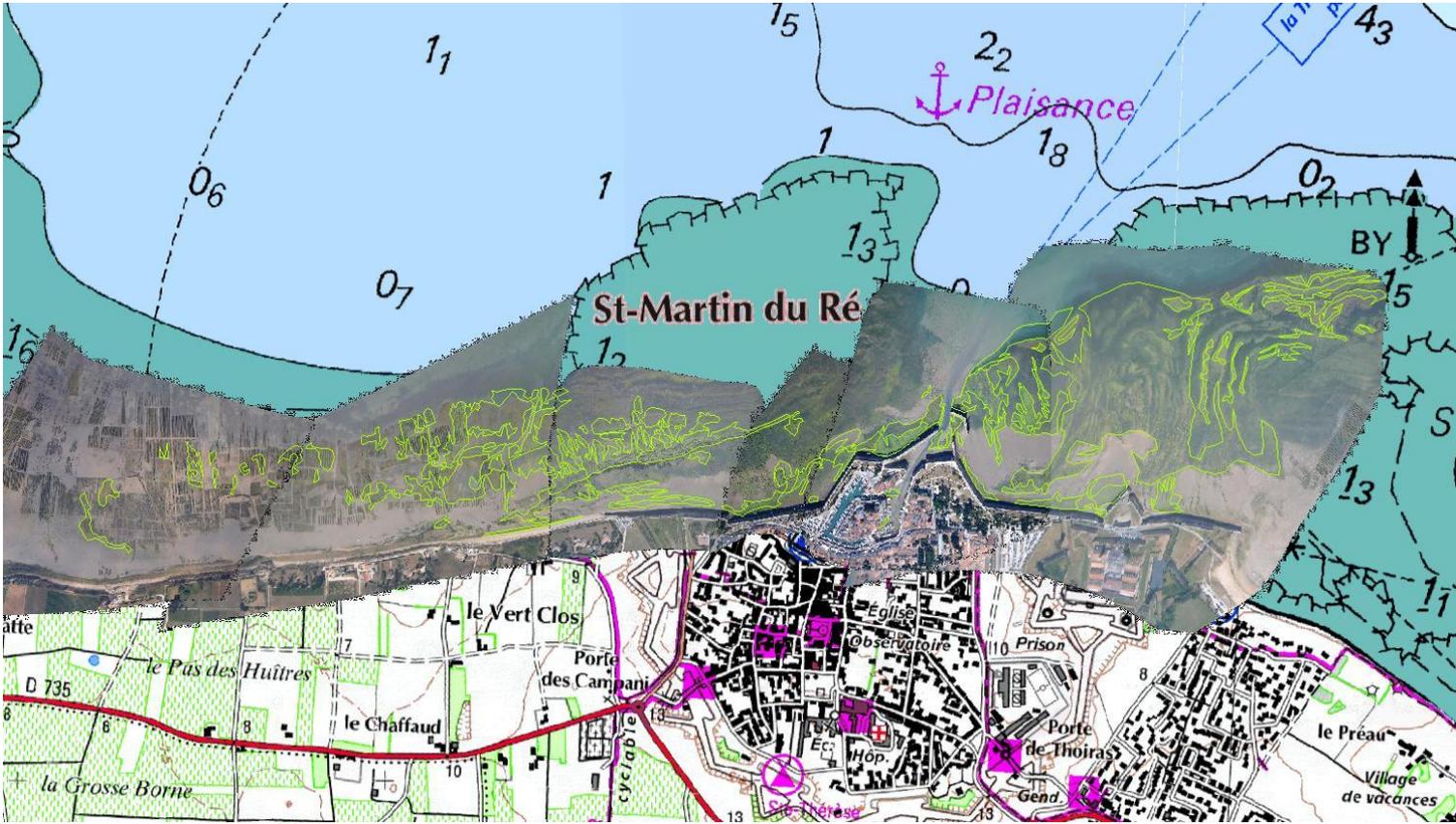
1. Prise d'une photographie du site et des échouages d'ulves aux environs de la basse mer



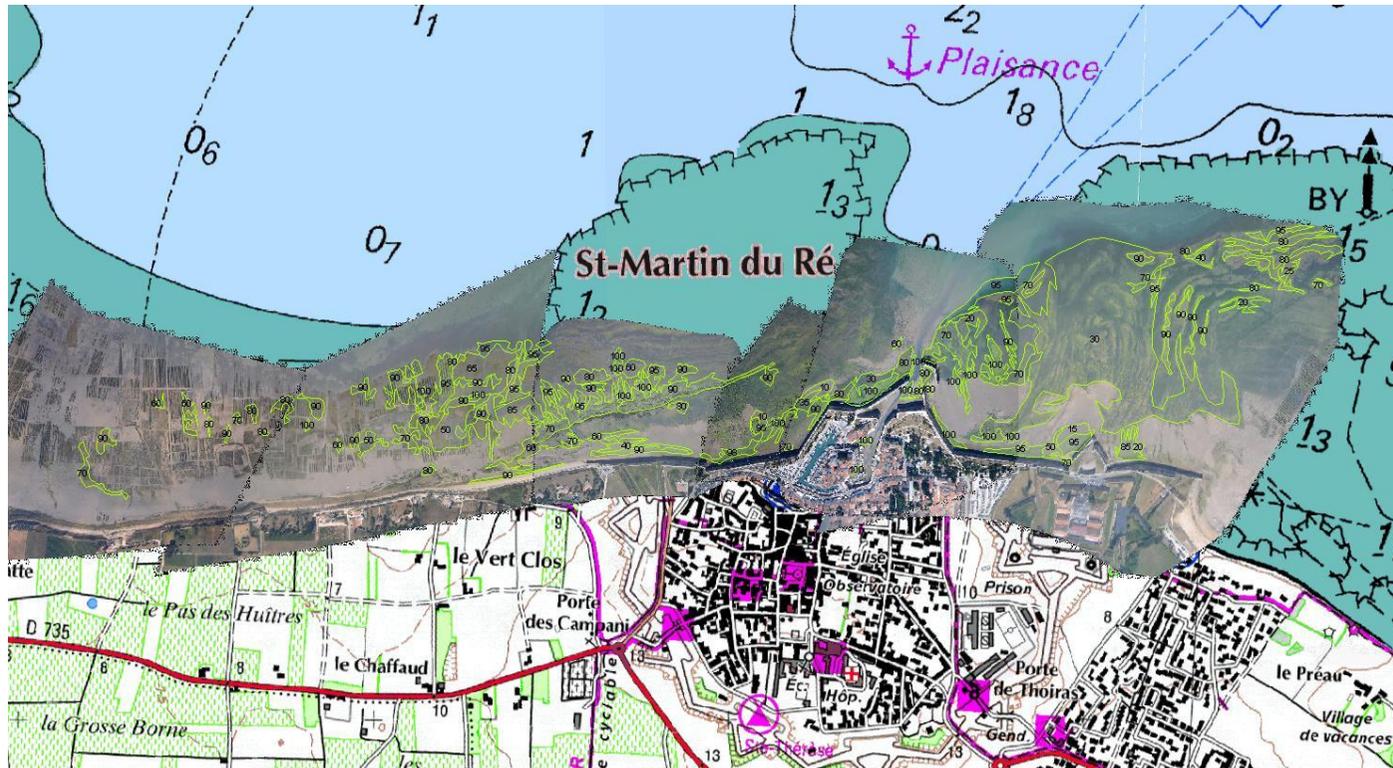
2. Géoréférencement des clichés aériens et création d'une mosaïque sous SIG (Système d'Information Géographique)



3. Digitalisation des surfaces d'échouages



4. Estimation du taux de recouvrement des ulves au sein des surfaces digitalisées



5. La surface totale en « équivalent 100 % de couverture » est alors donnée par la somme des surfaces digitalisées multipliées par leur taux de recouvrement respectifs.

Annexe 2 :

Fiches synthétisant les informations relevées sur le terrain suivant les vols RCO

- Vol de juin 2023
- Vol d'août 2023

RCO LB (PL-Ré)

Inventaire de Juin 2023 :

Fiches de synthèse des observations terrain



Suivi des algues vertes sur le littoral Loire-Bretagne
JUN 2023

PEN-BE - La Grande Ile de Mesquiery
(44)

Aérien le 17/06/2023















Zones /gradient	Types d'algues échouées			Types d'algues vertes échouées		Type d'ulve		Taux recouvrement dépôt ulves	Identifications
	% AB	% AR	% AV	% ulves	% entéros	% libres	% arrachage		
1	5	5	90	0	100	0	100	0	<i>Enteromorpha sp.</i>

Aucune ulve. Rares entéromorphes tubulaires dans le rideau.



Terrain le 19/06/2023

**Suivi des algues vertes sur le littoral Loire-Bretagne
JUIN 2023**

**MESQUER - Plage de Sorloc
(44)**

Aérien le 17/06/2023












Zones /gradient	Types d'algues échouées			Types d'algues vertes échouées		Type d'ulve		Taux recouvrement dépôt ulves	Identifications
	% AB	% AR	% AV	% ulves	% entéros	% libres	% arrachage		
1	15	20	65	50	50	0	100	75	<i>Enteromorpha sp.</i> <i>Ulva sp.</i>

Terrain le 19/06/2023

Dépôt d'ulves et entéromorphes filamenteuses en mélange. Présence de quelques algues rouges et brunes. Rideau dense.



**Suivi des algues vertes sur le littoral Loire-Bretagne
JUIN 2023**

**MESQUER - Plage de Sorloc
(44)**

Aérien le 17/06/2023











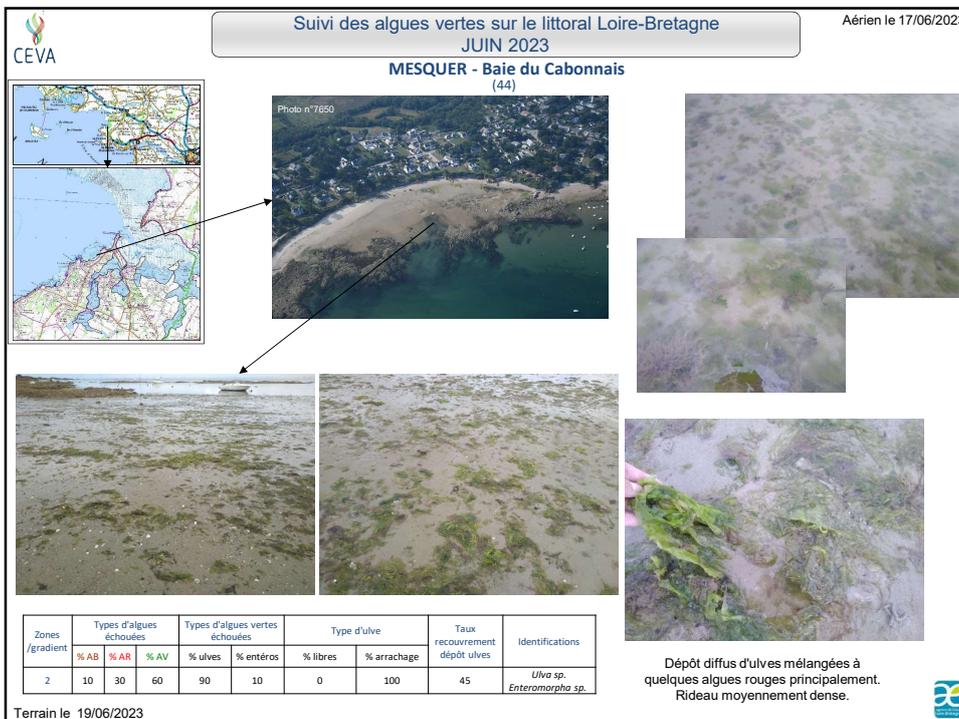
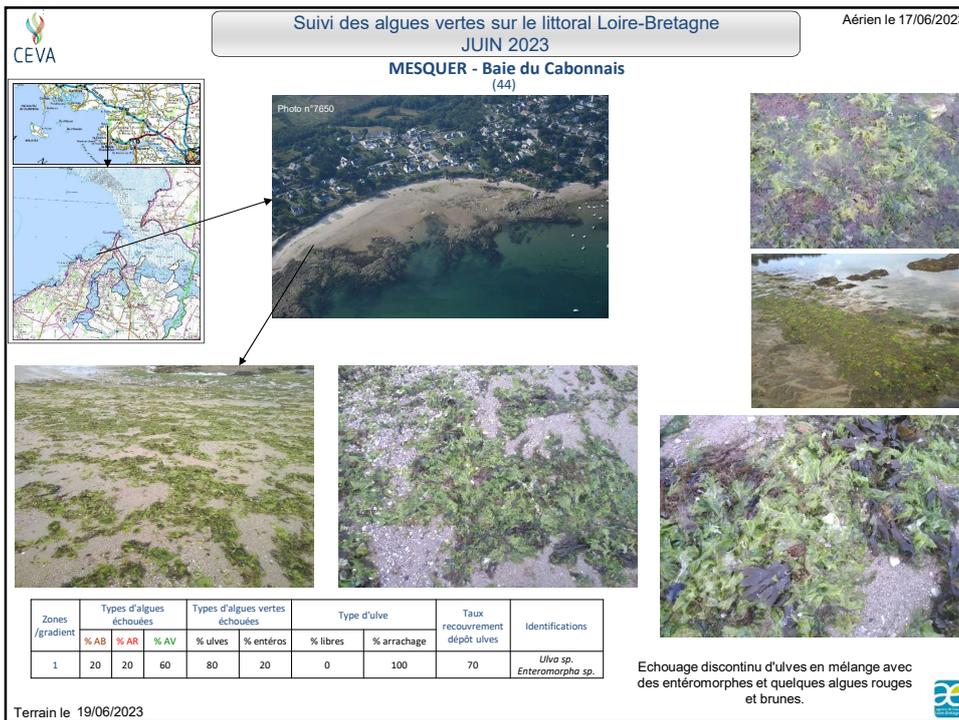


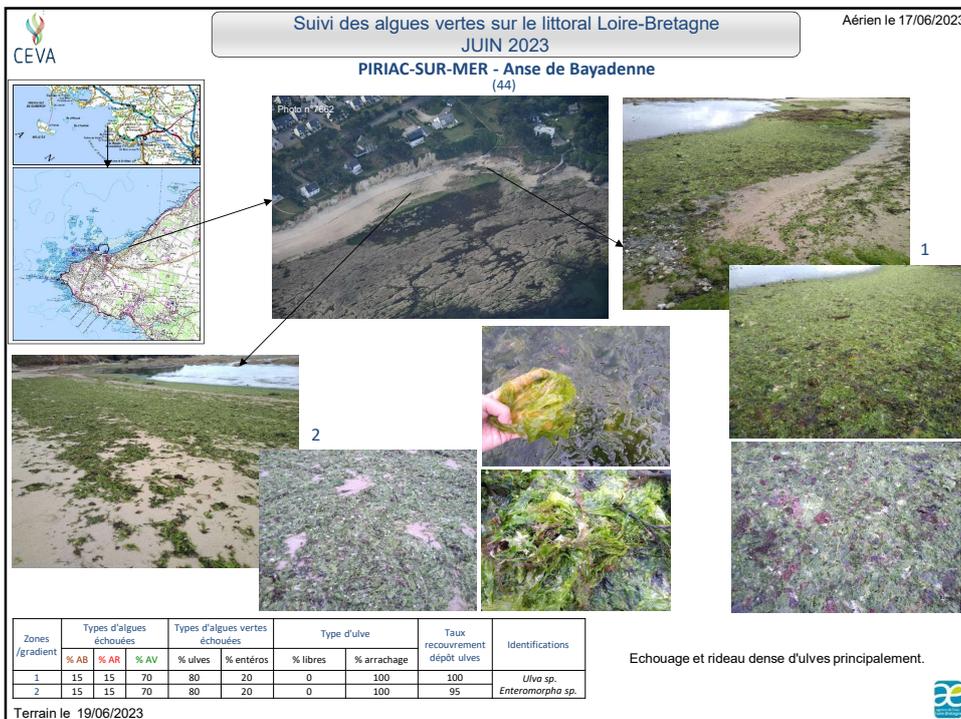
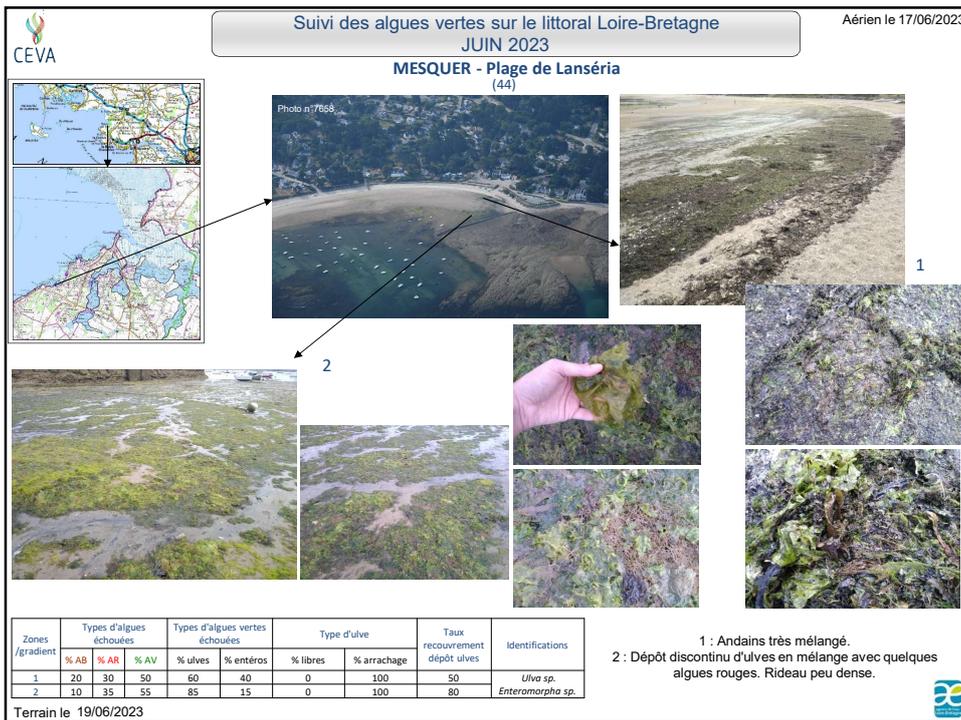
Zones /gradient	Types d'algues échouées			Types d'algues vertes échouées		Type d'ulve		Taux recouvrement dépôt ulves	Identifications
	% AB	% AR	% AV	% ulves	% entéros	% libres	% arrachage		
1	15	20	65	45	55	0	100	30-60	<i>Enteromorpha sp.</i> <i>Ulva sp.</i>

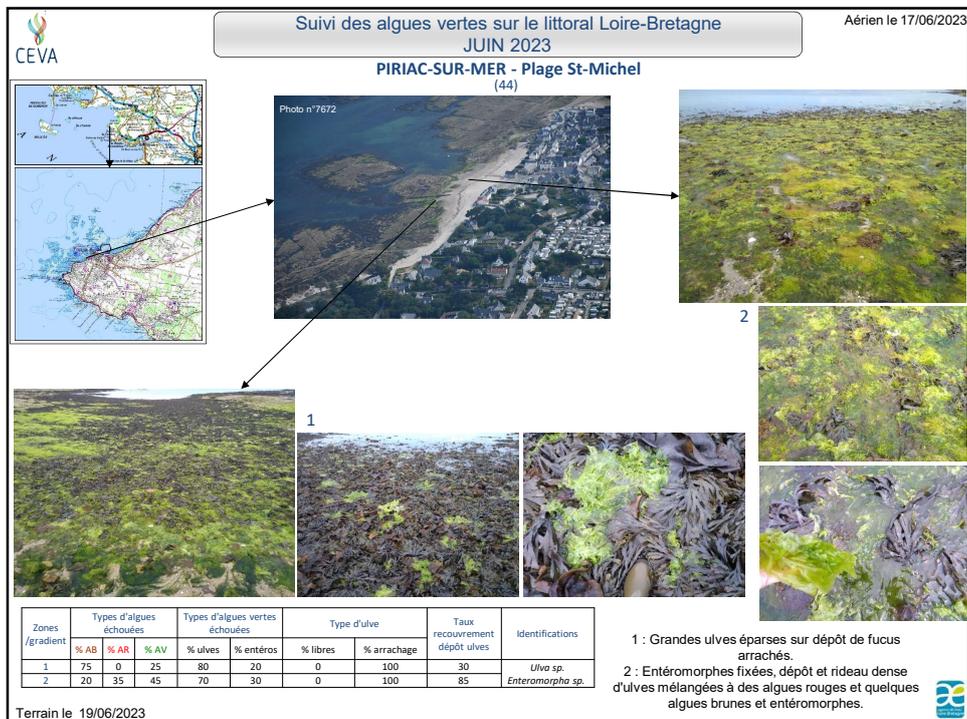
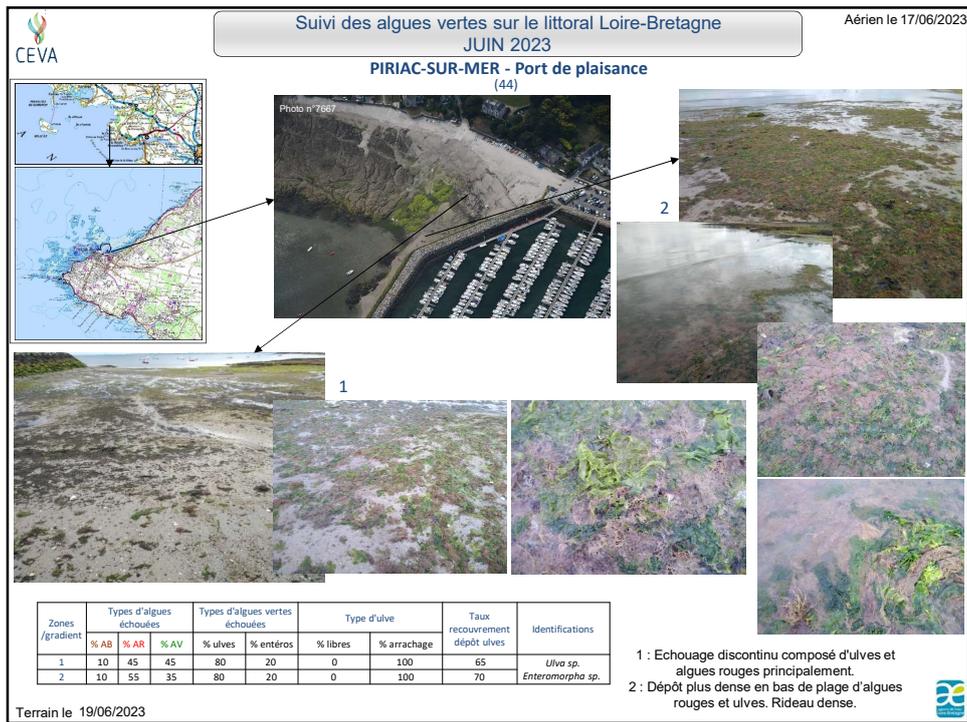
Terrain le 19/06/2023

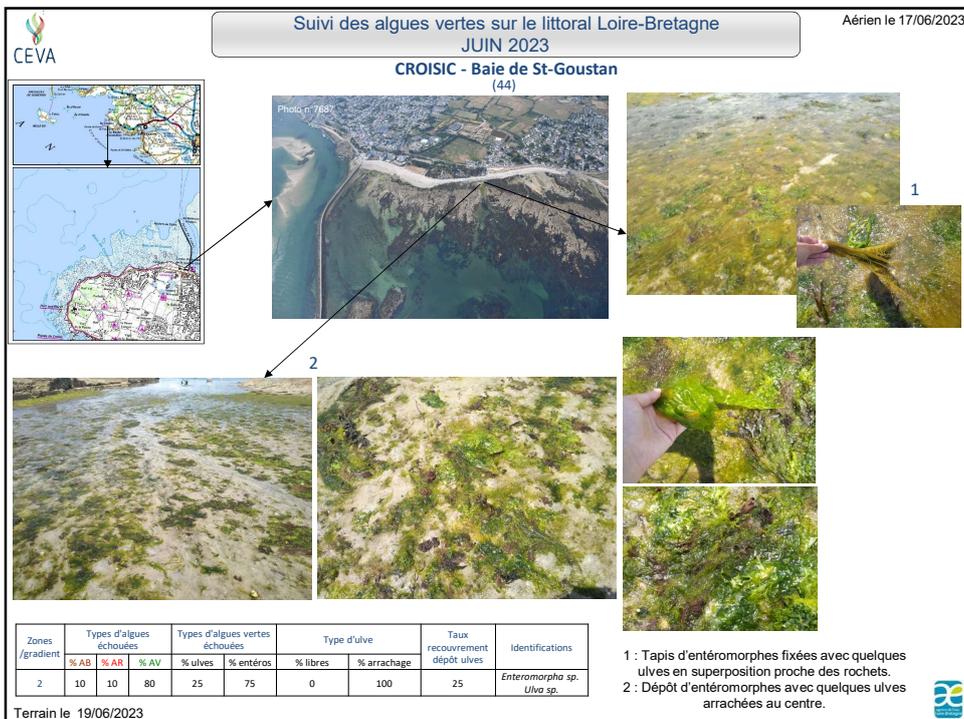
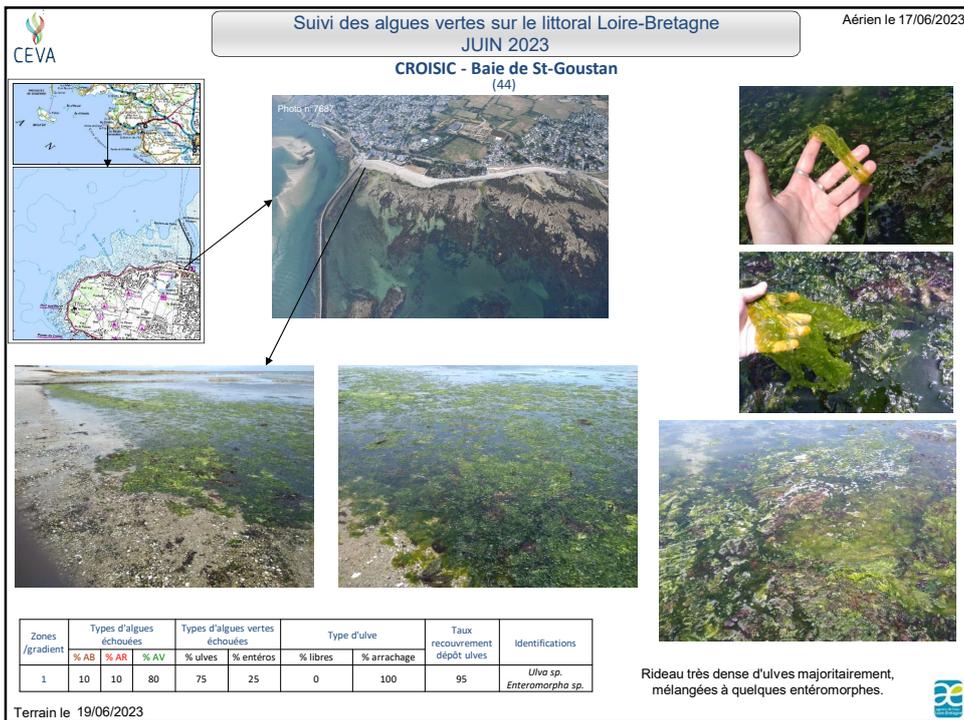
Dépôt diffus d'un mélange d'ulves arrachées et entéromorphes filamenteuses, avec quelques algues rouges et brunes. Rideau dense.

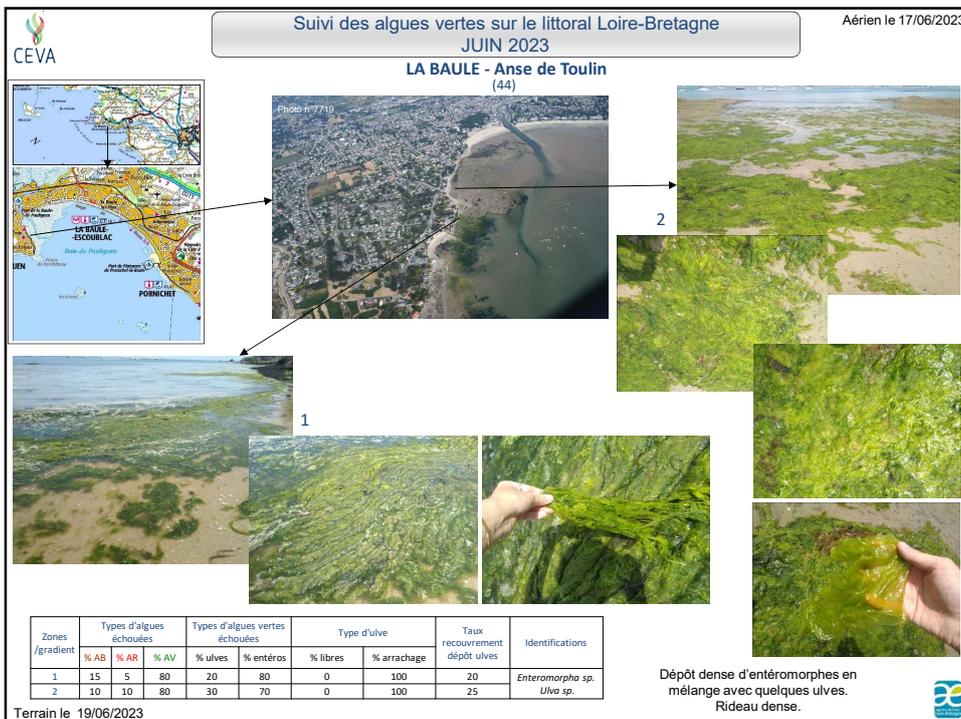


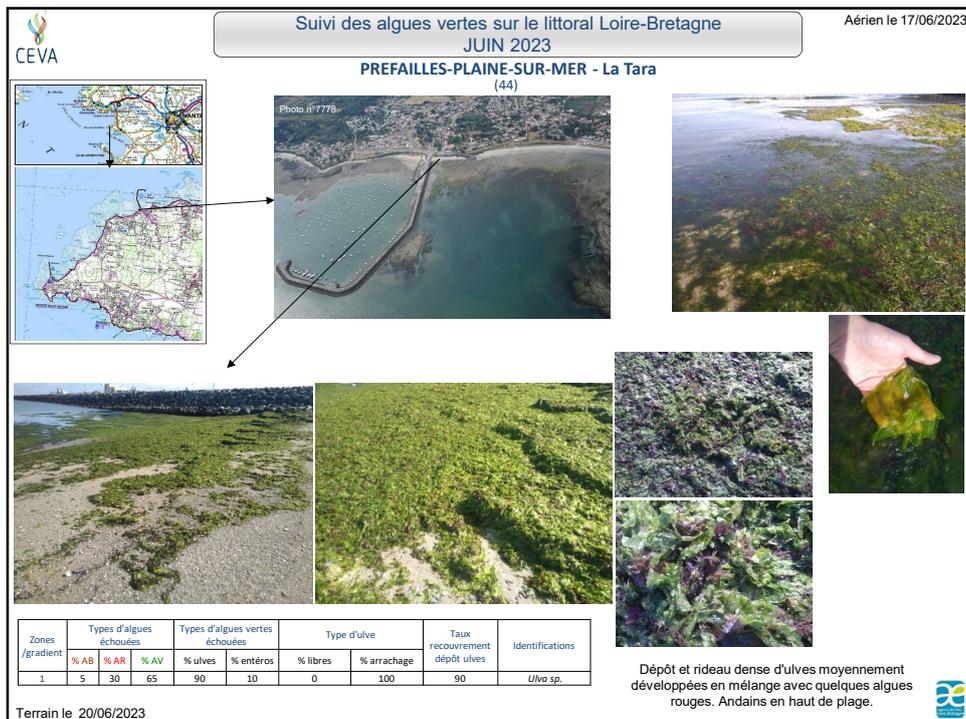
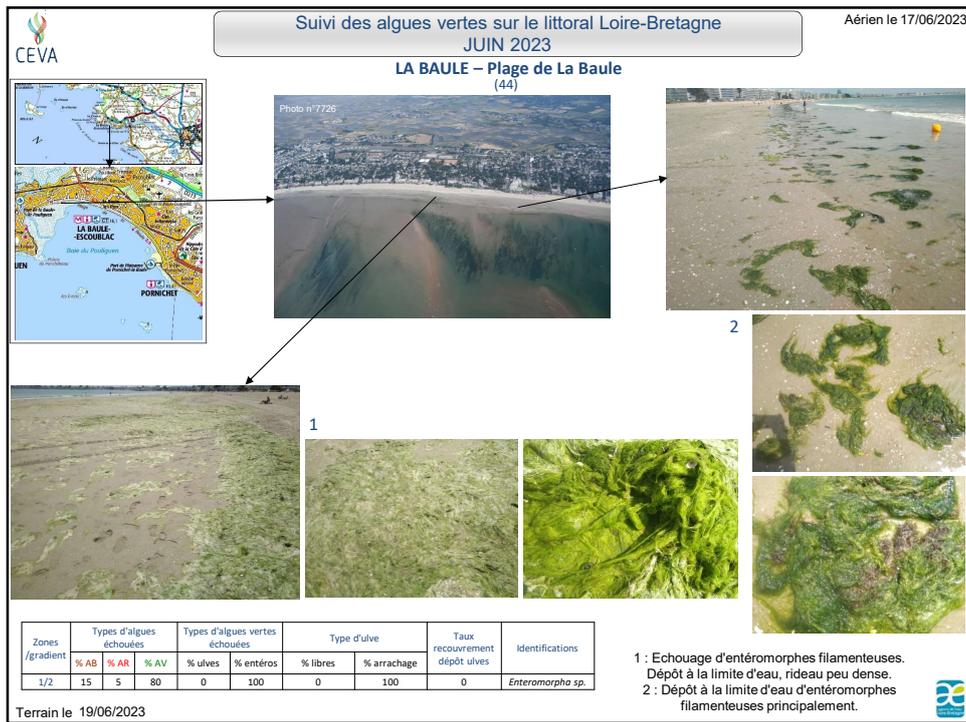


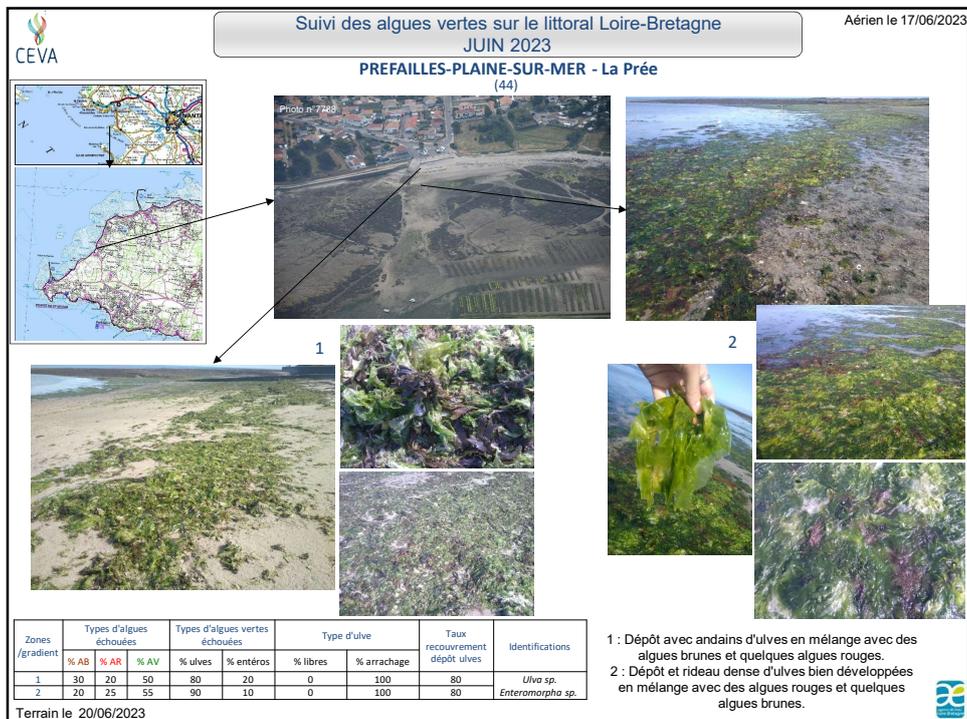
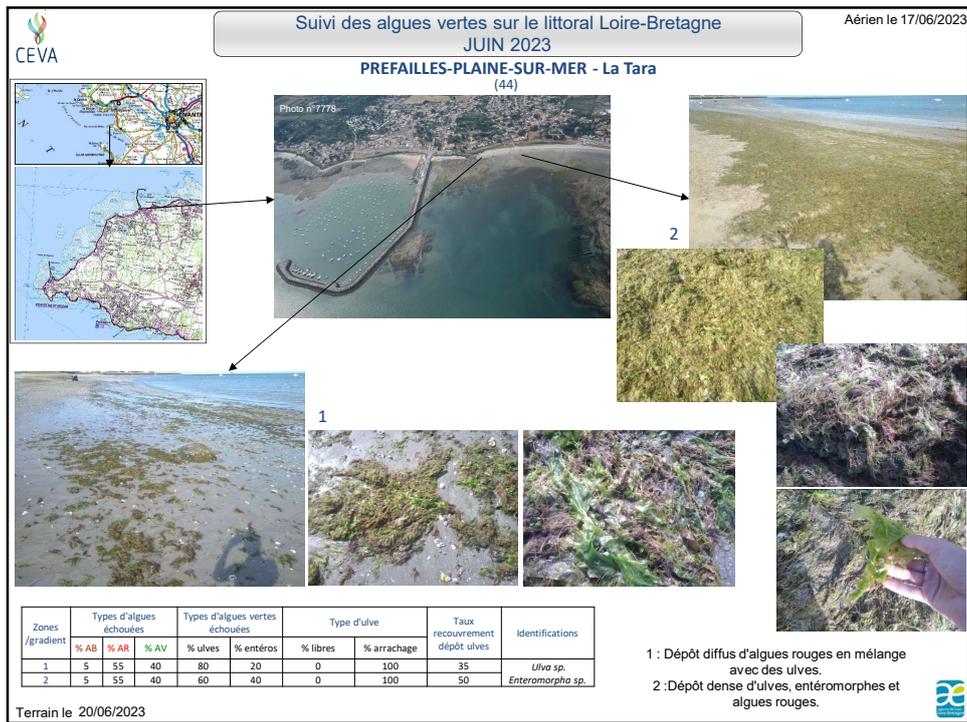


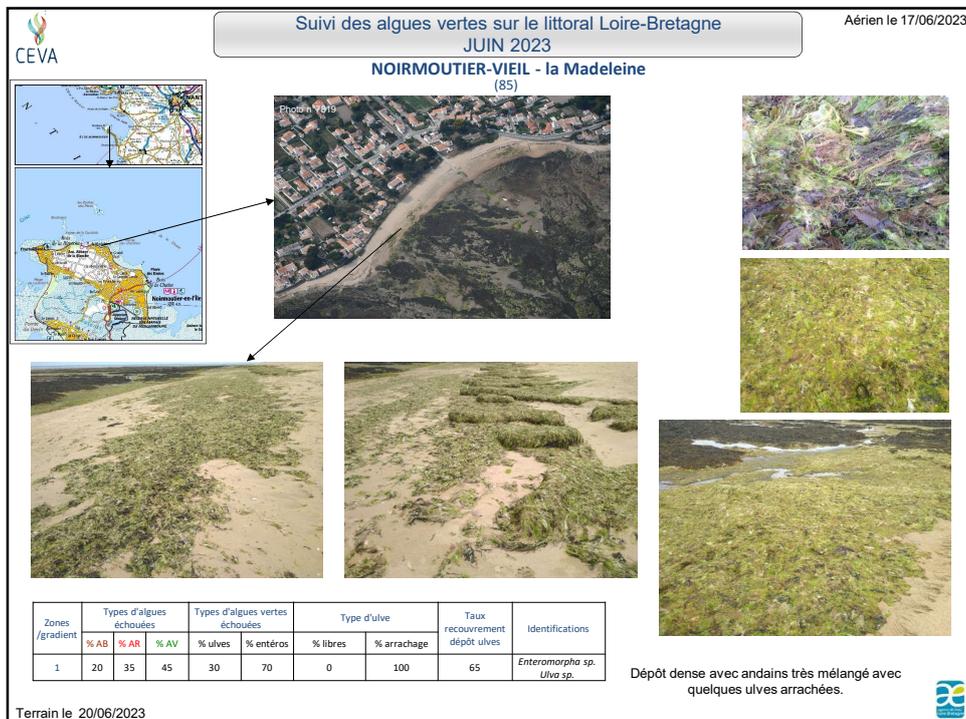
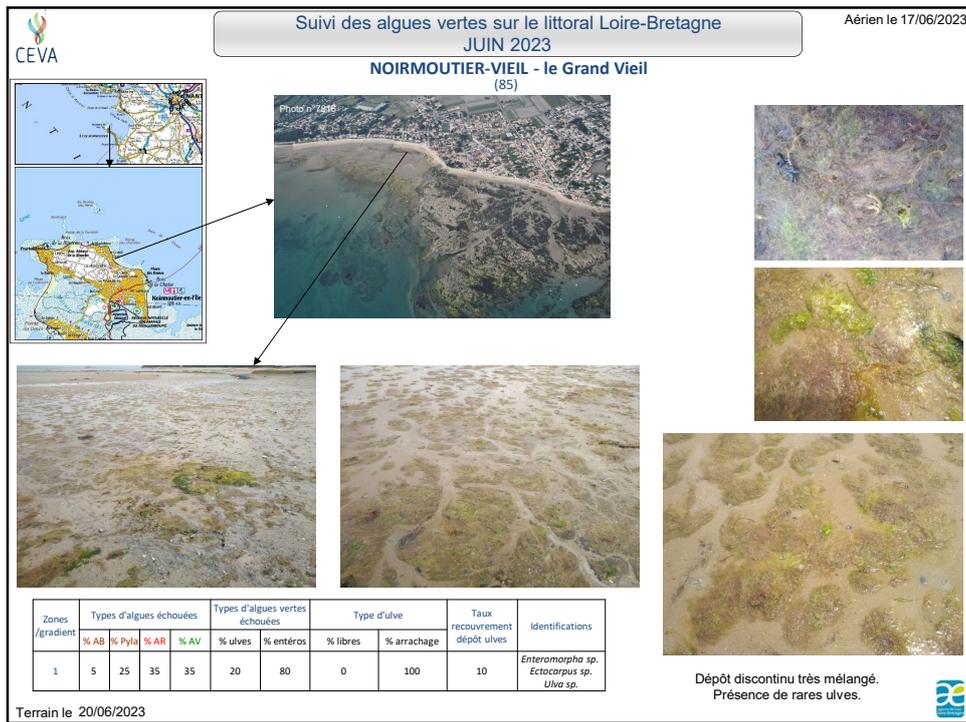


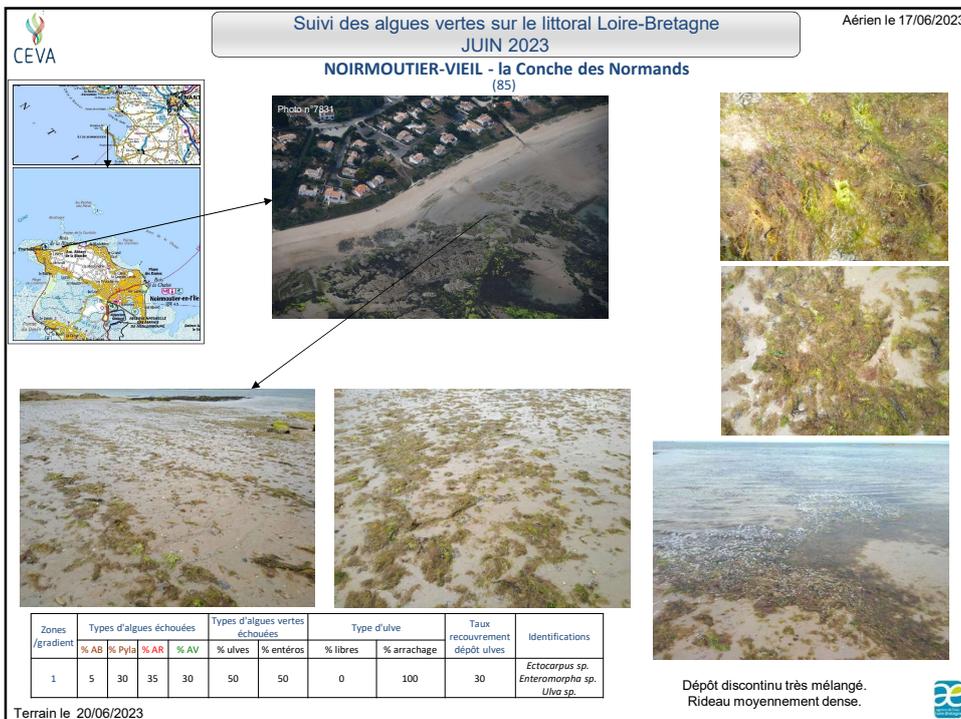
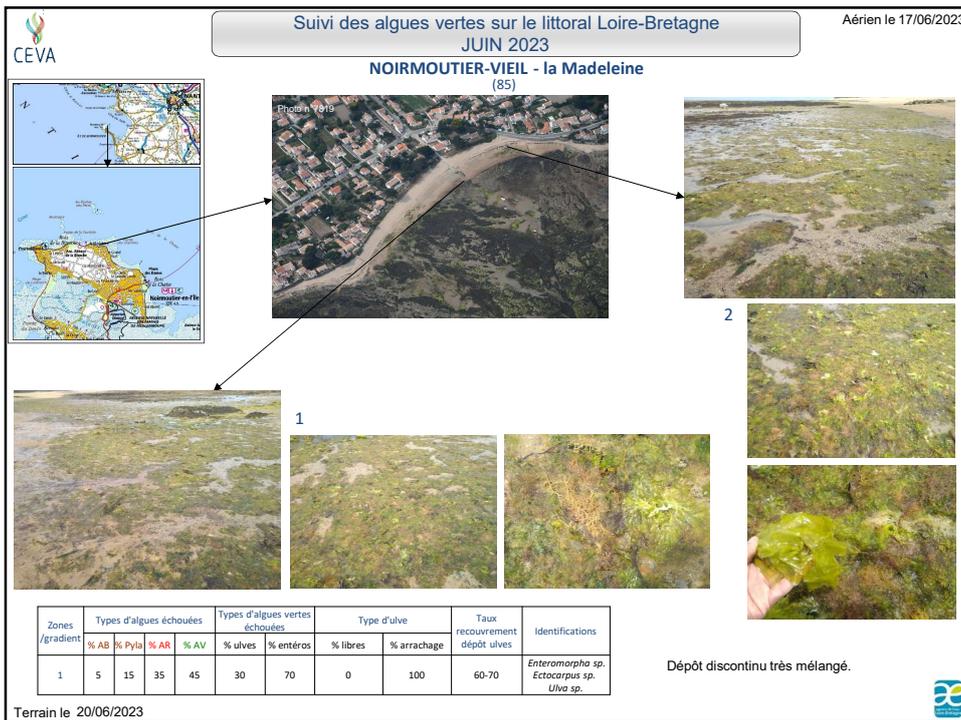


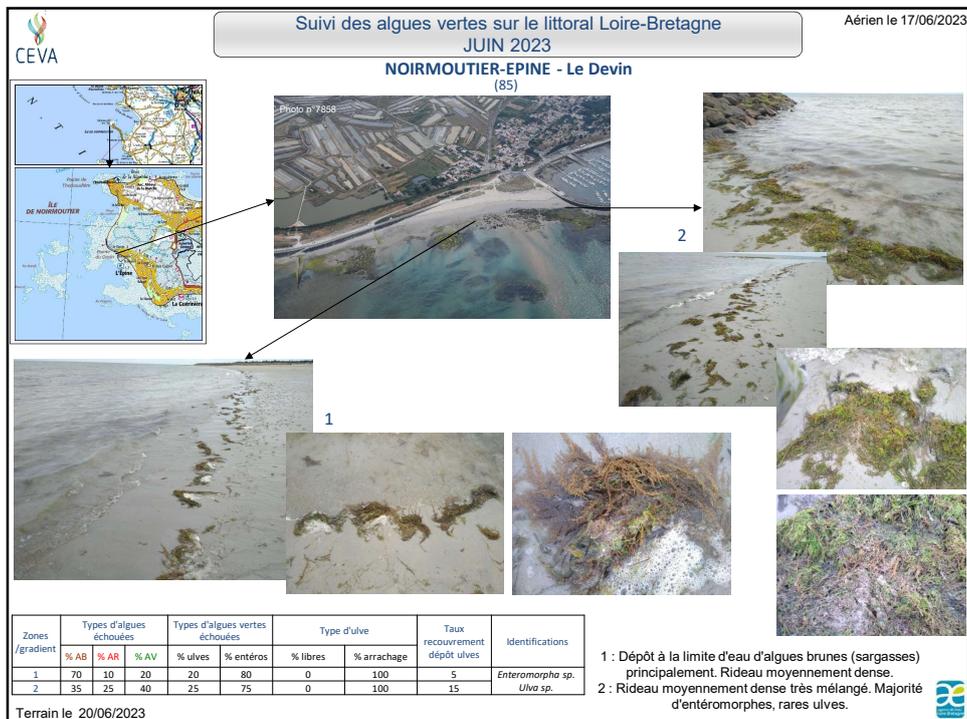
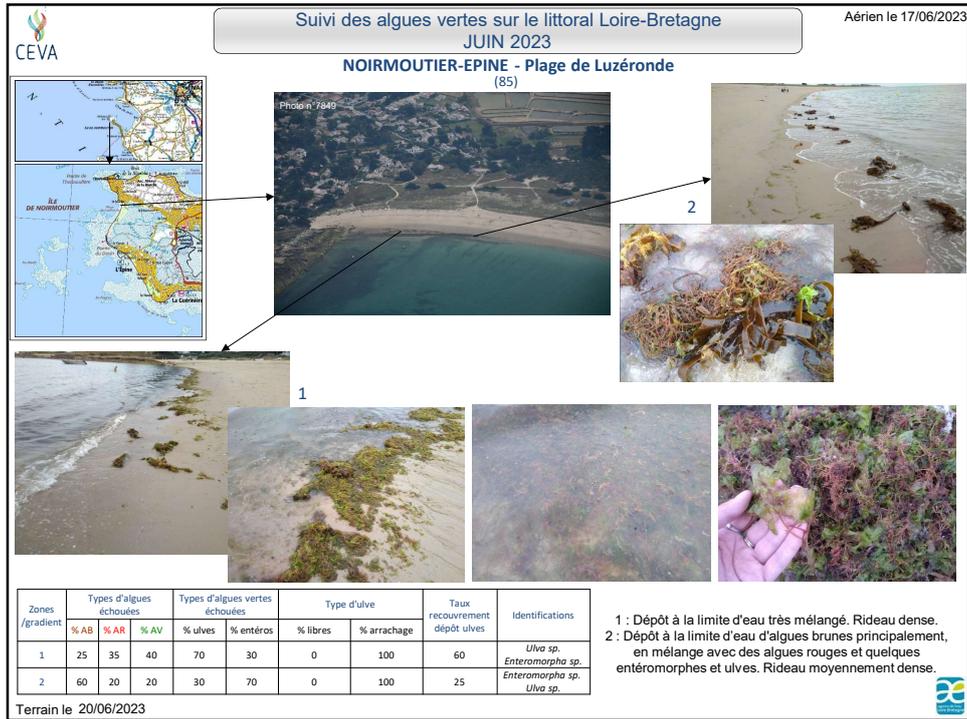












**Suivi des algues vertes sur le littoral Loire-Bretagne
JUN 2023**

NOIRMOUTIER-EPINE - Plage de l'Epine
(85)

Aérien le 17/06/2023









Zones /gradient	Types d'algues échouées			Types d'algues vertes échouées		Type d'ulve		Taux recouvrement dépôt ulves	Identifications
	% AB	% AR	% AV	% ulves	% entéros	% libres	% arrachage		
1	70	10	20	60	40	0	100	15	<i>Ulva sp.</i> <i>Enteromorpha sp.</i>

Dépôt à la limite d'eau de sargasses principalement.

Terrain le 20/06/2023

**Suivi des algues vertes sur le littoral Loire-Bretagne
JUN 2023**

NOIRMOUTIER-GUERINIÈRE - Le Fier
(85)

Aérien le 17/06/2023





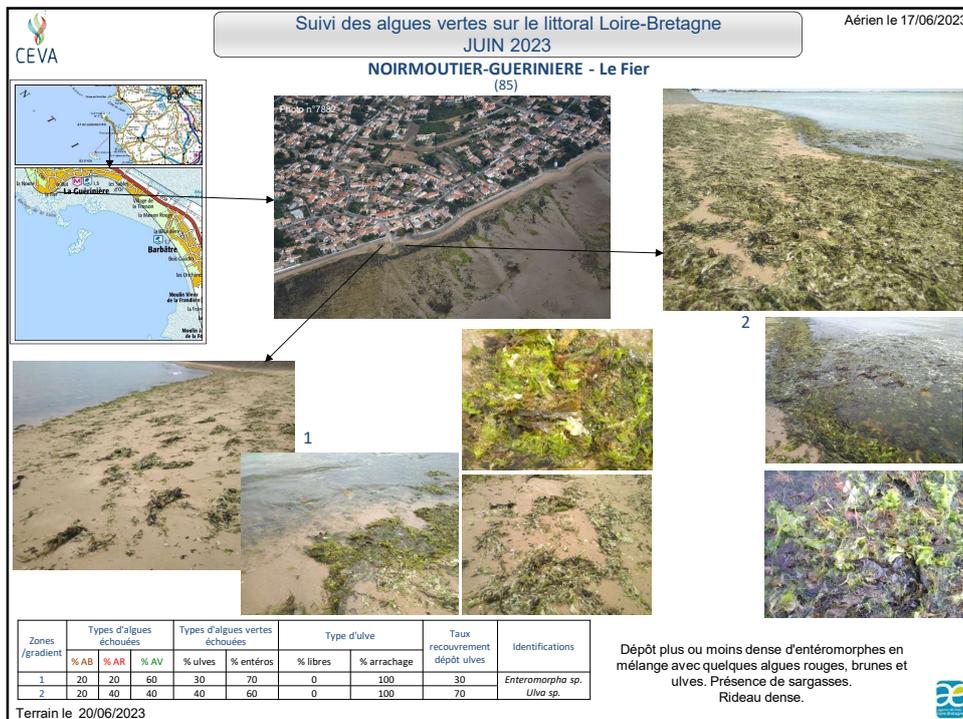
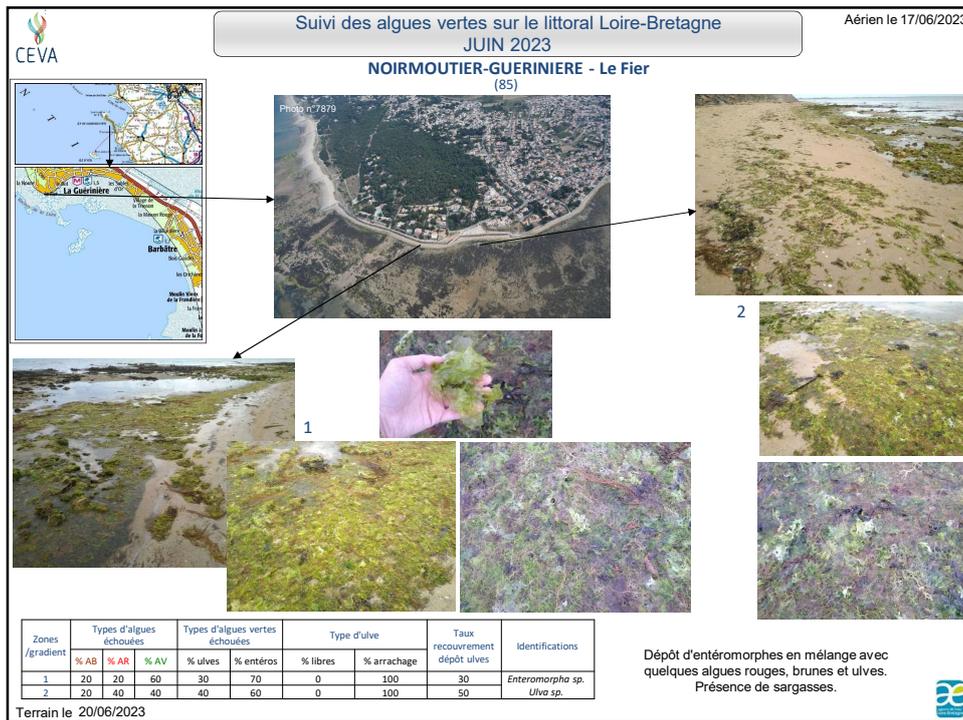


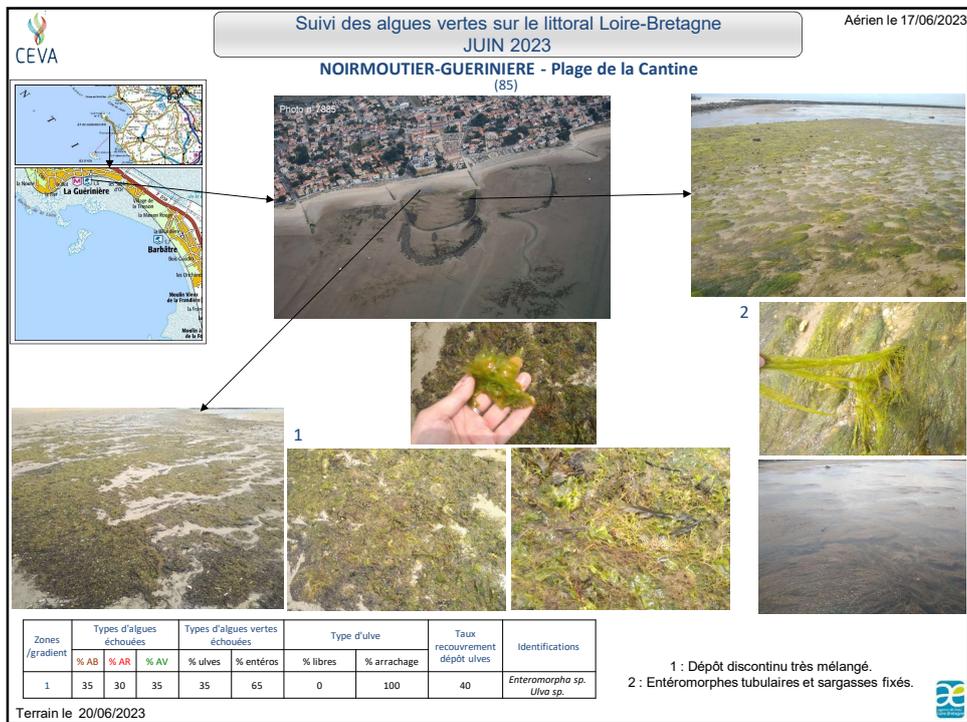
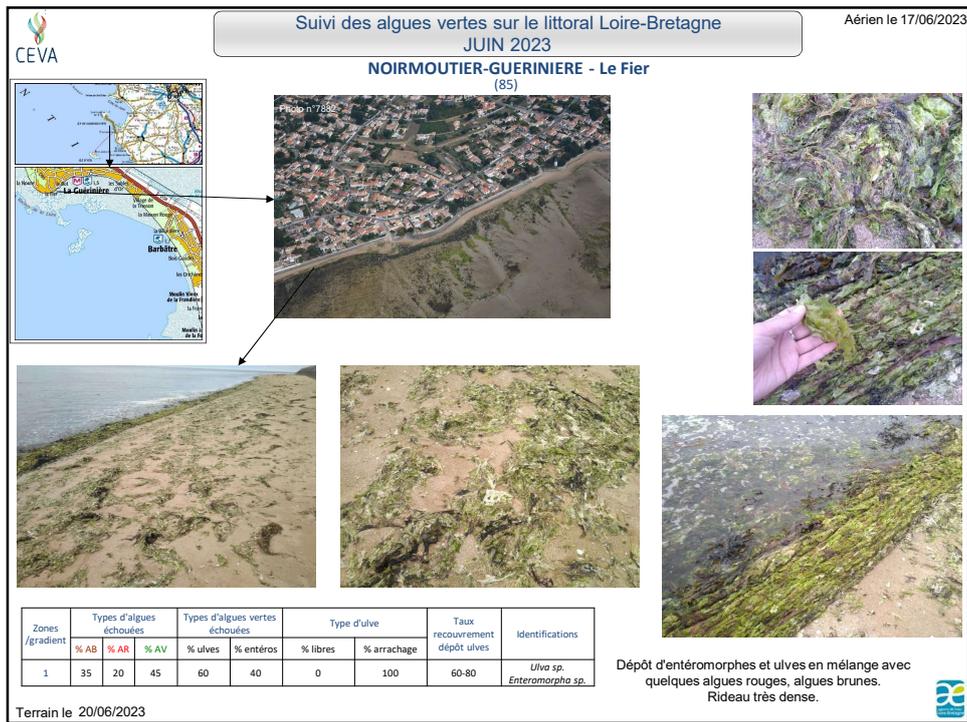


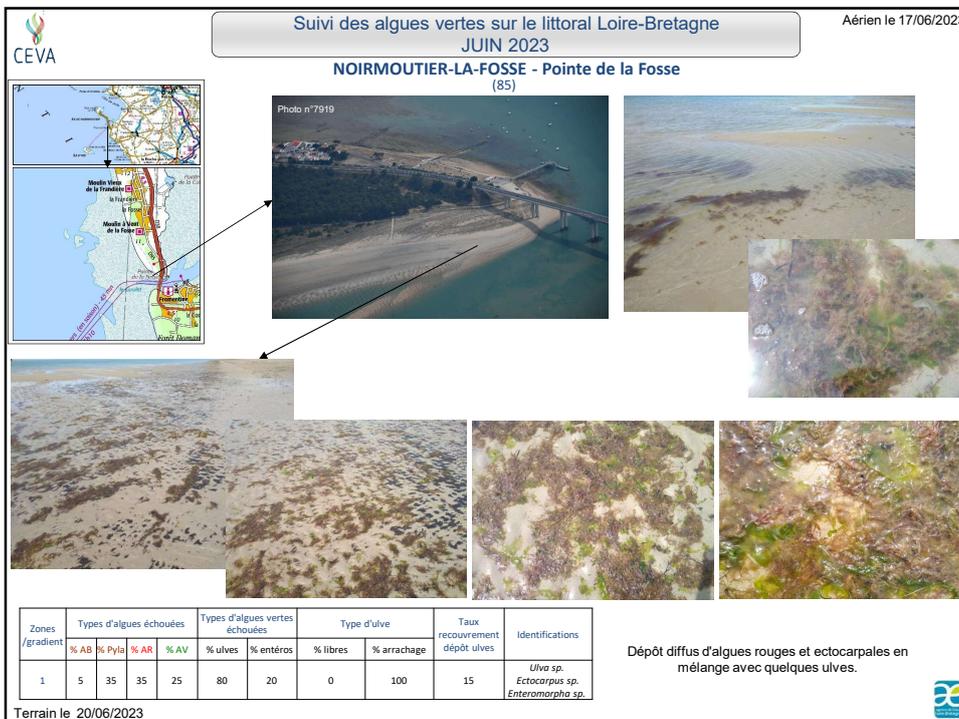
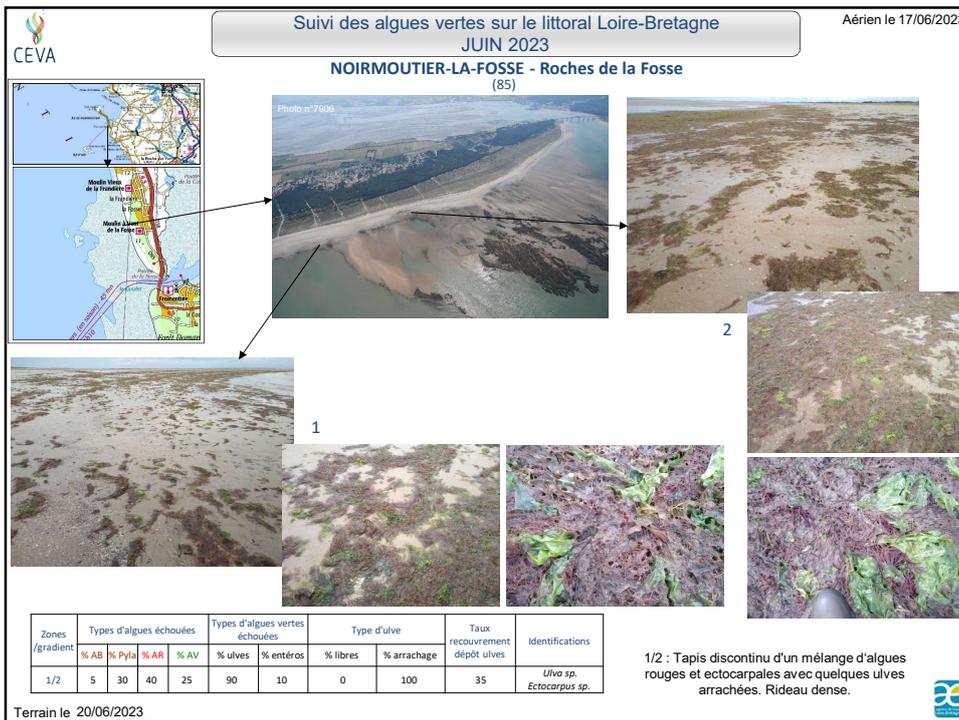
Zones /gradient	Types d'algues échouées			Types d'algues vertes échouées		Type d'ulve		Taux recouvrement dépôt ulves	Identifications
	% AB	% AR	% AV	% ulves	% entéros	% libres	% arrachage		
1	10	30	60	25	75	0	100	20	<i>Enteromorpha sp.</i> <i>Ulva sp.</i>

Dépôt d'entéromorphes en mélange avec quelques algues rouges, brunes et ulves. Présence de sargasses.

Terrain le 20/06/2023







**Suivi des algues vertes sur le littoral Loire-Bretagne
JUN 2023**

NOIRMOUTIER-LA-FOSSE - Pointe de la Fosse
(85)

Aérien le 17/06/2023









Zones /gradient	Types d'algues échouées			Types d'algues vertes échouées		Type d'ulve		Taux recouvrement dépôt ulves	Identifications
	% AB	% AR	% AV	% ulves	% entéros	% libres	% arrachage		
1	40	40	20	80	20	0	100	10	<i>Ulva sp.</i> <i>Enteromorpha sp.</i>

Terrain le 20/06/2023

1 : Dépôt localisé à la limite d'eau très mélangé.
Sable gris, odeur H2S sans ppm.
2 : Entéromorphes tubulaires fixés.




**Suivi des algues vertes sur le littoral Loire-Bretagne
JUN 2023**

NOIRMOUTIER-LA-FOSSE - Plage de la Grande Côte
(85)

Aérien le 17/06/2023







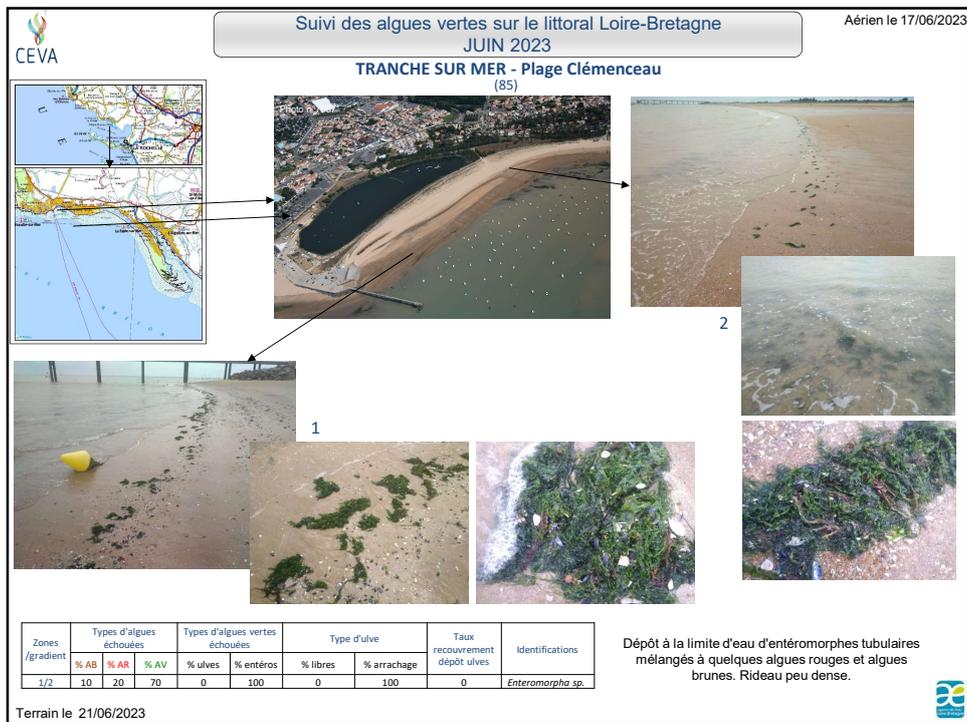
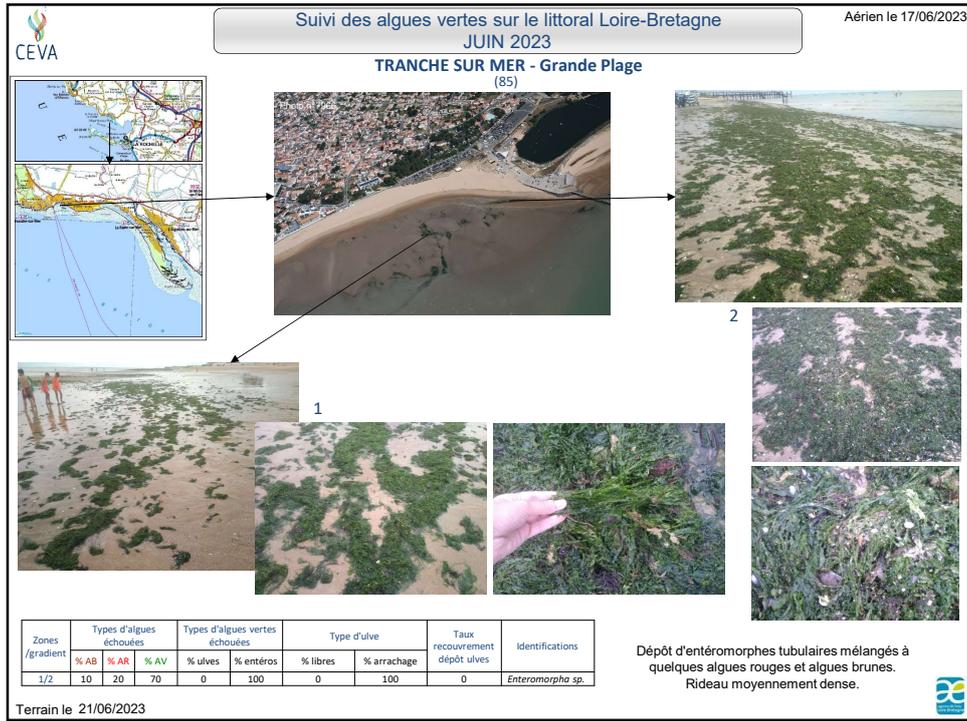



Zones /gradient	Types d'algues échouées			Types d'algues vertes échouées		Type d'ulve		Taux recouvrement dépôt ulves	Identifications
	% AB	% Pyla	% AR	% AV	% ulves	% entéros	% libres		
1	5	15	50	30	70	30	0	100	<i>Ulva sp.</i> <i>Ectocarpus sp.</i> <i>Enteromorpha sp.</i>
2	5	35	35	25	80	20	0	100	<i>Ulva sp.</i> <i>Ectocarpus sp.</i> <i>Enteromorpha sp.</i>

Terrain le 20/06/2023

1 : Dépôt diffus d'algues rouges en mélange avec quelques ulves arrachées et ectocarpales principalement.
2 : Dépôt d'ectocarpales et algues rouges en mélange avec quelques ulves arrachées principalement.



Suivi des algues vertes sur le littoral Loire-Bretagne
JUN 2023

TRANCHE SUR MER - Anse de maupas
(85)

Aérien le 17/06/2023

Zones /gradient	Types d'algues échouées			Types d'algues vertes échouées		Type d'ulve		Taux recouvrement dépôt ulves	Identifications
	% AB	% AR	% AV	% ulves	% entéros	% libres	% arrachage		
1	10	20	70	0	100	0	100	0	<i>Enteromorpha sp.</i>

Terrain le 21/06/2023

Dépôt à la limite d'eau d'entéromorphes tubulaires mélangés à quelques algues rouges et algues brunes. Rideau peu dense.

Suivi des algues vertes sur le littoral Loire-Bretagne
JUN 2023

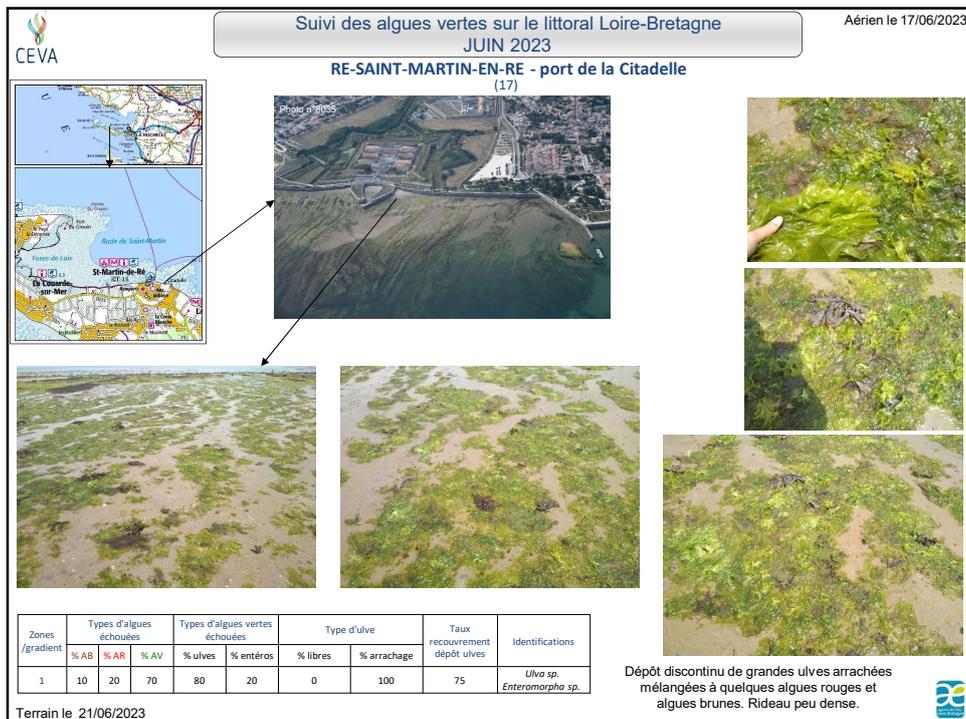
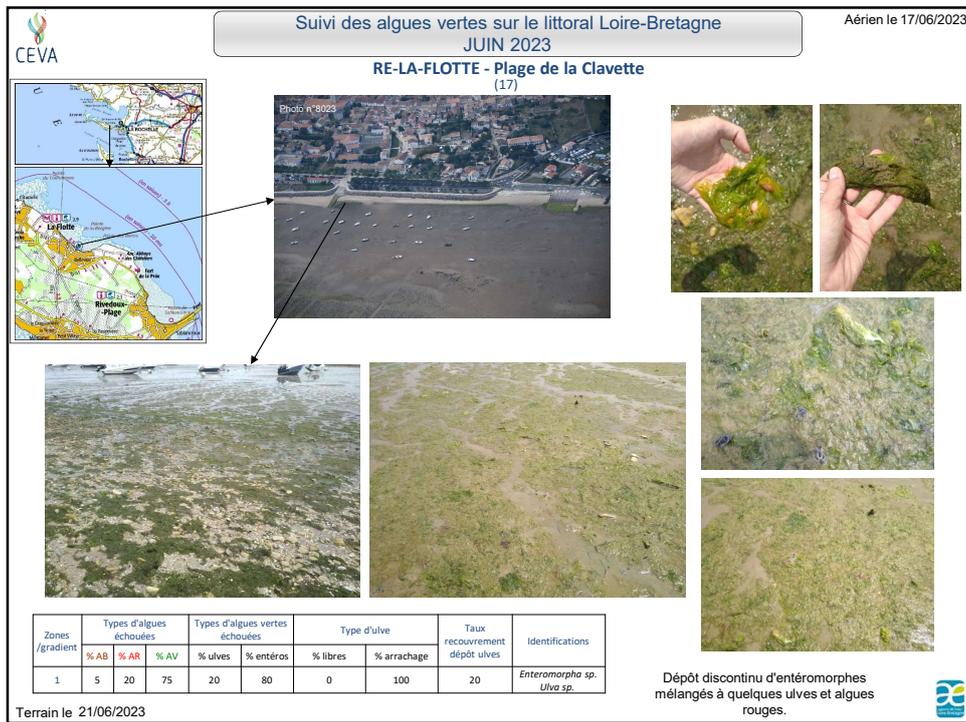
TRANCHE SUR MER - Plage de la Grière
(85)

Aérien le 17/06/2023

Zones /gradient	Types d'algues échouées			Types d'algues vertes échouées		Type d'ulve		Taux recouvrement dépôt ulves	Identifications
	% AB	% AR	% AV	% ulves	% entéros	% libres	% arrachage		
1	10	20	70	0	100	0	100	0	<i>Enteromorpha sp.</i>

Terrain le 21/06/2023

Dépôt à la limite d'eau d'entéromorphes tubulaires mélangés à quelques algues rouges et algues brunes. Rideau très peu dense.



Suivi des algues vertes sur le littoral Loire-Bretagne
JUIN 2023

RE-SAINT-MARTIN-EN-RE - Le Vert Clos
(17)

Aérien le 17/06/2023

Zones /gradient	Types d'algues échouées			Types d'algues vertes échouées		Type d'ulve		Taux recouvrement dépôt ulves	Identifications
	% AB	% AR	% AV	% ulves	% entéros	% libres	% arrachage		
1	10	15	75	90	10	0	100	95	<i>Ulva sp.</i>

Dépôt dense de grandes ulves arrachées principalement.

Terrain le 21/06/2023

Suivi des algues vertes sur le littoral Loire-Bretagne
JUIN 2023

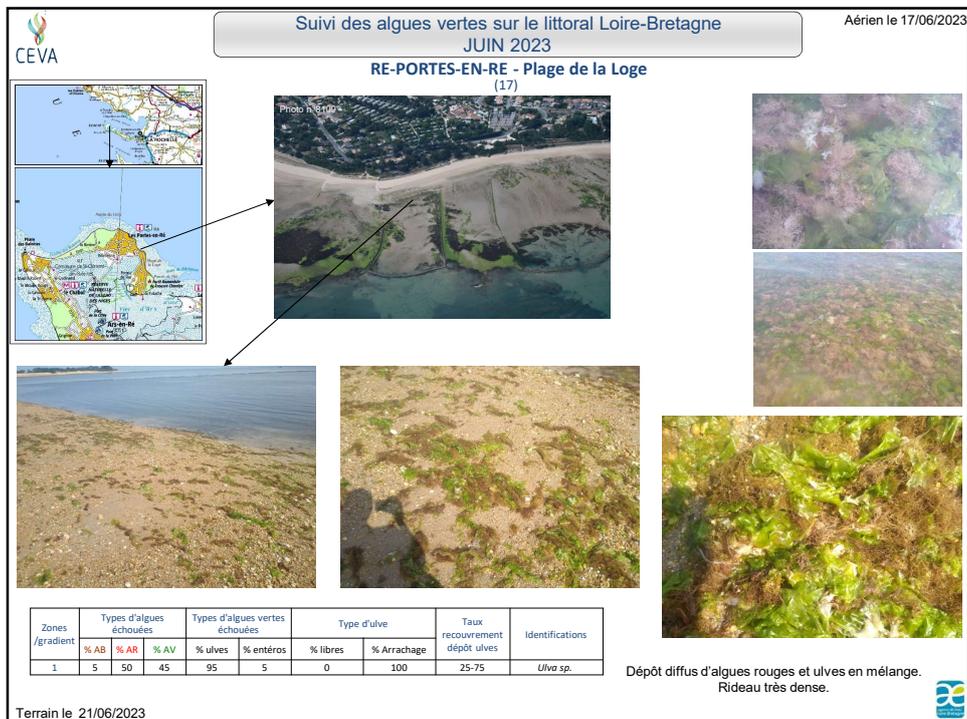
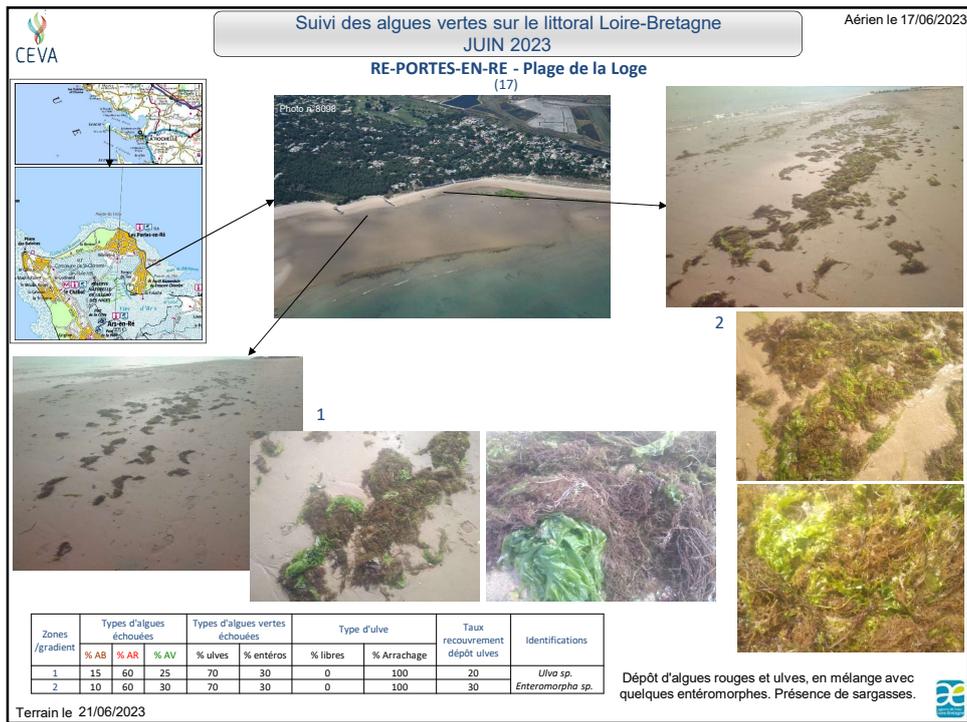
RE-SAINT-MARTIN-EN-RE - Le Vert Clos
(17)

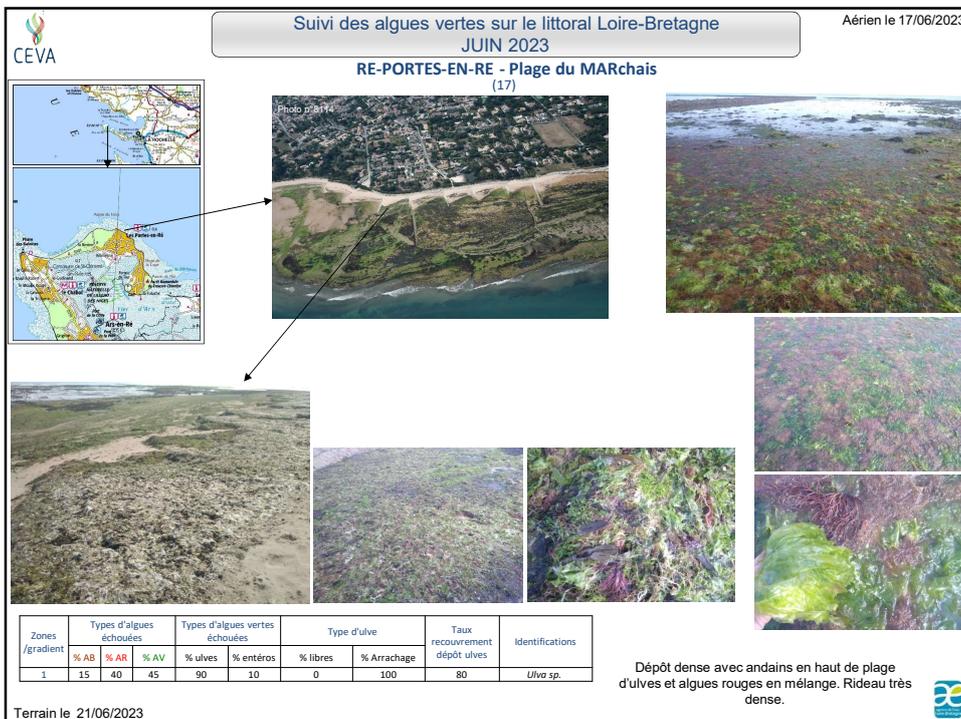
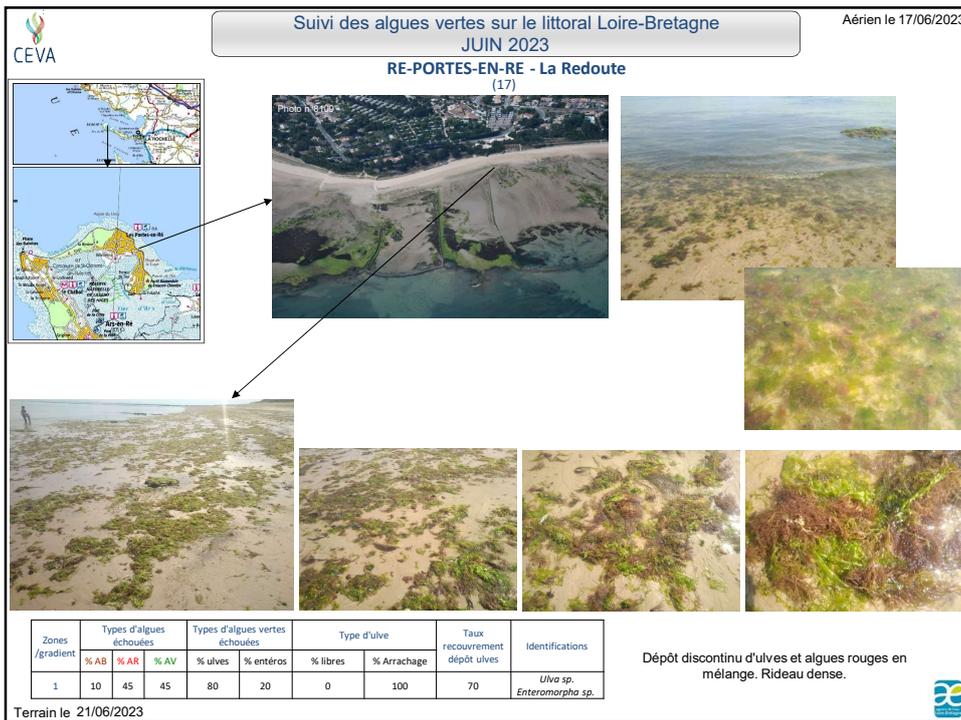
Aérien le 17/06/2023

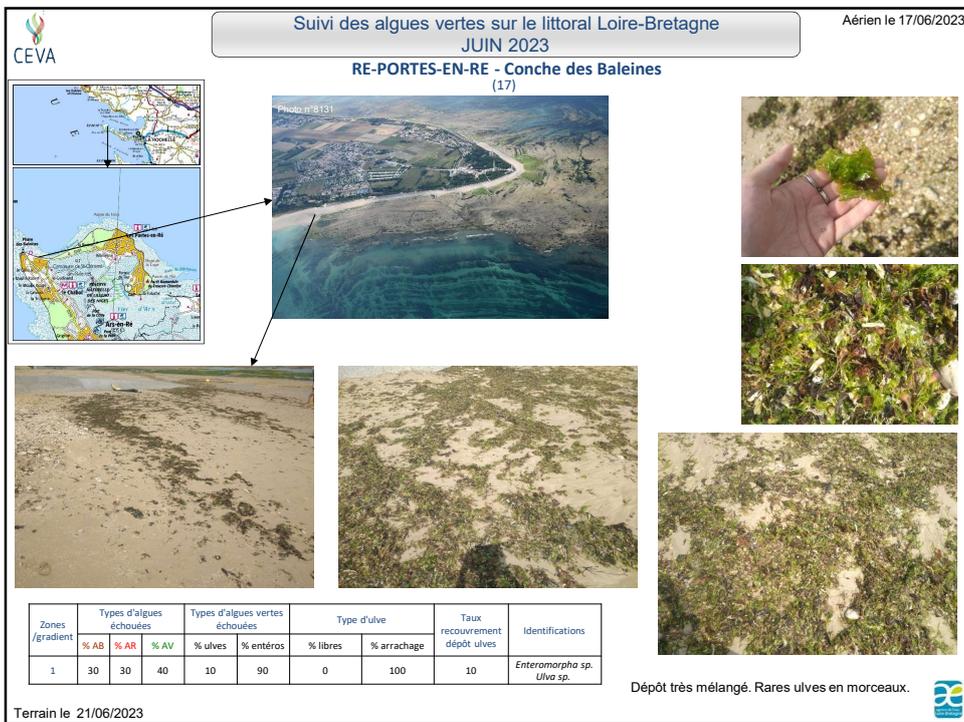
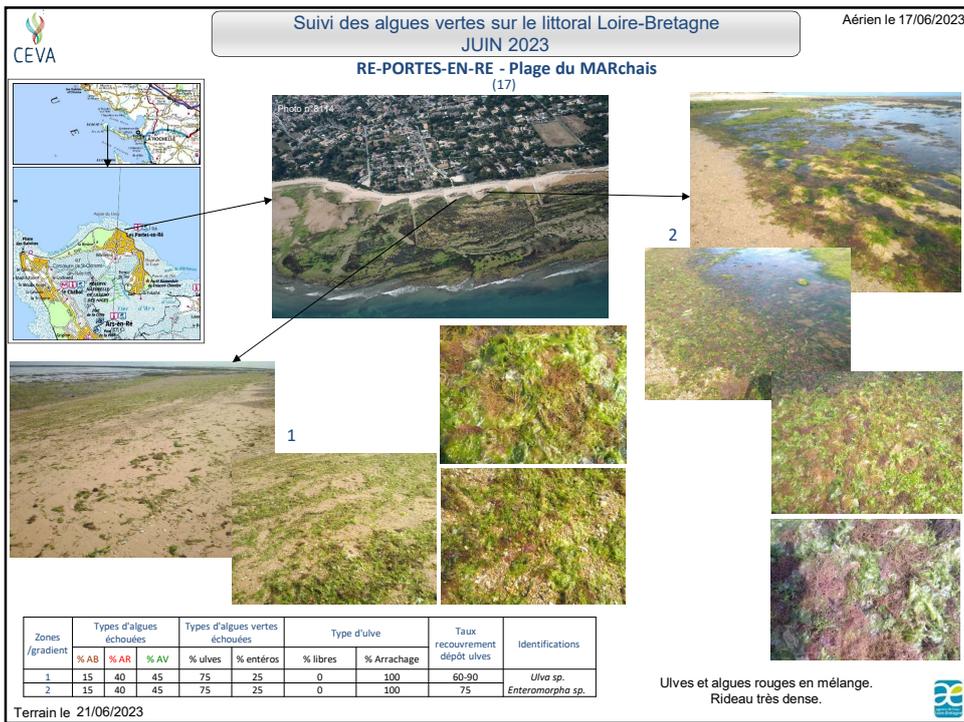
Zones /gradient	Types d'algues échouées			Types d'algues vertes échouées		Type d'ulve		Taux recouvrement dépôt ulves	Identifications
	% AB	% AR	% AV	% ulves	% entéros	% libres	% arrachage		
1	10	30	60	90	10	0	100	40	<i>Ulva sp.</i>
2	15	15	70	90	10	0	100	80	

1 : Dépôt de grandes ulves arrachées mélangées à quelques algues rouges et brunes.
2 : Dépôt de grandes ulves arrachées sur entéromorphes fixés.

Terrain le 21/06/2023







Suivi des algues vertes sur le littoral Loire-Bretagne
AOUT 2023

PEN-BE - Plage de Pont-Mahé
(44)

Aérien le 19/08/2023

Zones /gradient	Types d'algues échouées			Types d'algues vertes échouées		Type d'ulve		Taux recouvrement dépôt ulves	Identifications
	% AB	% AR	% AV	% ulves	% entéros	% libres	% arrachage		
1	70	0	30	40	60	0	100	10	<i>Enteromorpha sp.</i> <i>Ulva sp.</i>

Terrain le 20/08/2023

Dépôt de zostères arrachées principalement, mélangées à quelques algues brunes et de rares ulves en morceaux.

Suivi des algues vertes sur le littoral Loire-Bretagne
AOUT 2023

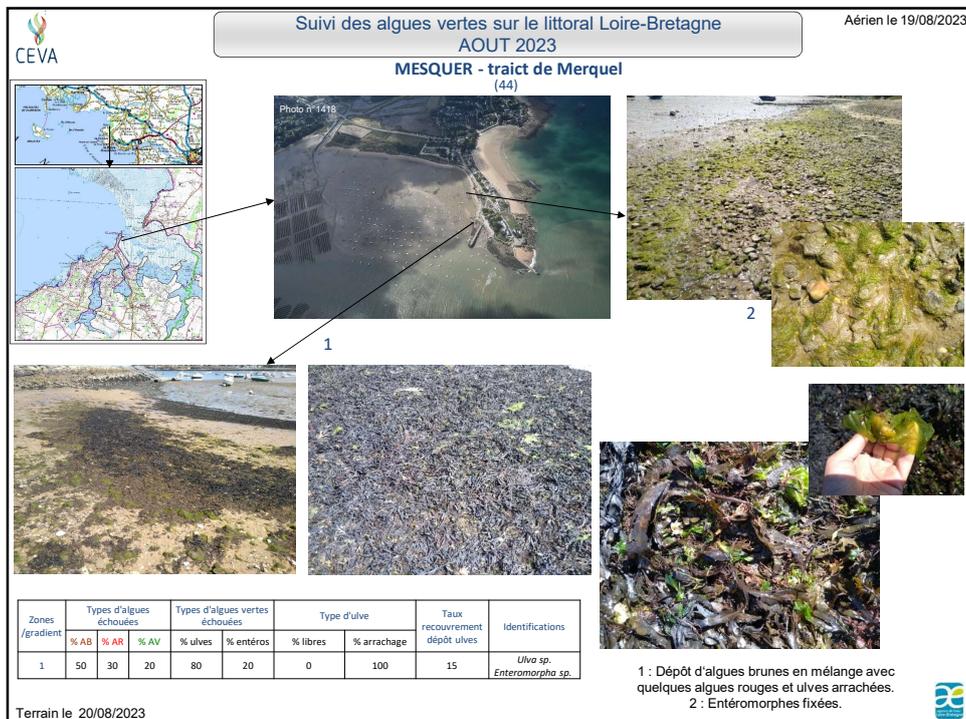
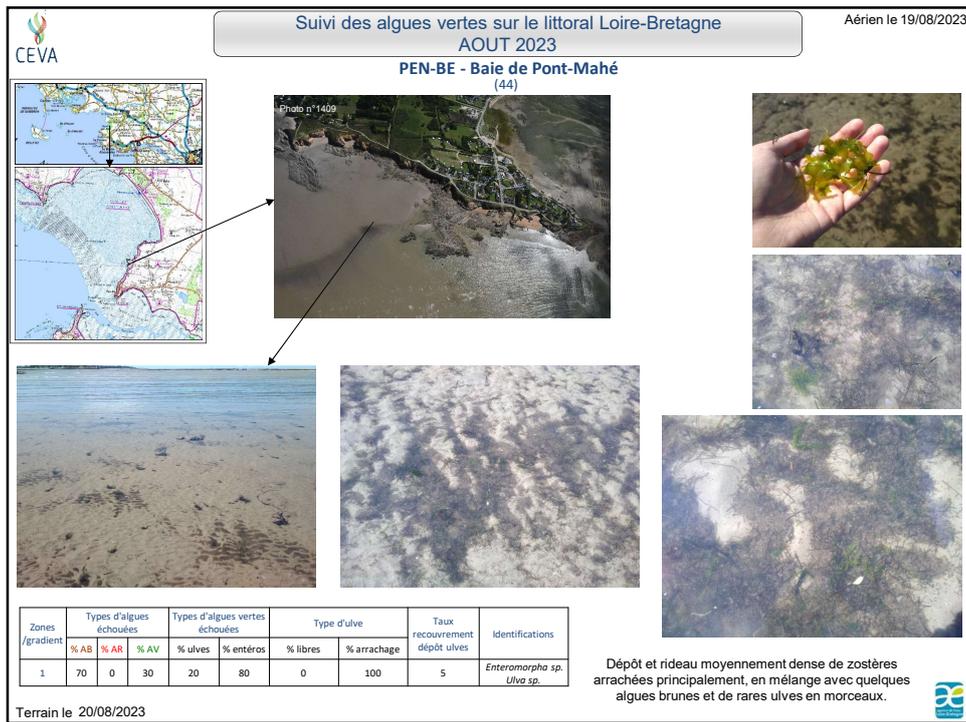
PEN-BE - La Grande Ile de Mesquiere
(44)

Aérien le 19/08/2023

Zones /gradient	Types d'algues échouées			Types d'algues vertes échouées		Type d'ulve		Taux recouvrement dépôt ulves	Identifications
	% AB	% AR	% AV	% ulves	% entéros	% libres	% arrachage		
1	60	10	30	40	60	0	100	10	<i>Enteromorpha sp.</i> <i>Ulva sp.</i>

Terrain le 20/08/2023

Dépôt diffus de zostères arrachées principalement, en mélange avec quelques algues brunes et ulves en morceaux.



CEVA

Suivi des algues vertes sur le littoral Loire-Bretagne
AOUT 2023

MESQUER - Plage de Sorloc (44)

Aérien le 19/08/2023









Zones /gradient	Types d'algues échouées			Types d'algues vertes échouées		Type d'ulve		Taux recouvrement dépôt ulves	Identifications
	% AB	% AR	% AV	% ulves	% entéros	% libres	% arrachage		
1	15	35	50	90	10	0	100	40	<i>Ulva sp.</i>

Terrain le 20/08/2023

Dépôt discontinu d'ulves arrachées en mélange avec des algues rouges et quelques brunes.



CEVA

Suivi des algues vertes sur le littoral Loire-Bretagne
AOUT 2023

MESQUER - Plage de Sorloc (44)

Aérien le 19/08/2023







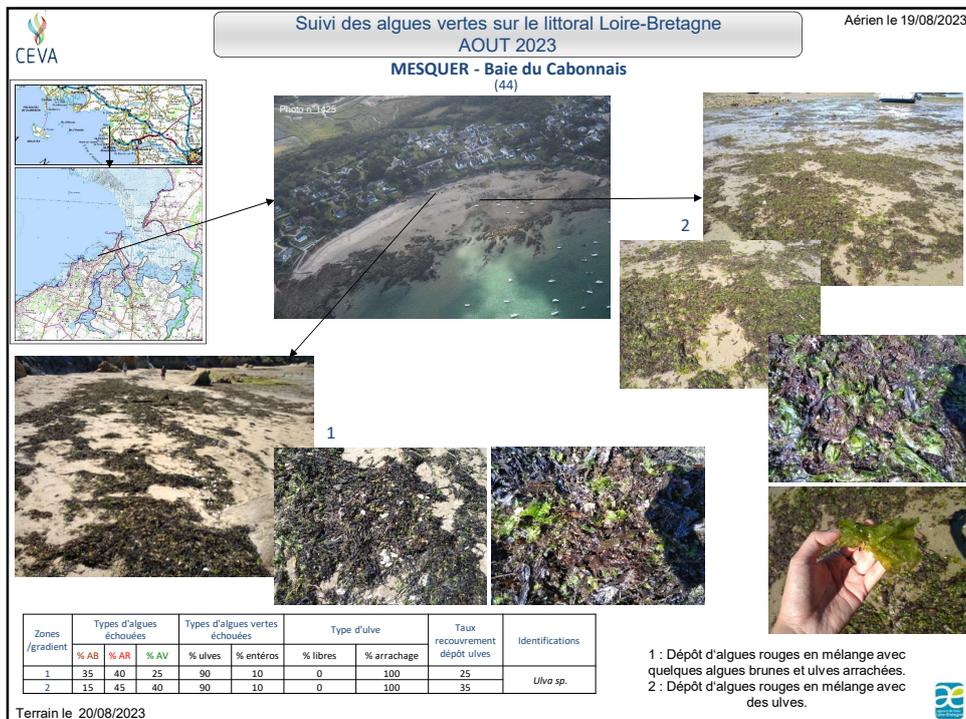
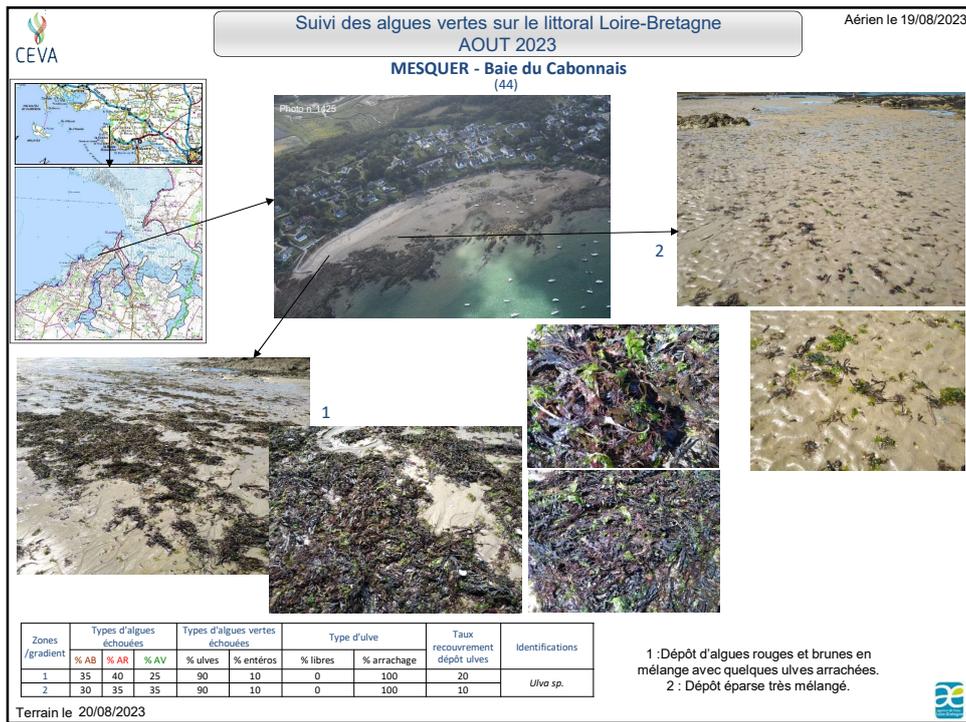


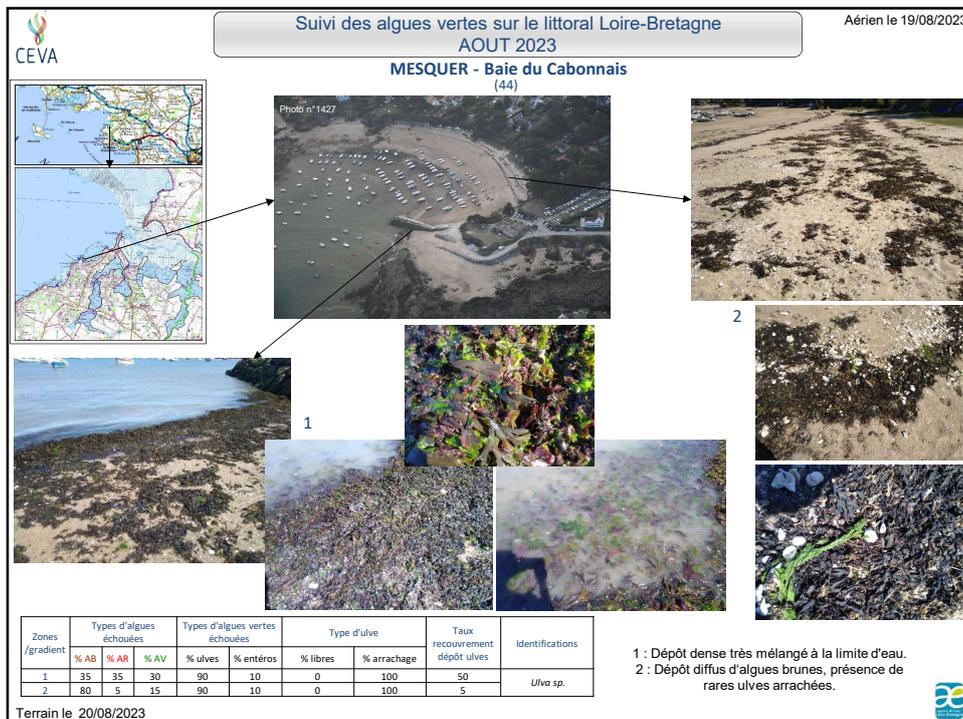
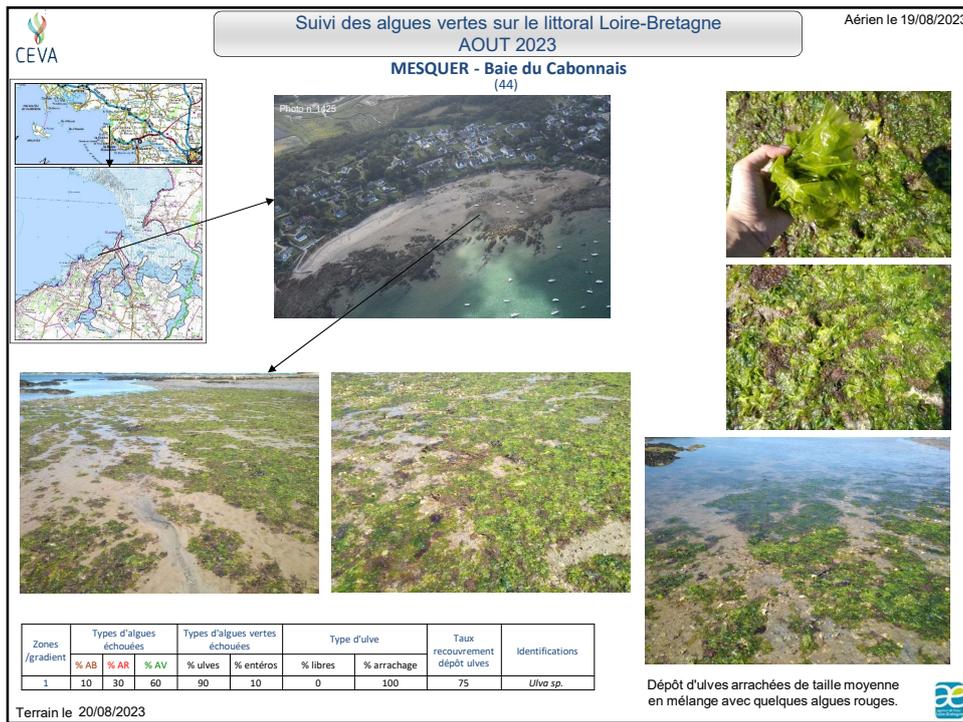

Zones /gradient	Types d'algues échouées			Types d'algues vertes échouées		Type d'ulve		Taux recouvrement dépôt ulves	Identifications
	% AB	% AR	% AV	% ulves	% entéros	% libres	% arrachage		
1	10	30	60	90	10	0	100	20	<i>Ulva sp.</i>

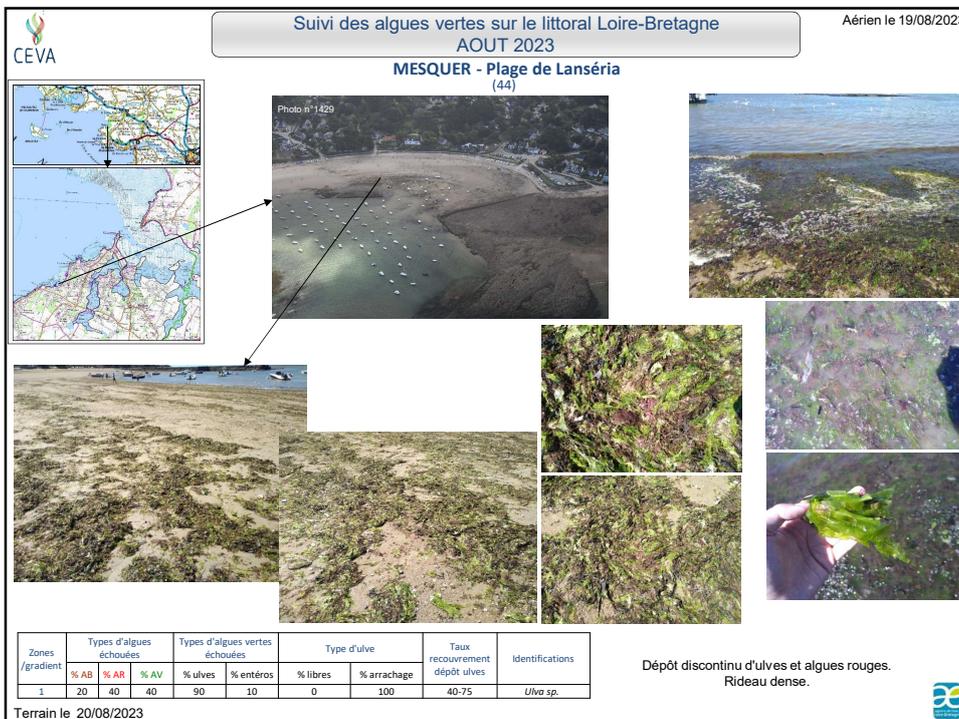
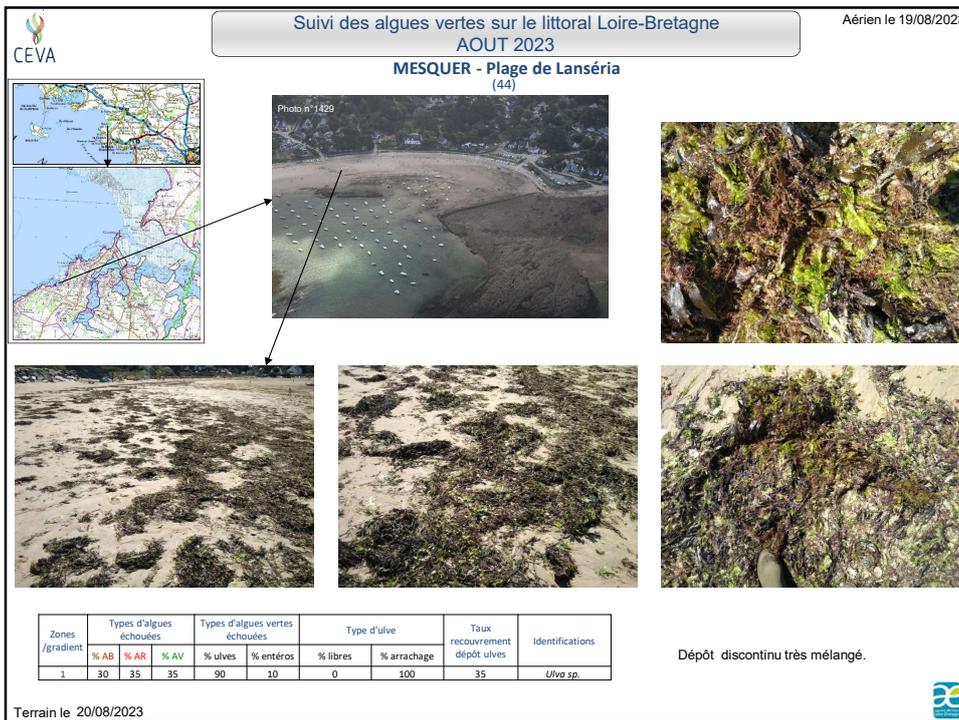
Terrain le 20/08/2023

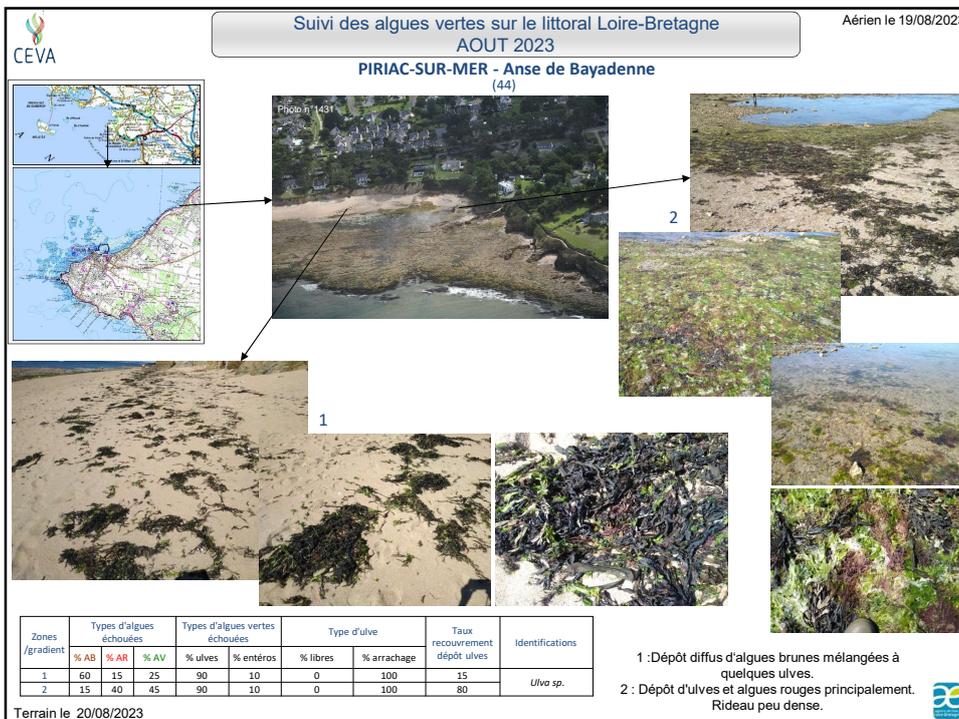
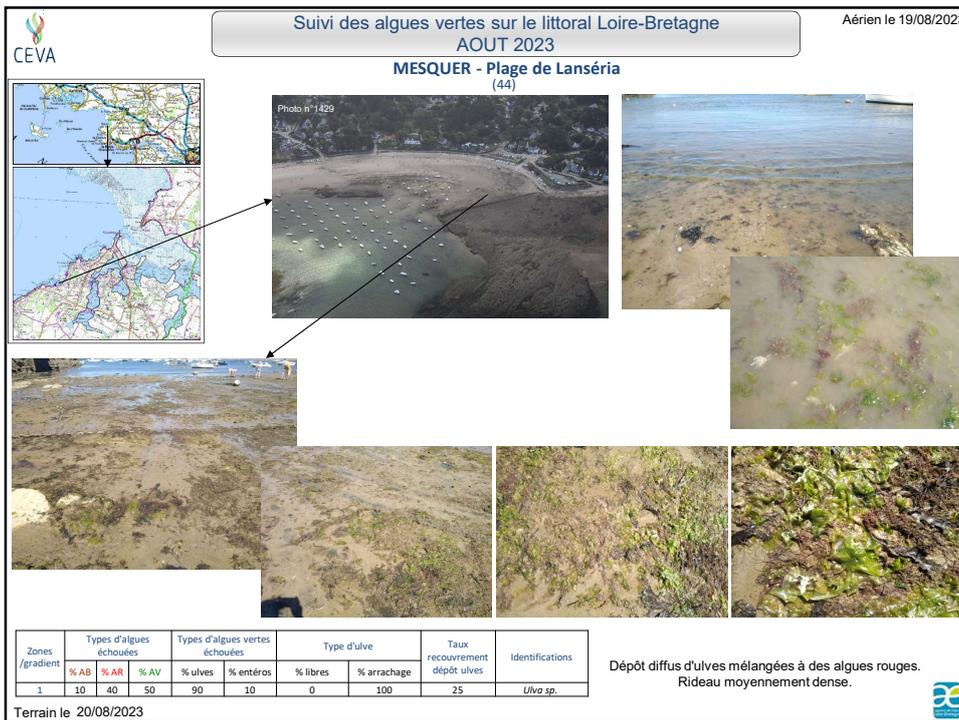
Dépôt diffus d'ulves en mélange avec des algues rouges et quelques brunes. Rideau peu dense.

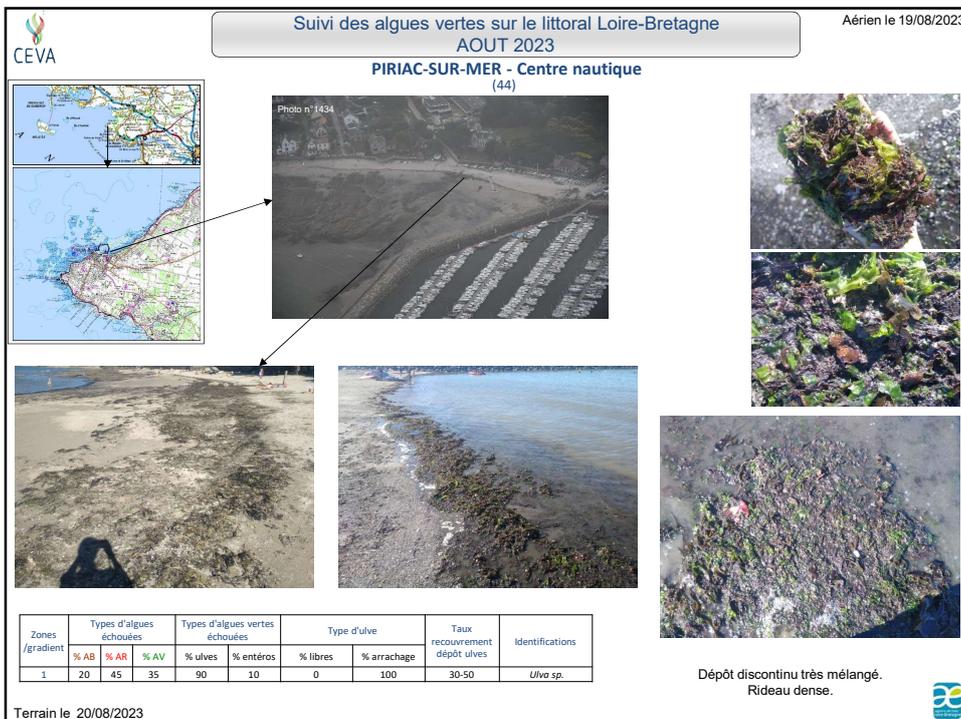
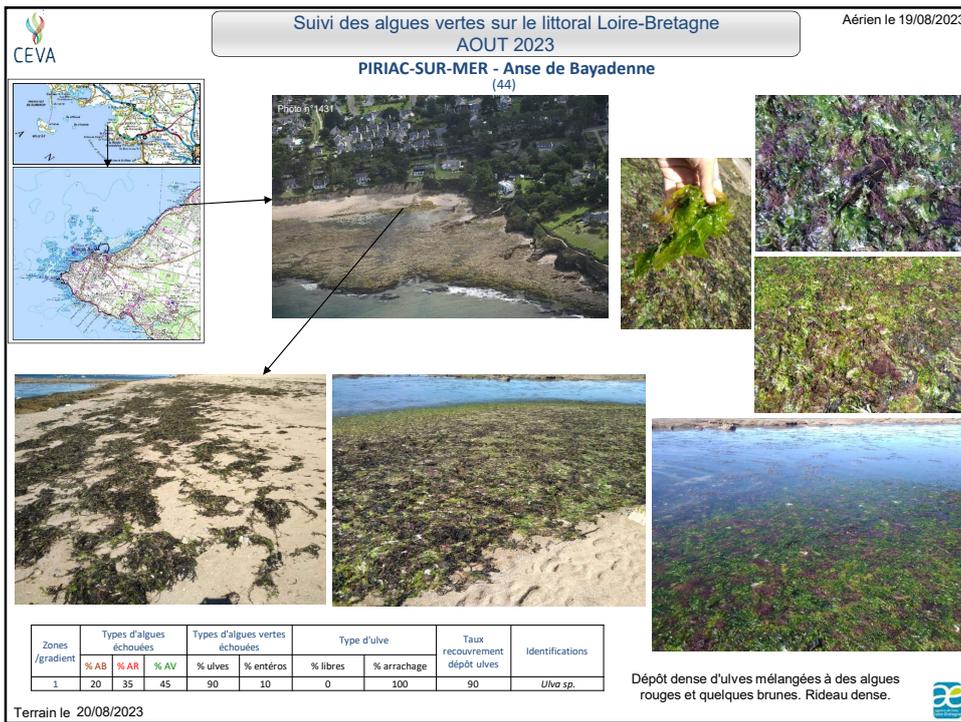


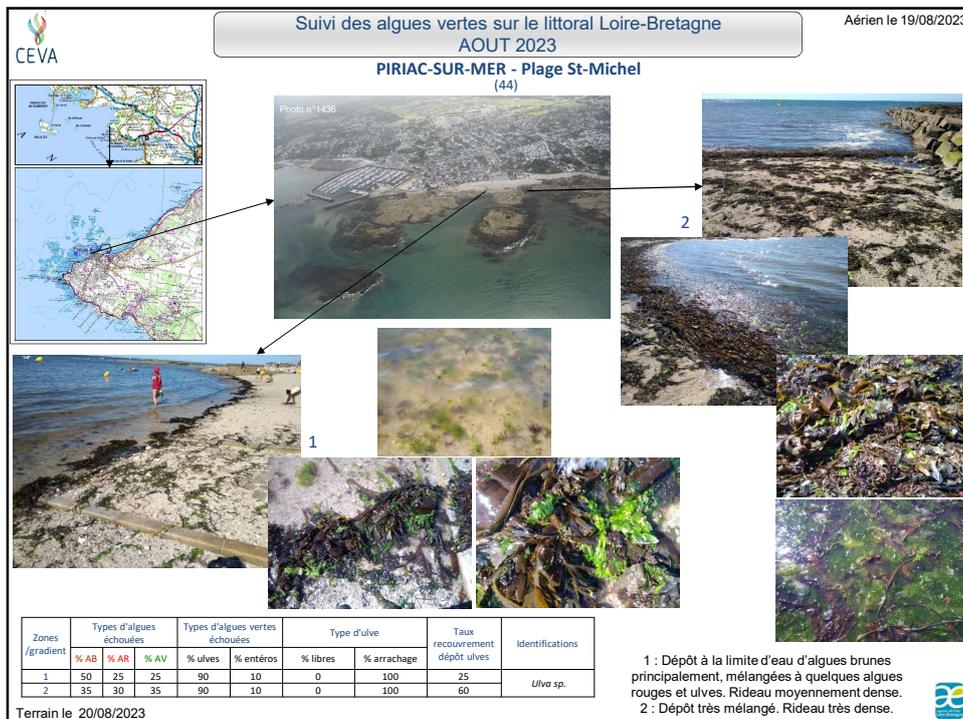
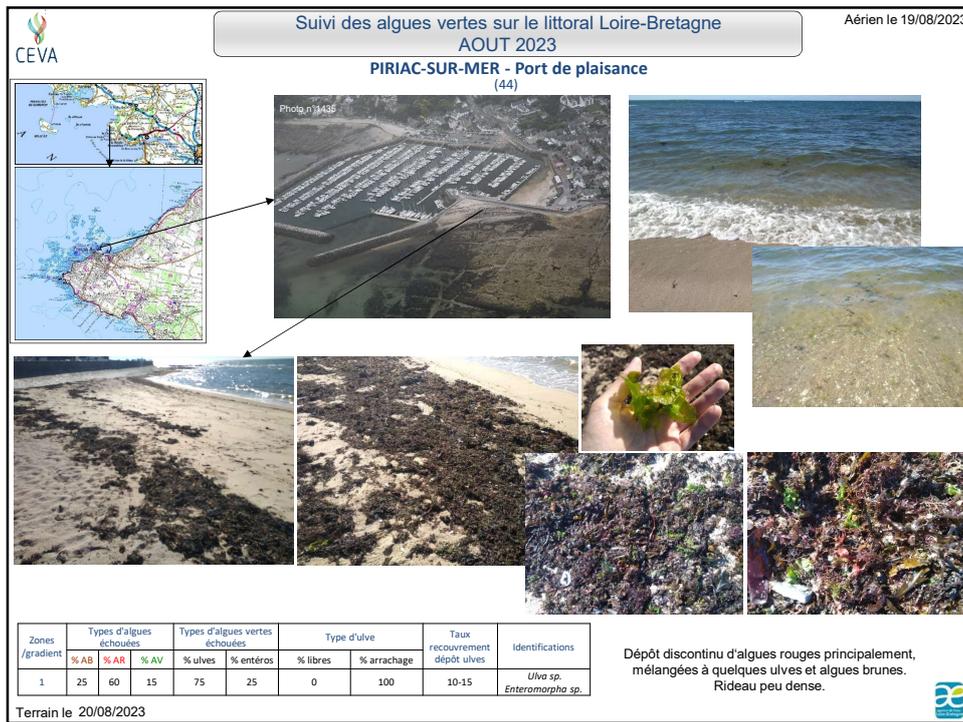


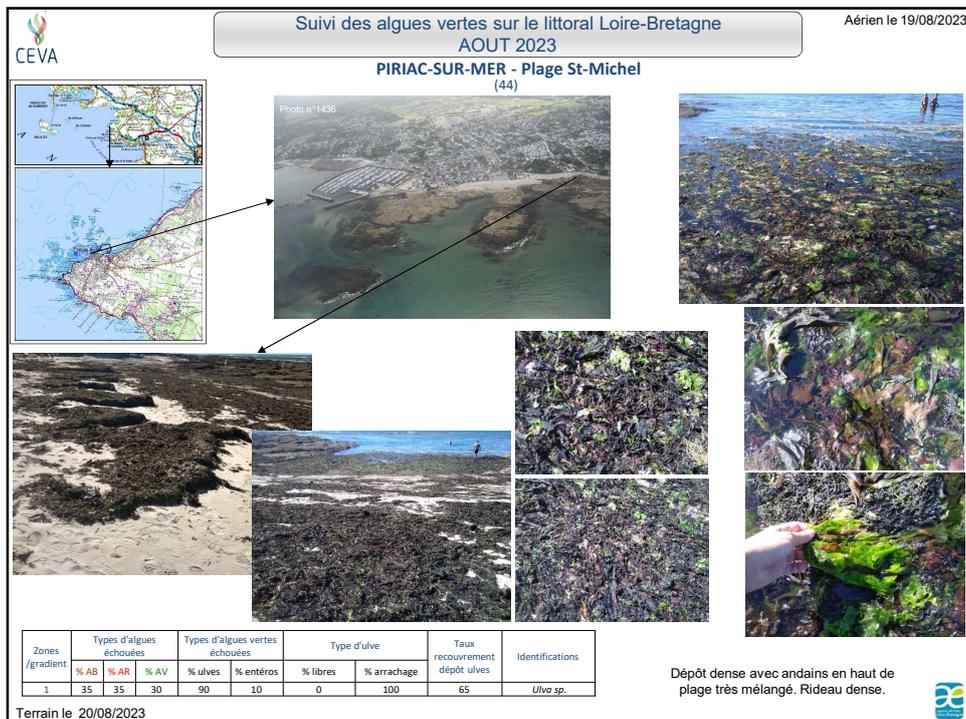
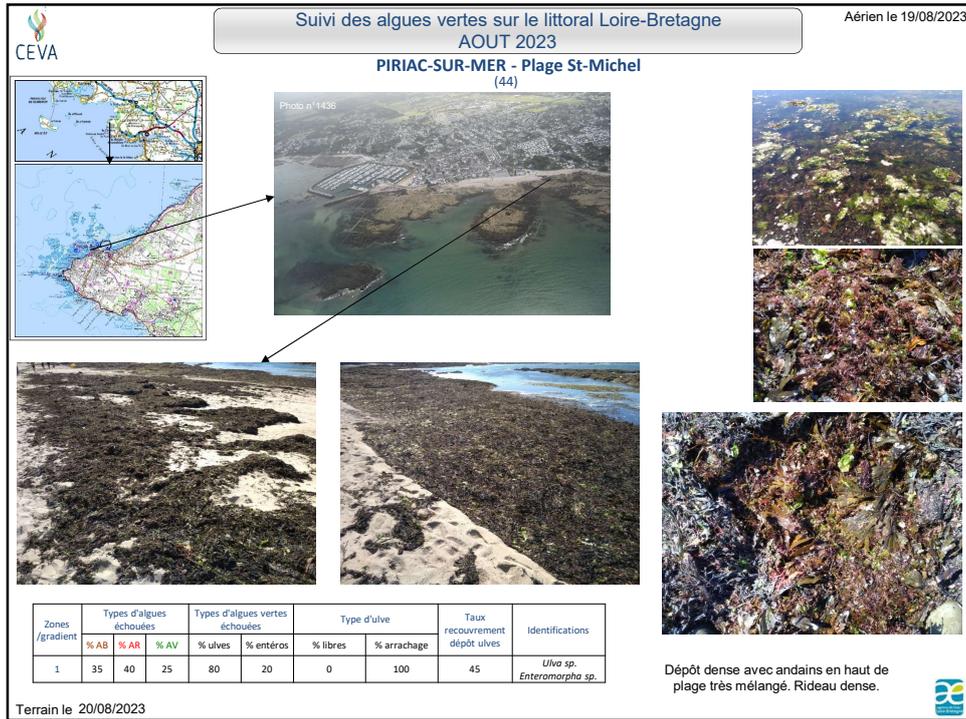


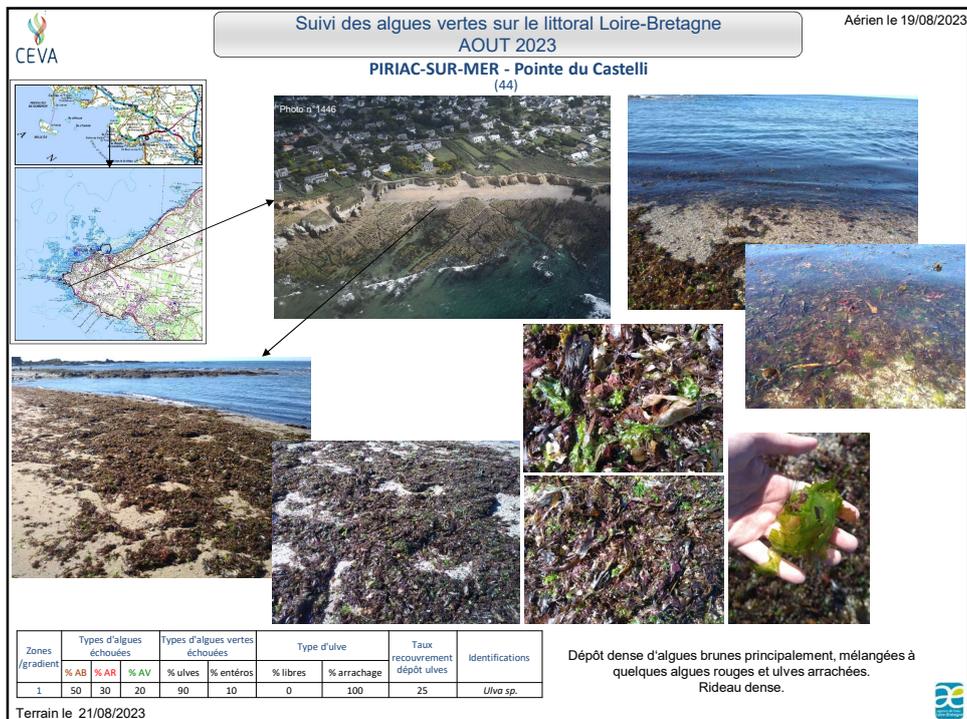
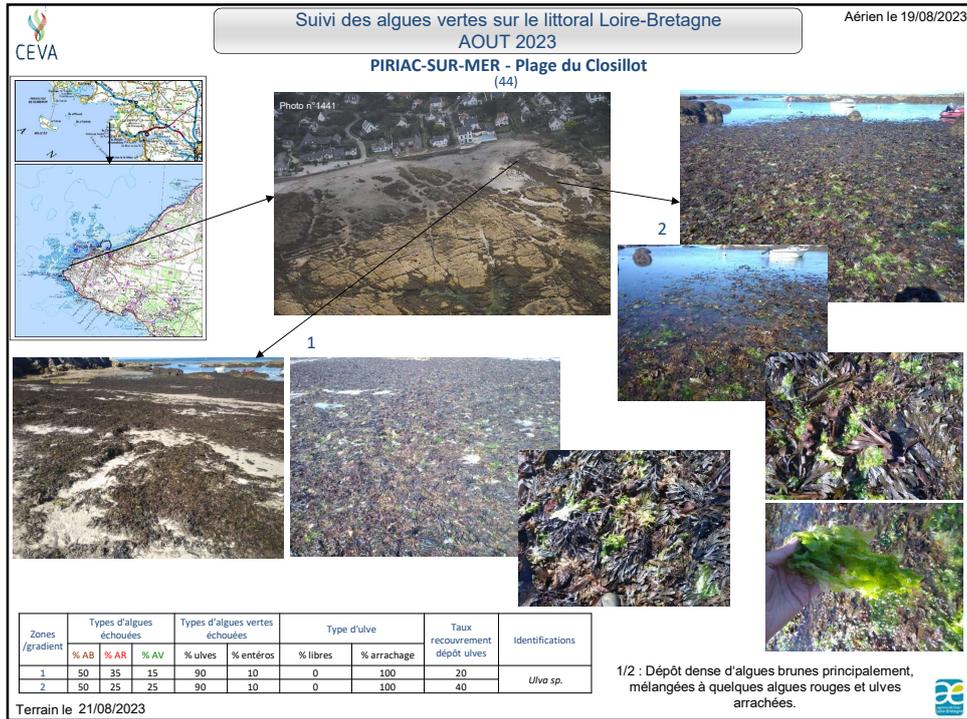


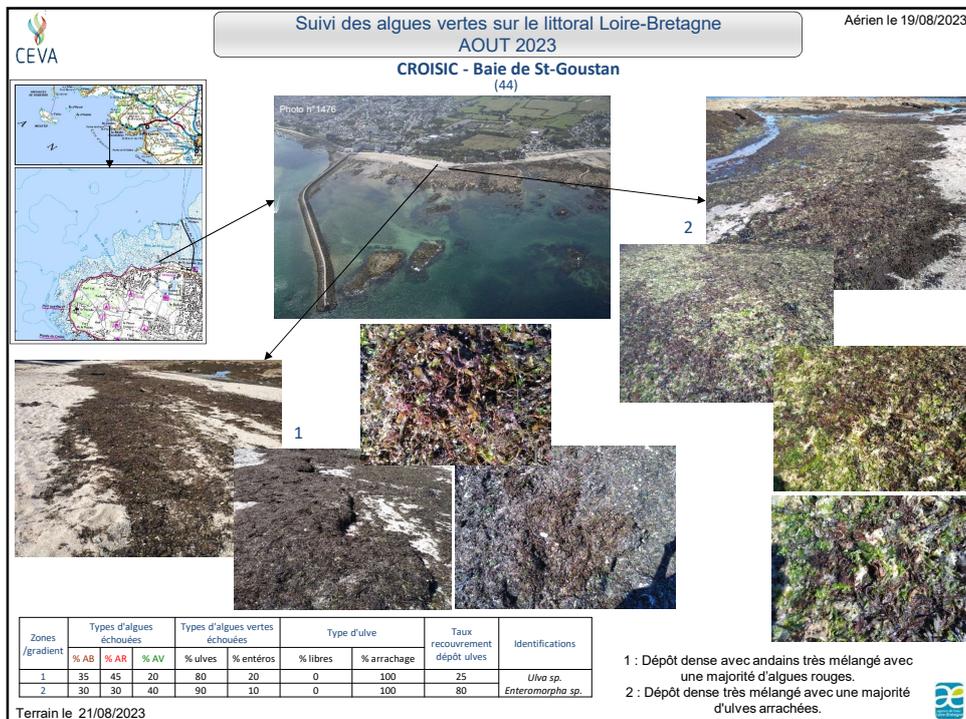
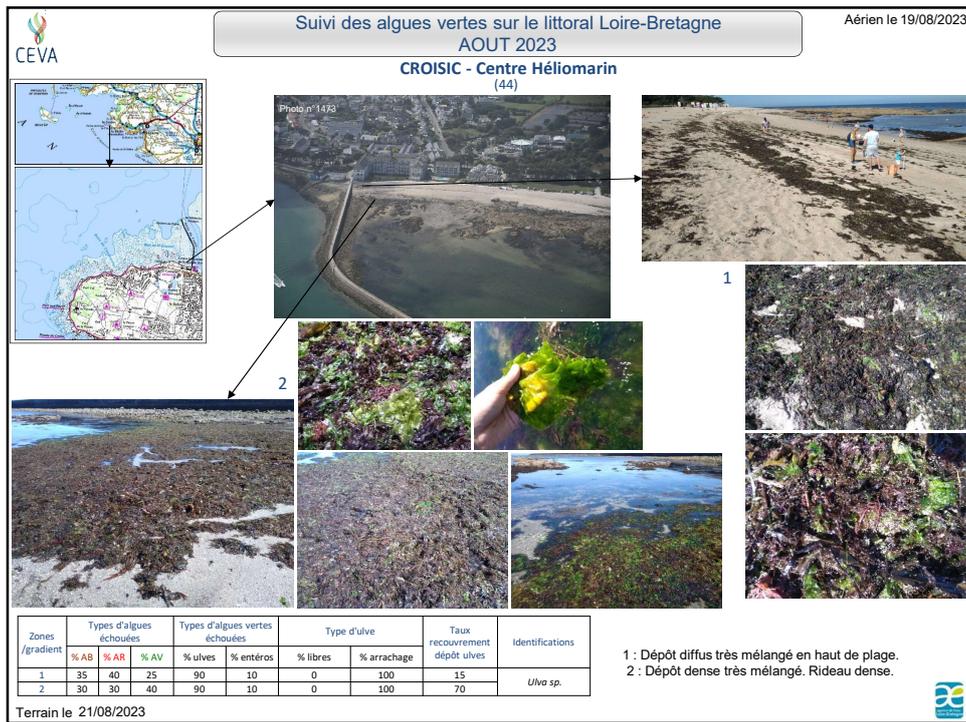


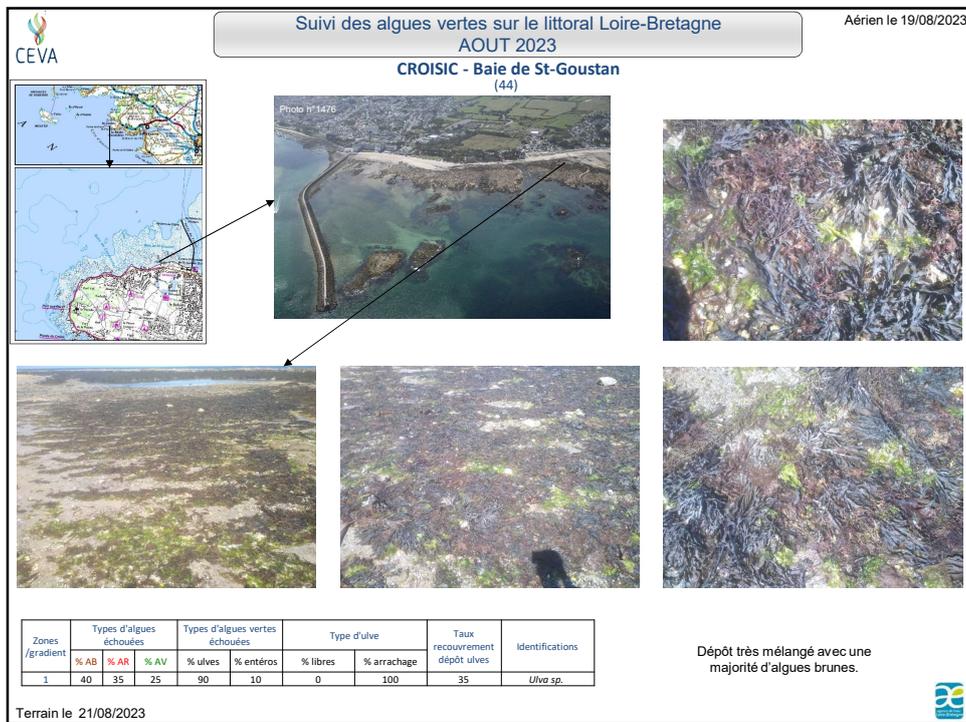
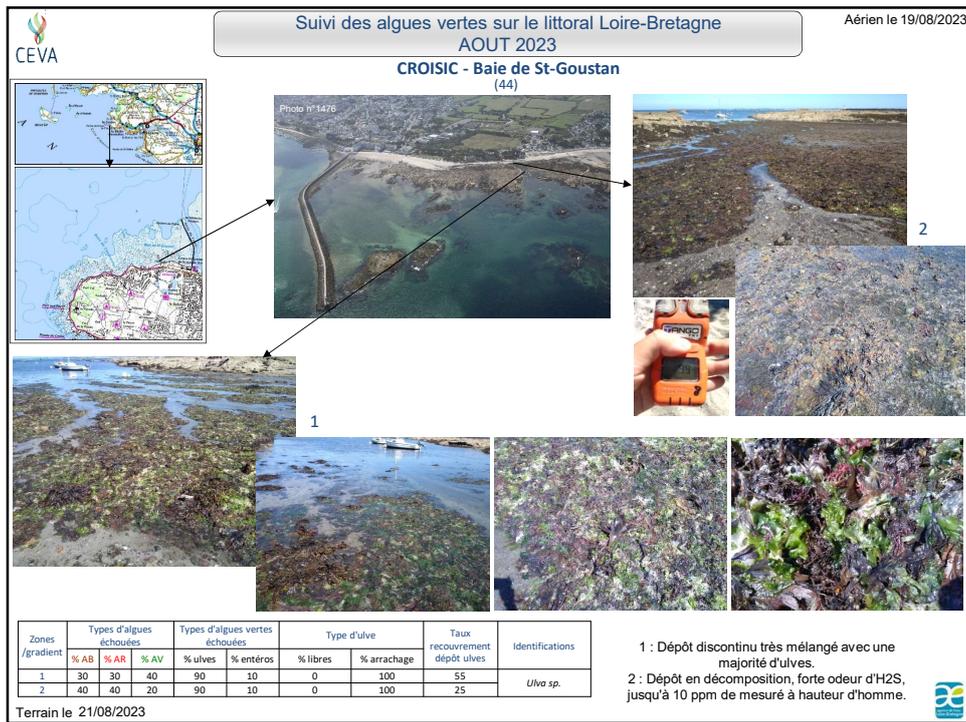


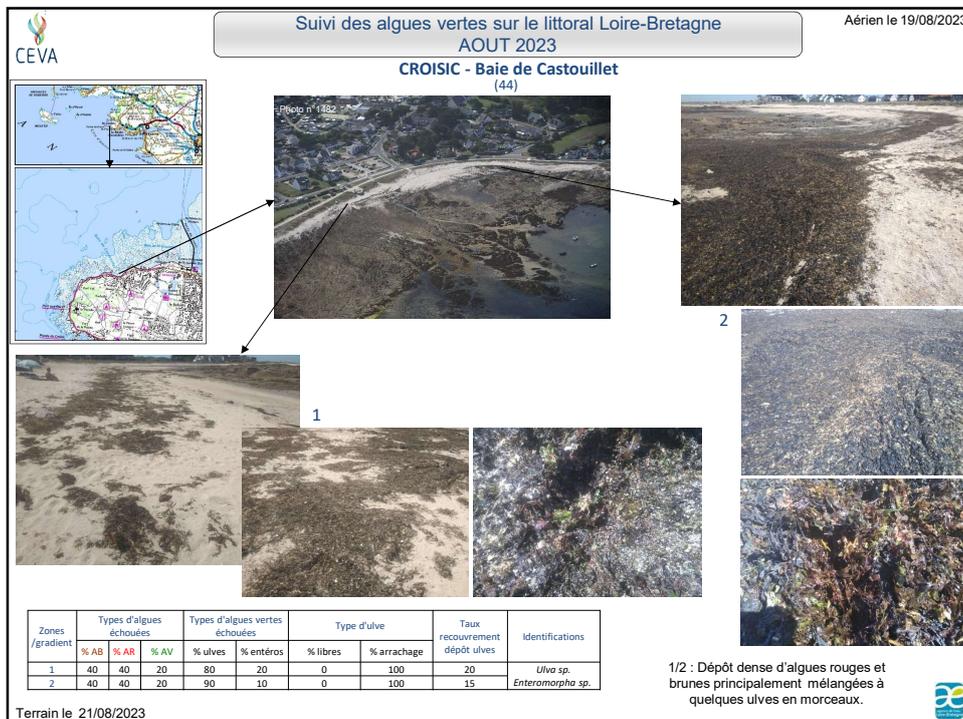
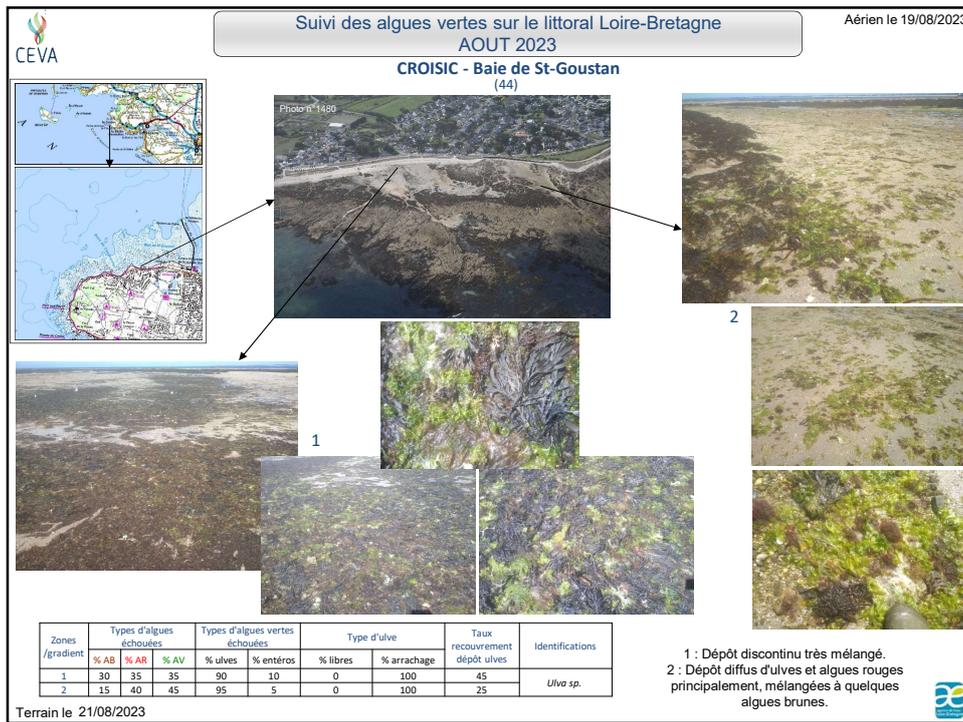


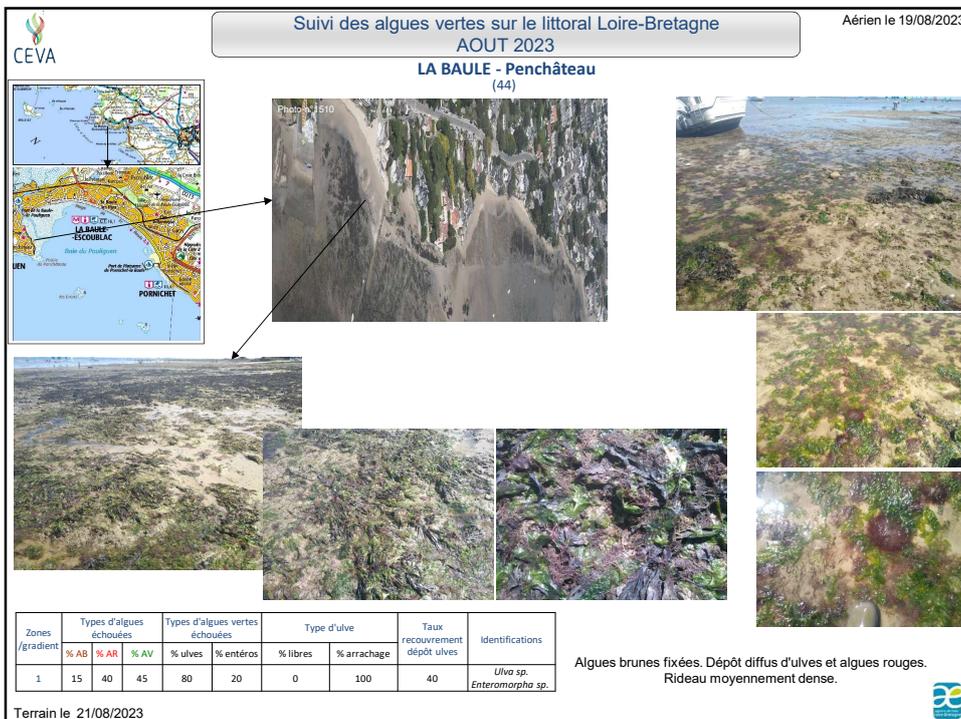
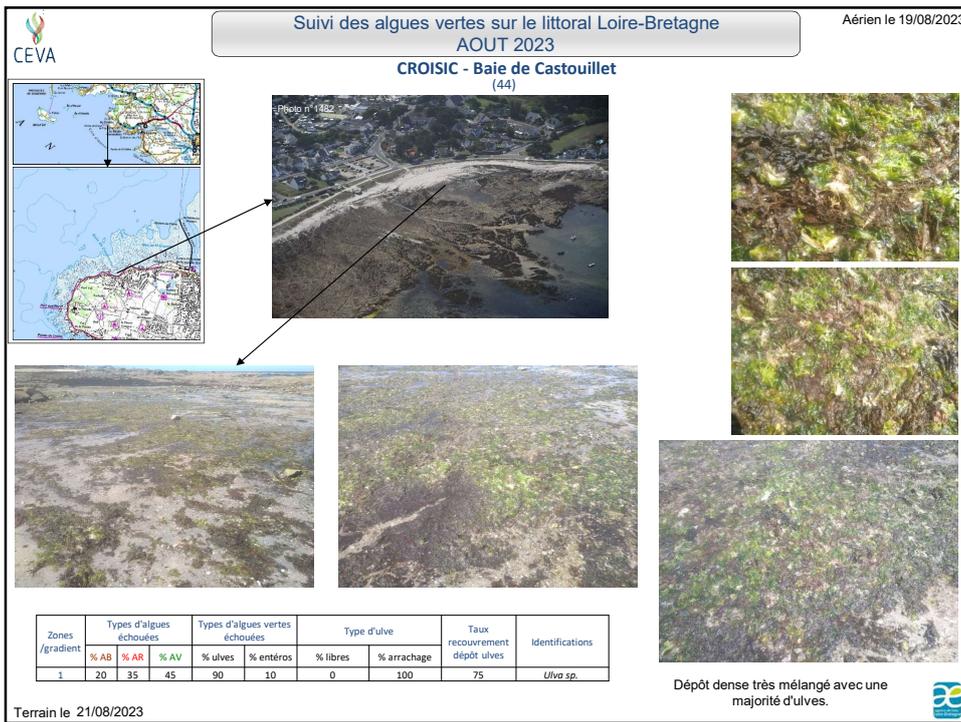


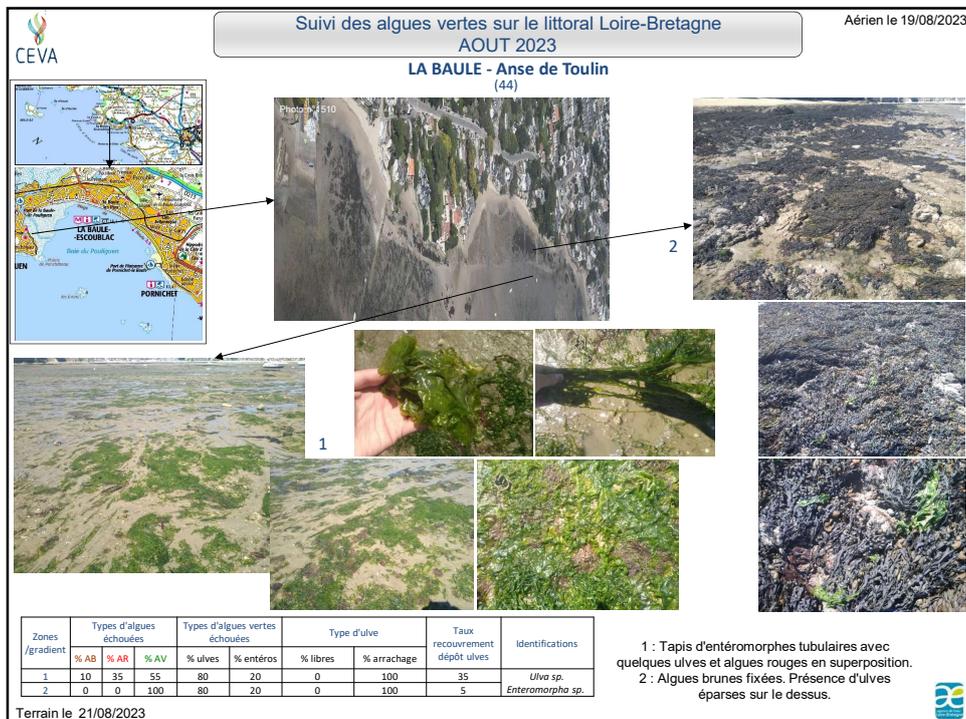
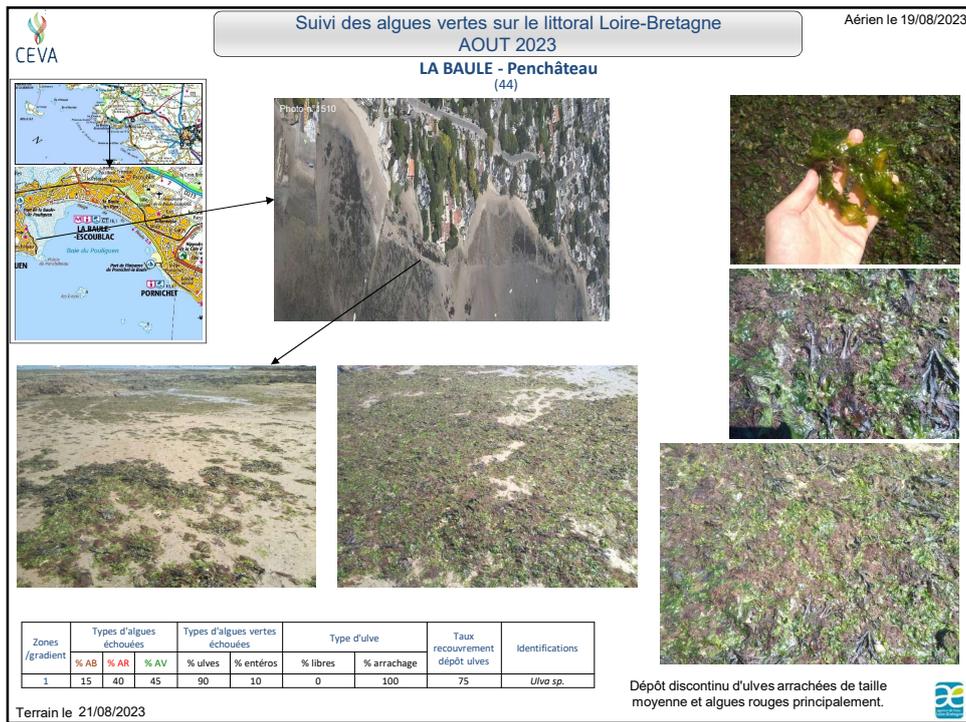


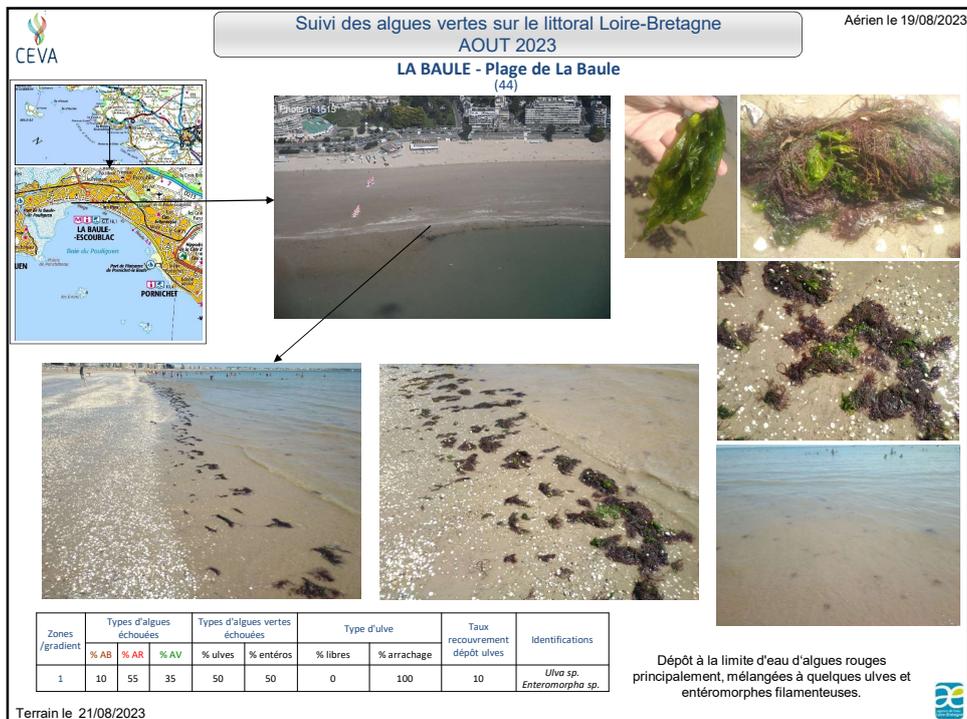
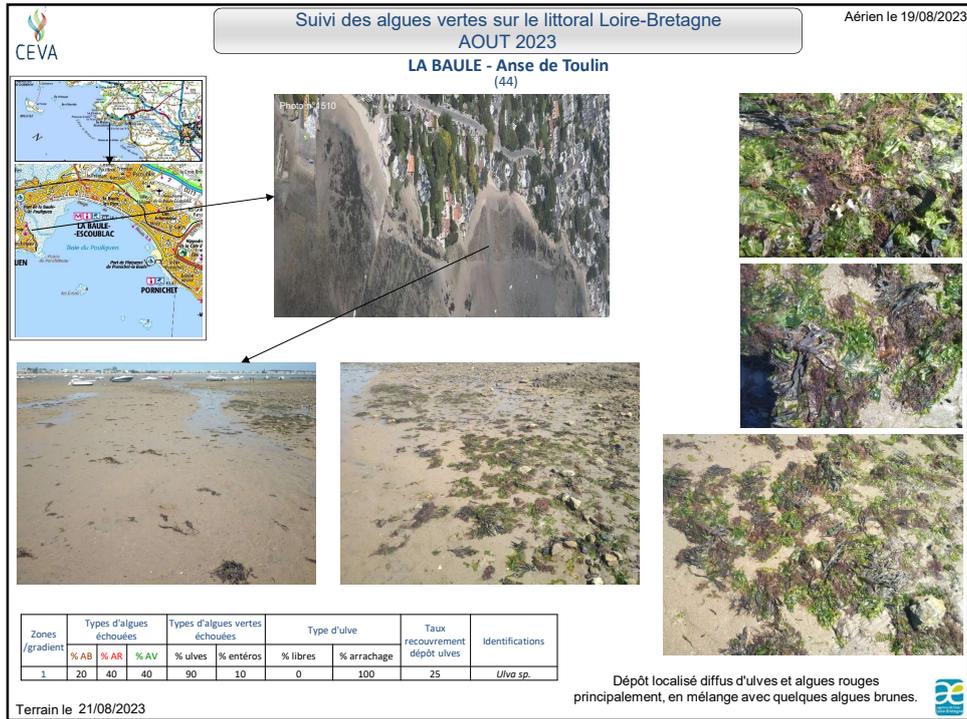


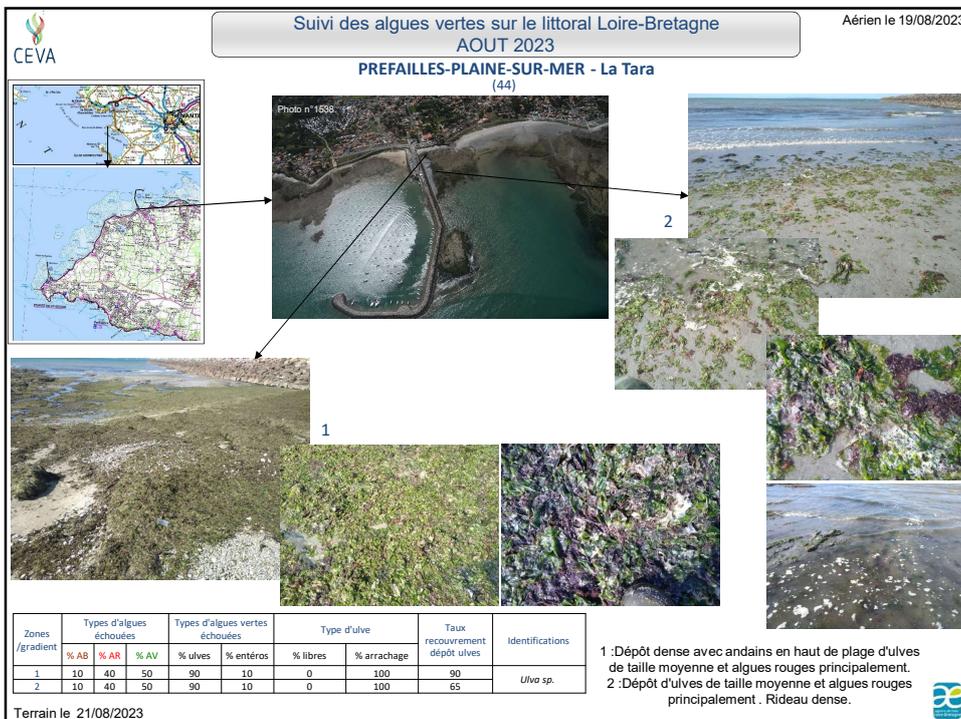
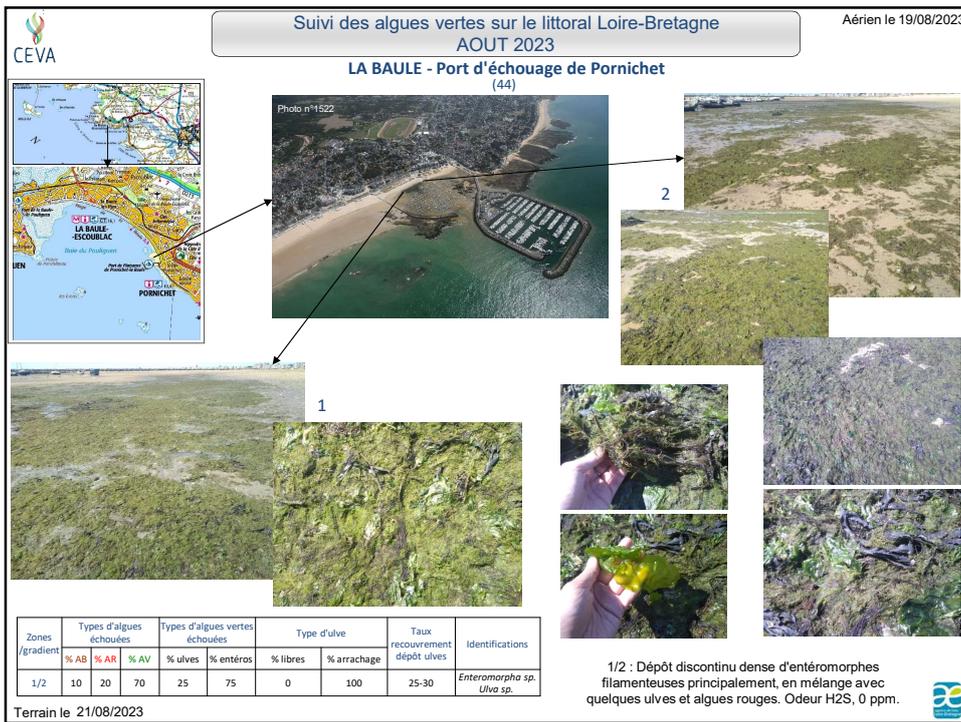


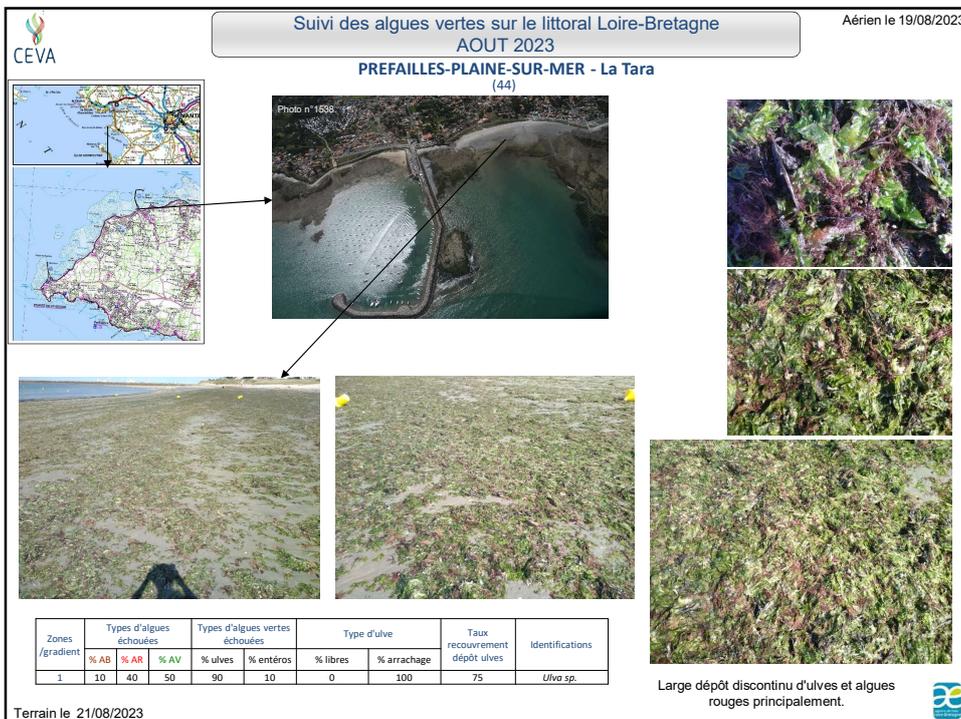
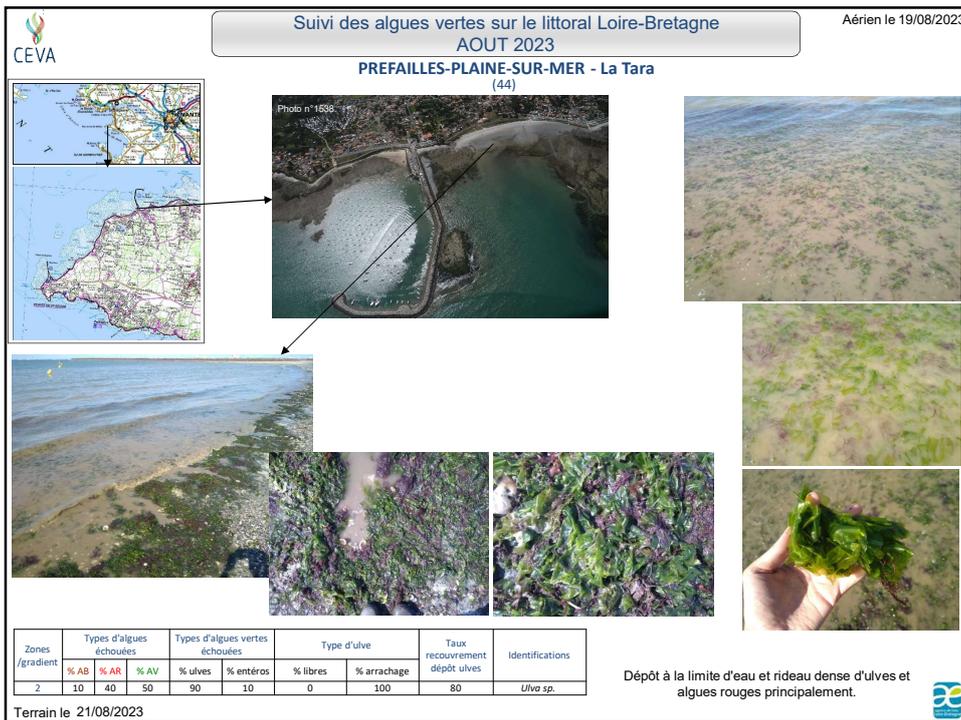


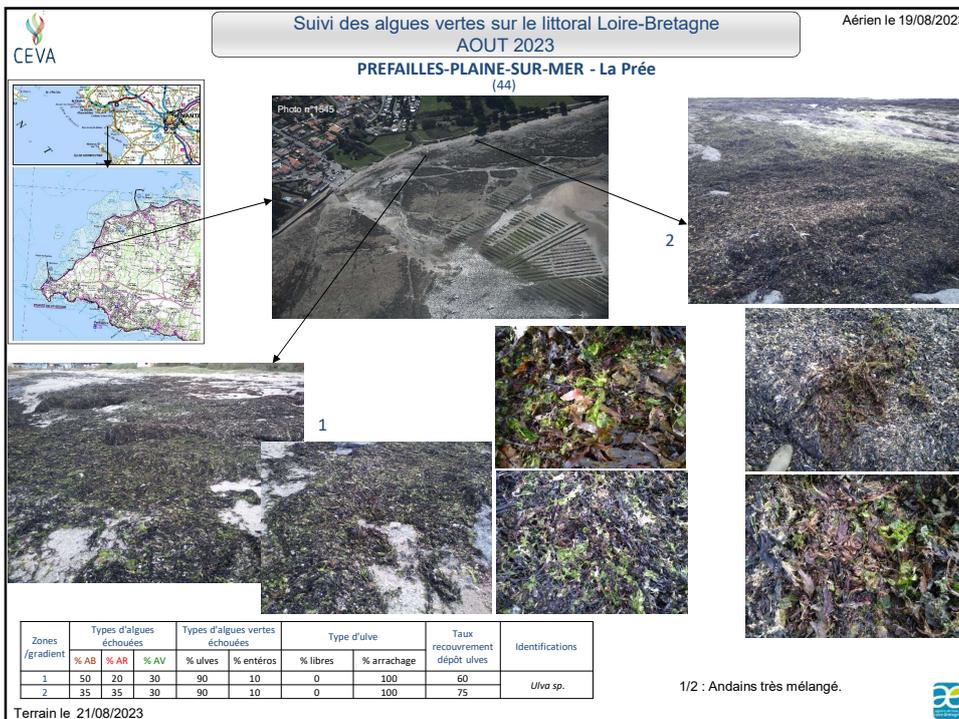
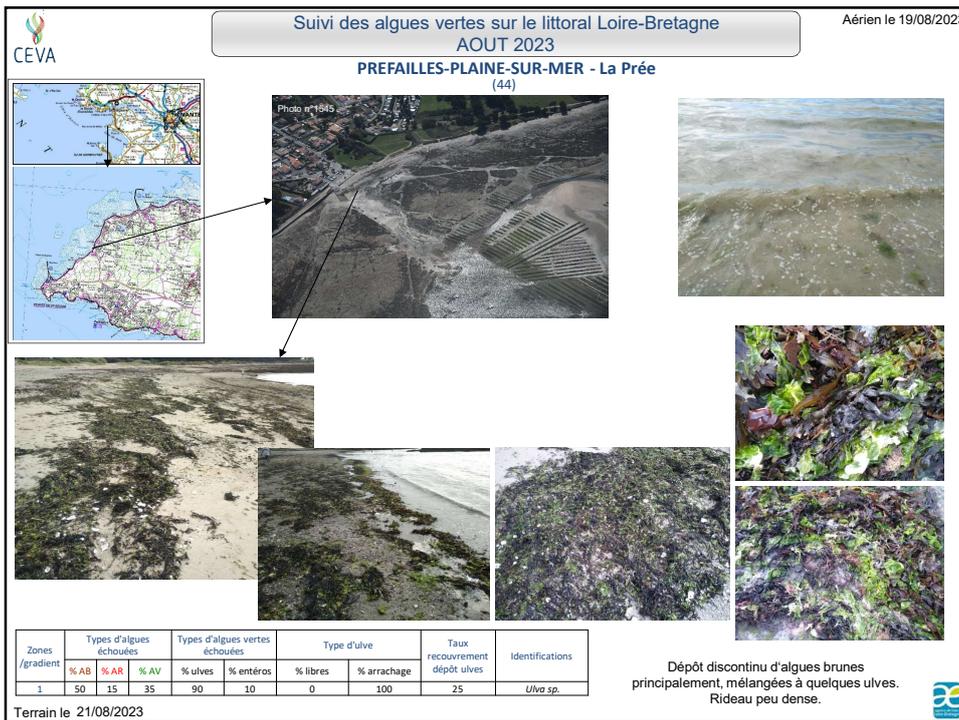


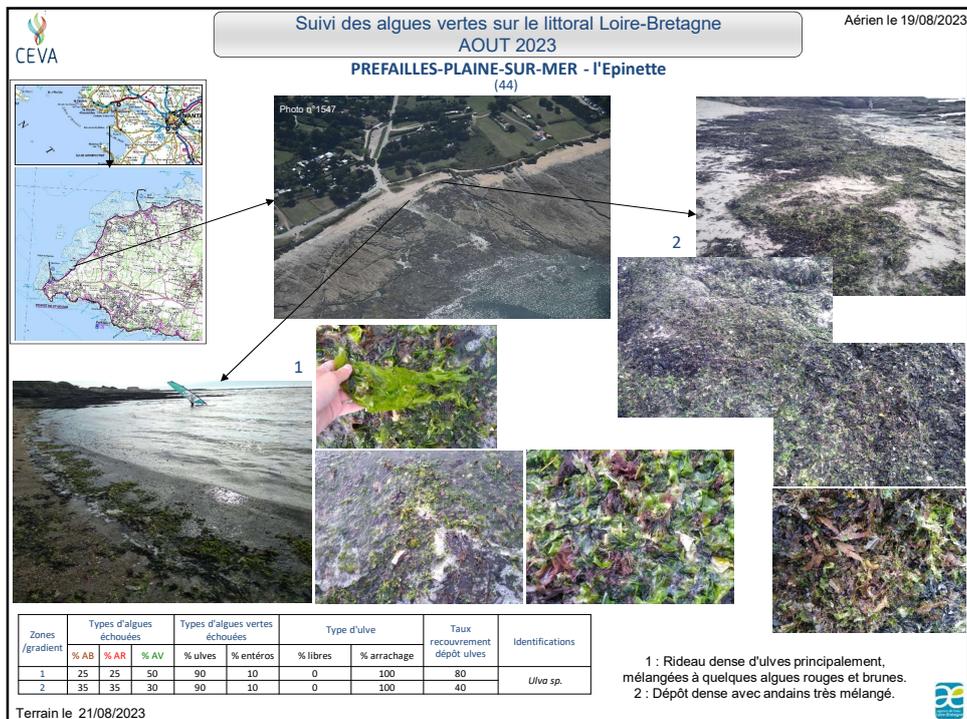
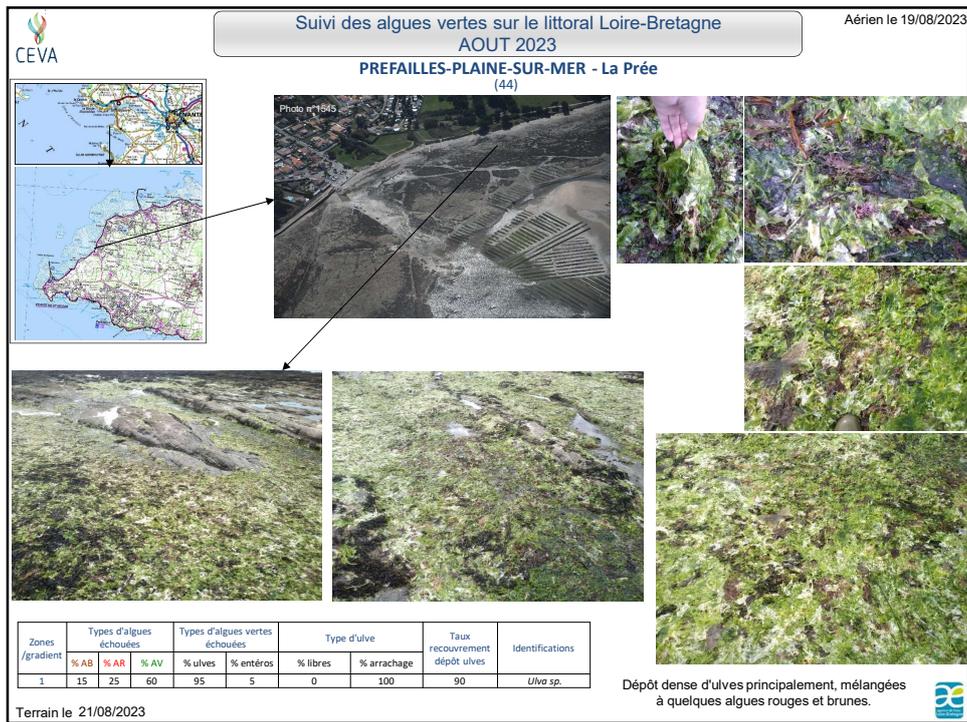


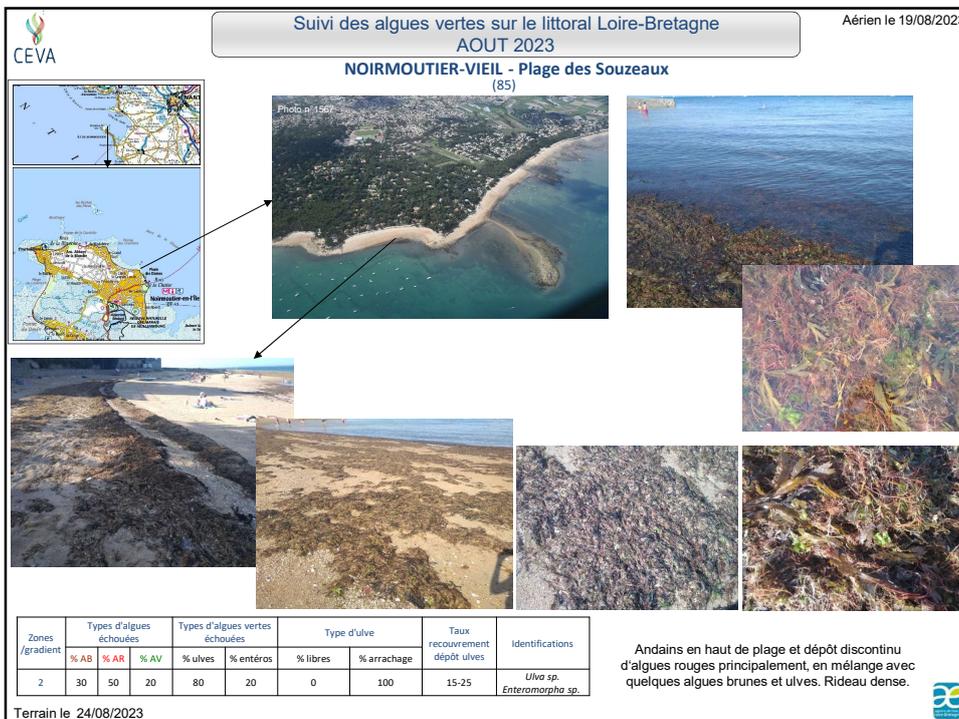
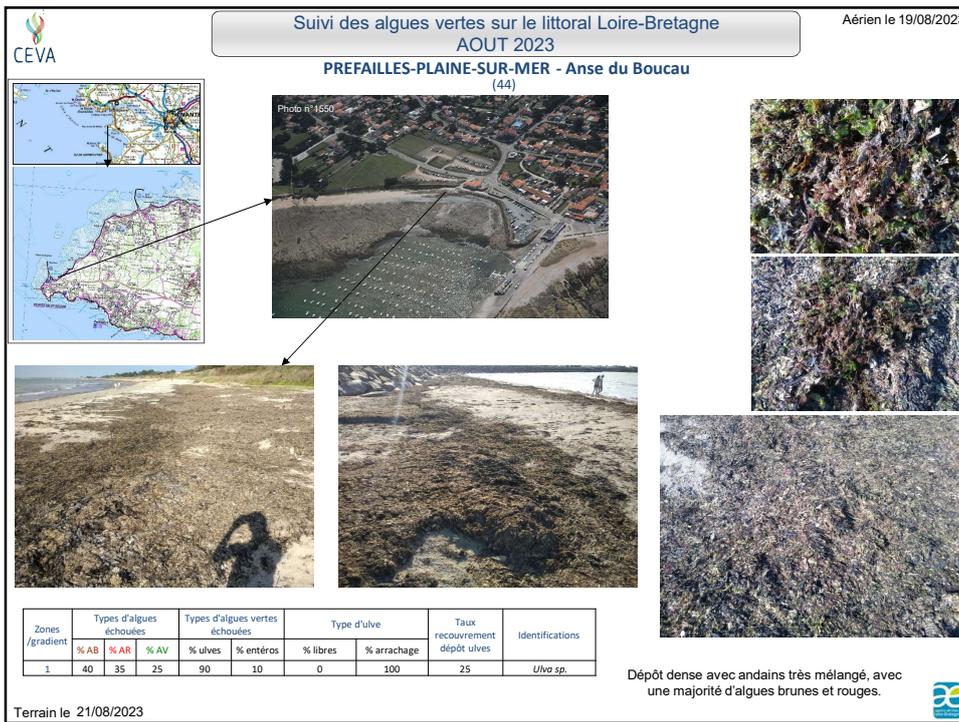


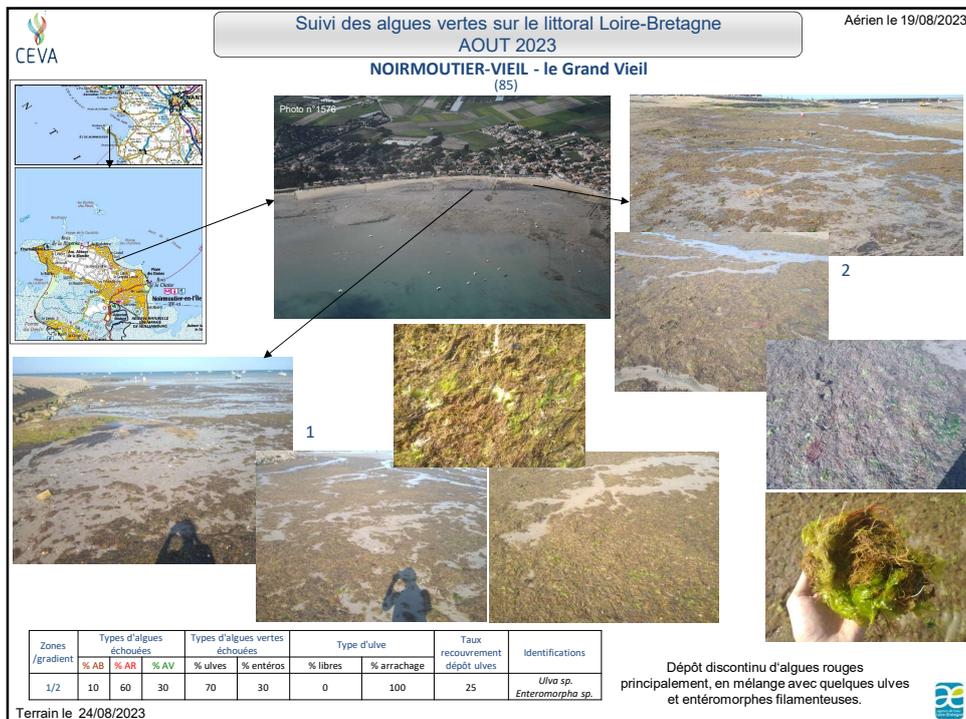
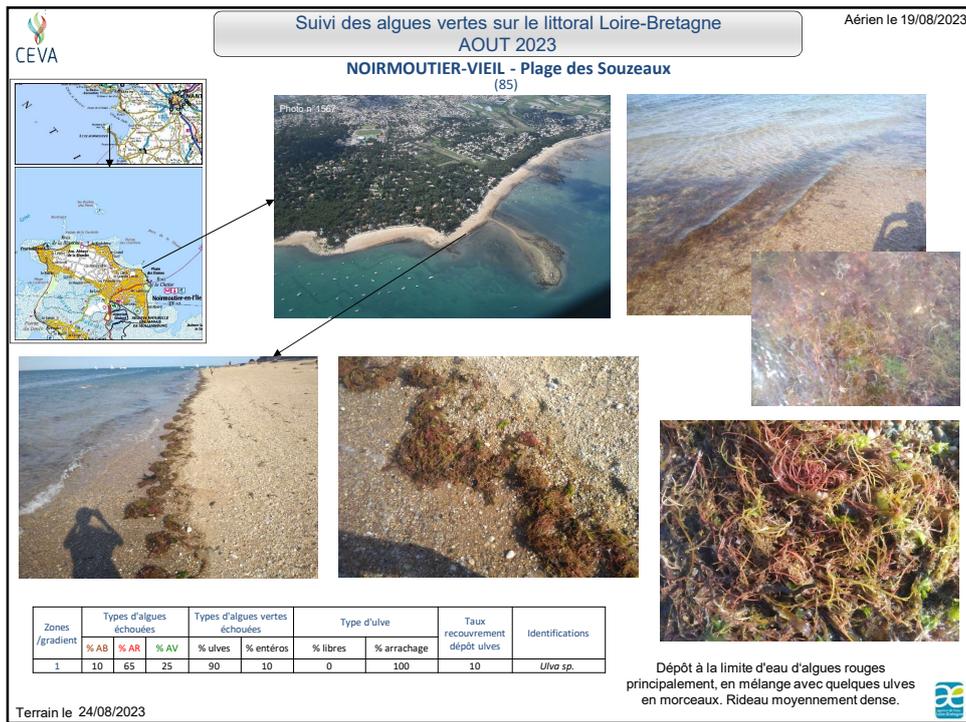


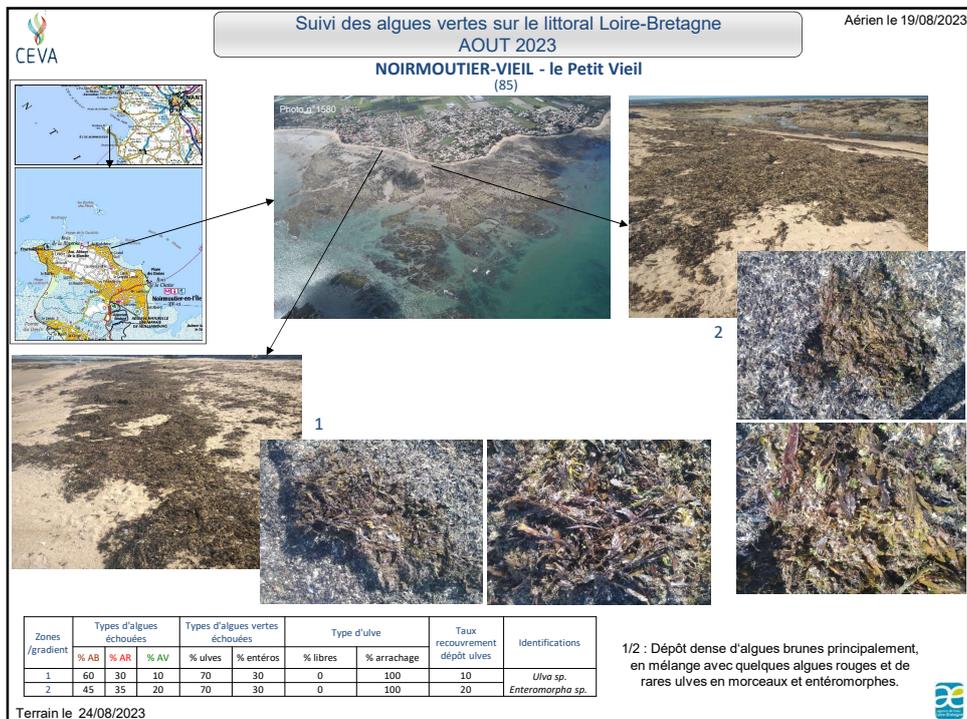
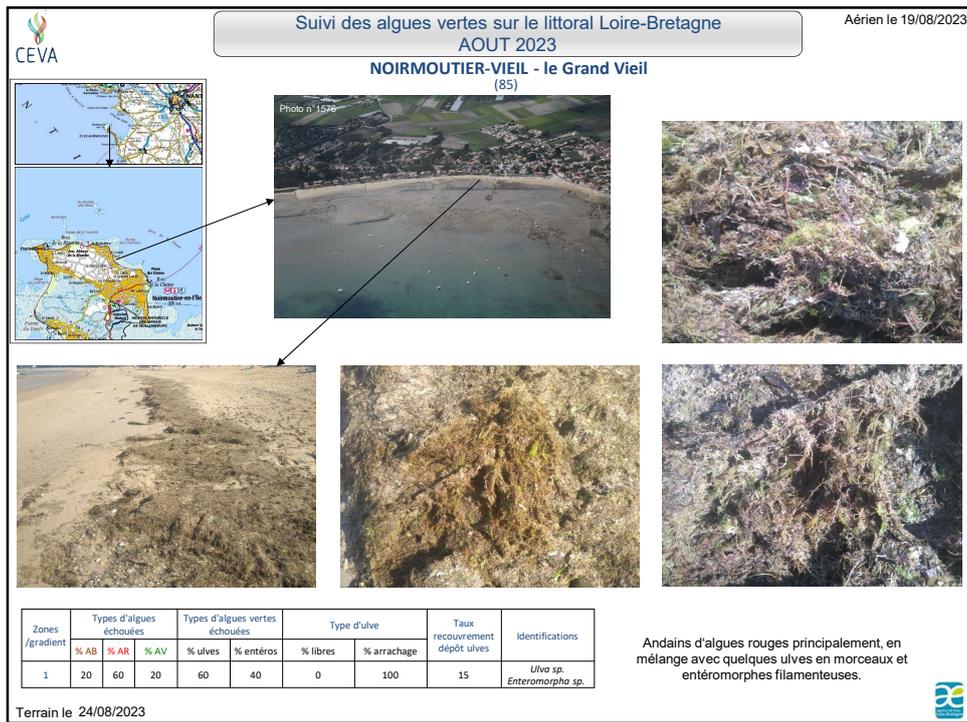


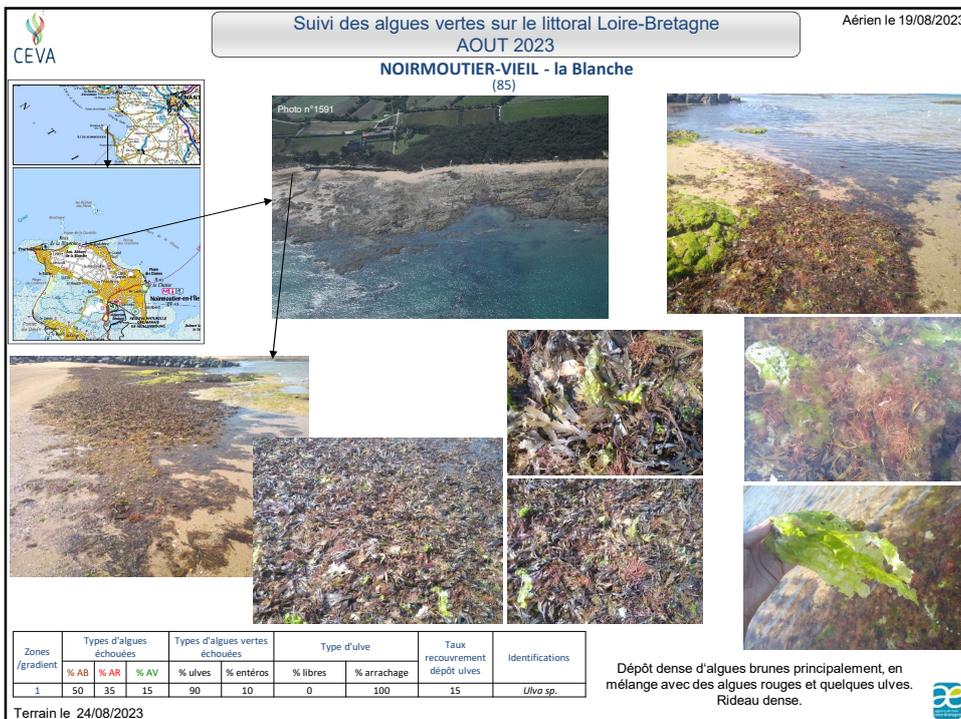
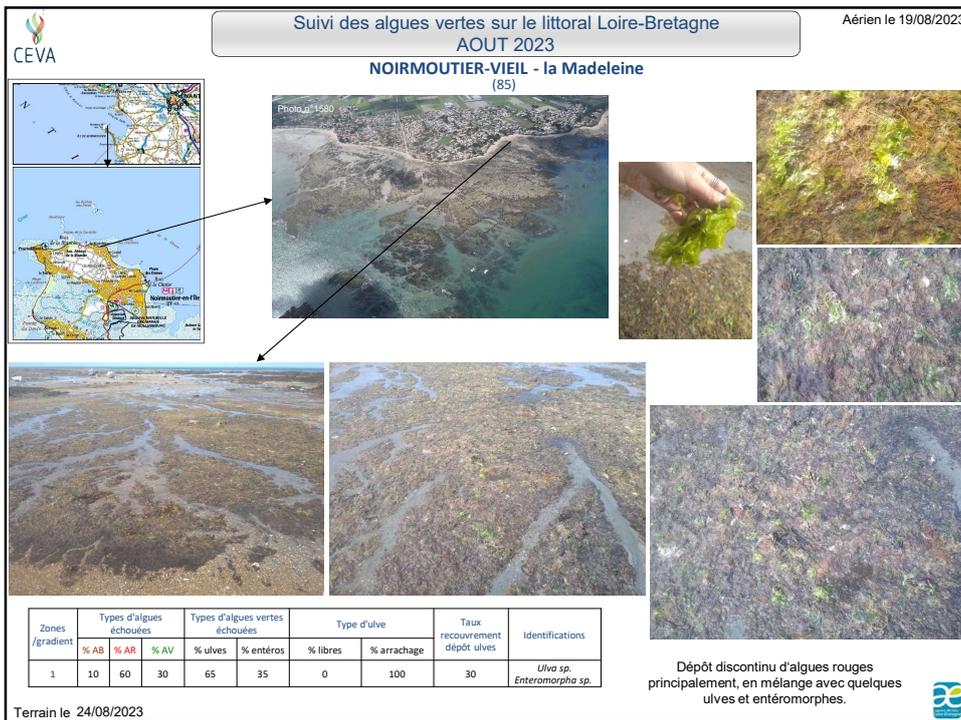


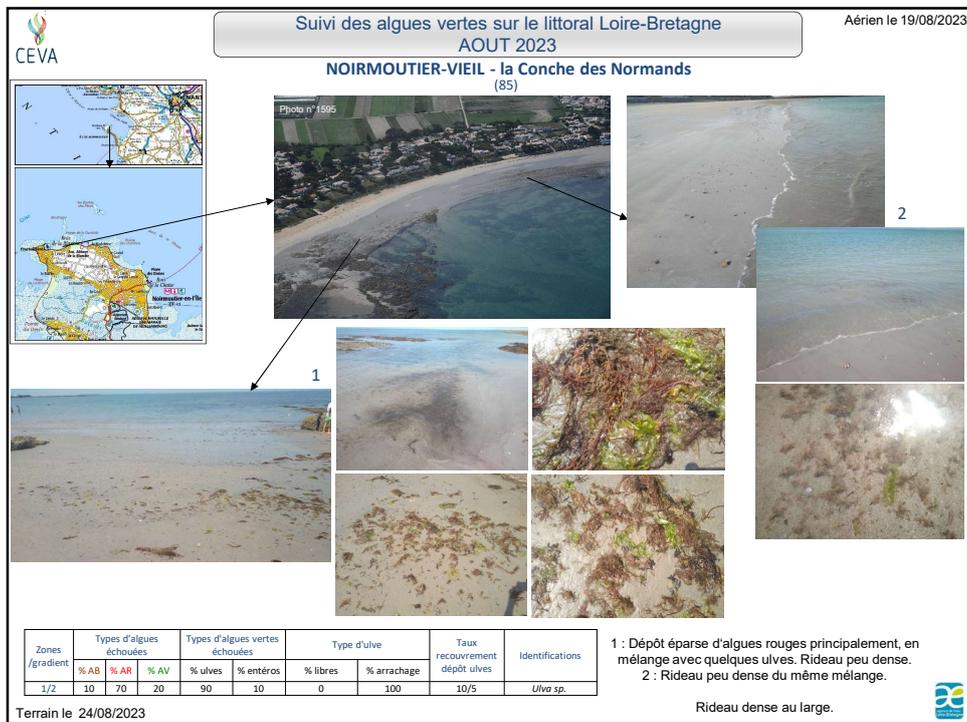
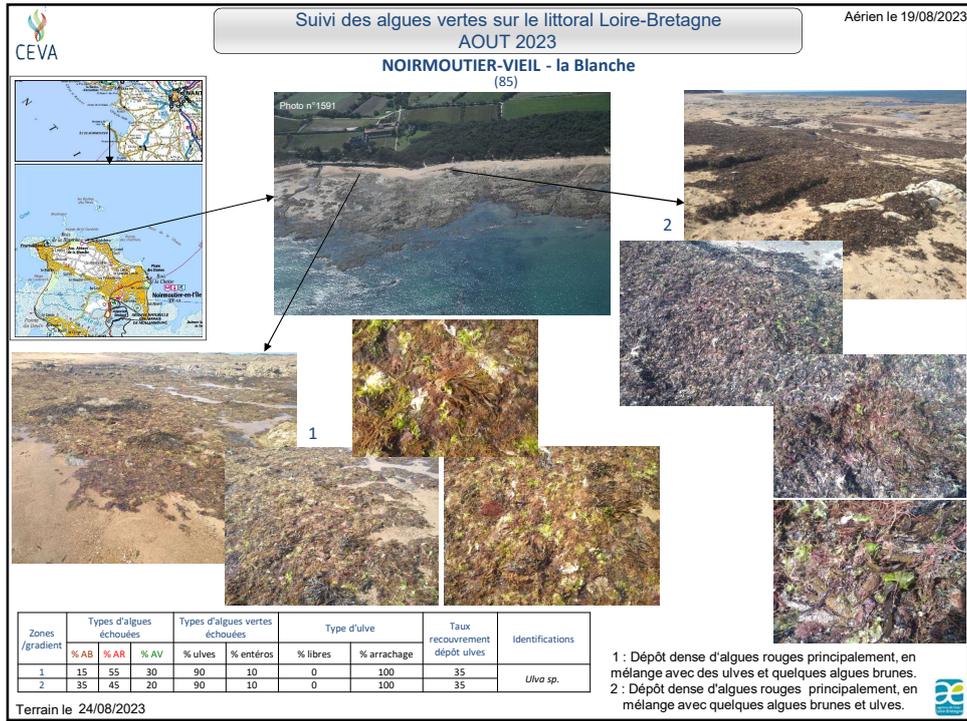


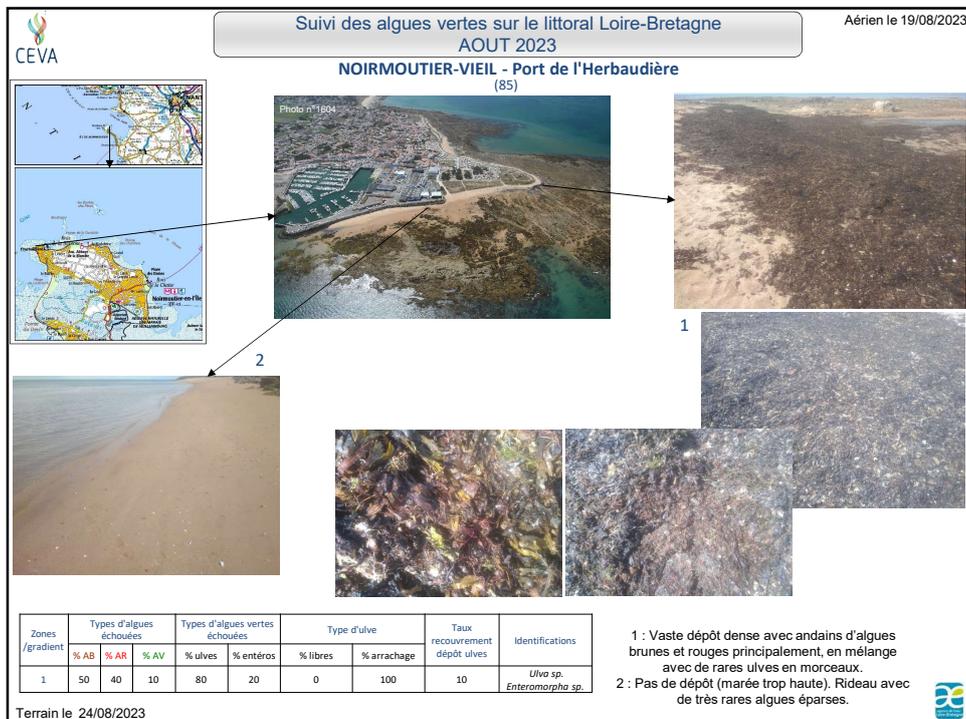
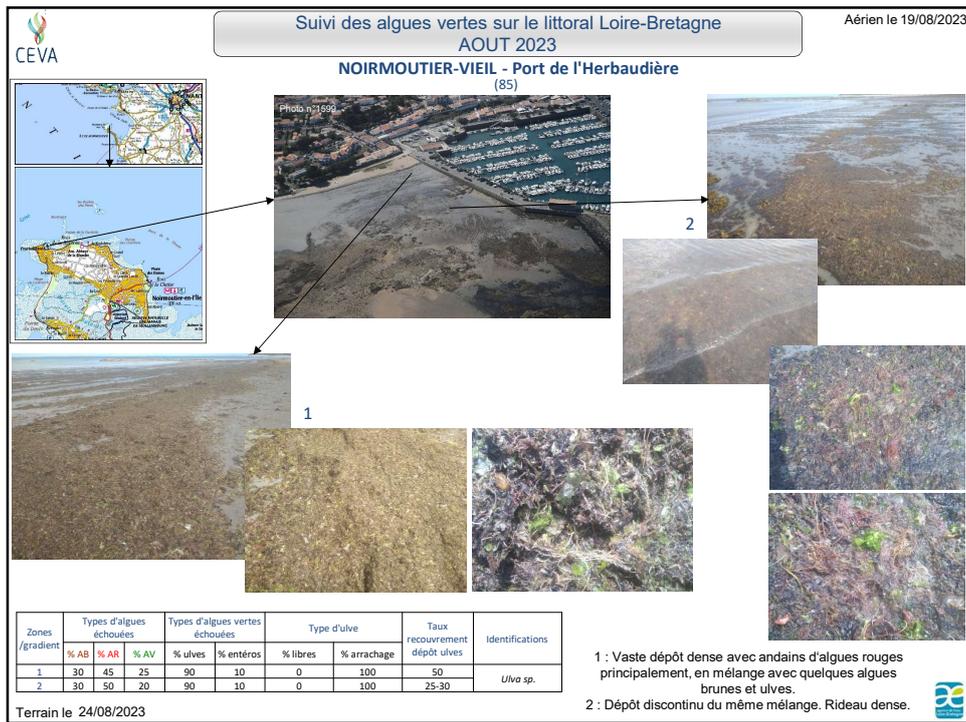


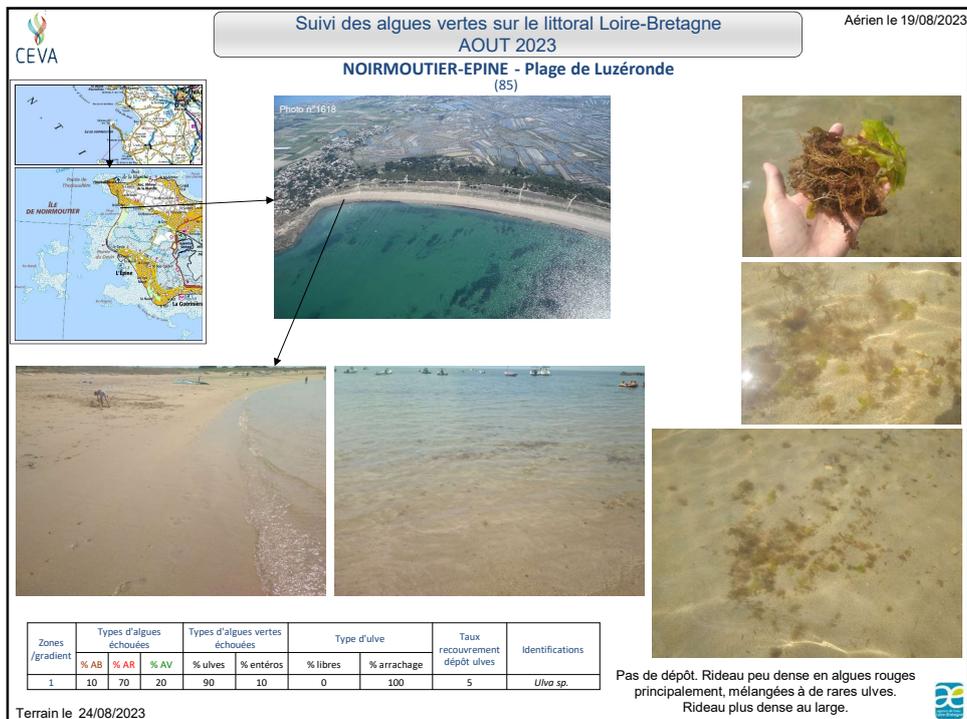
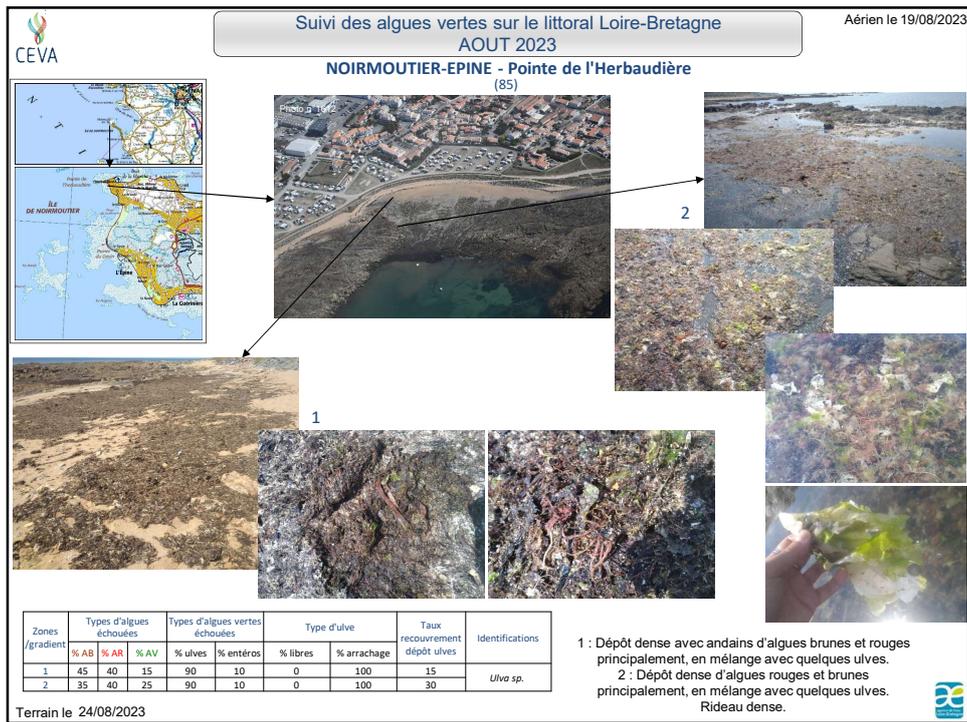


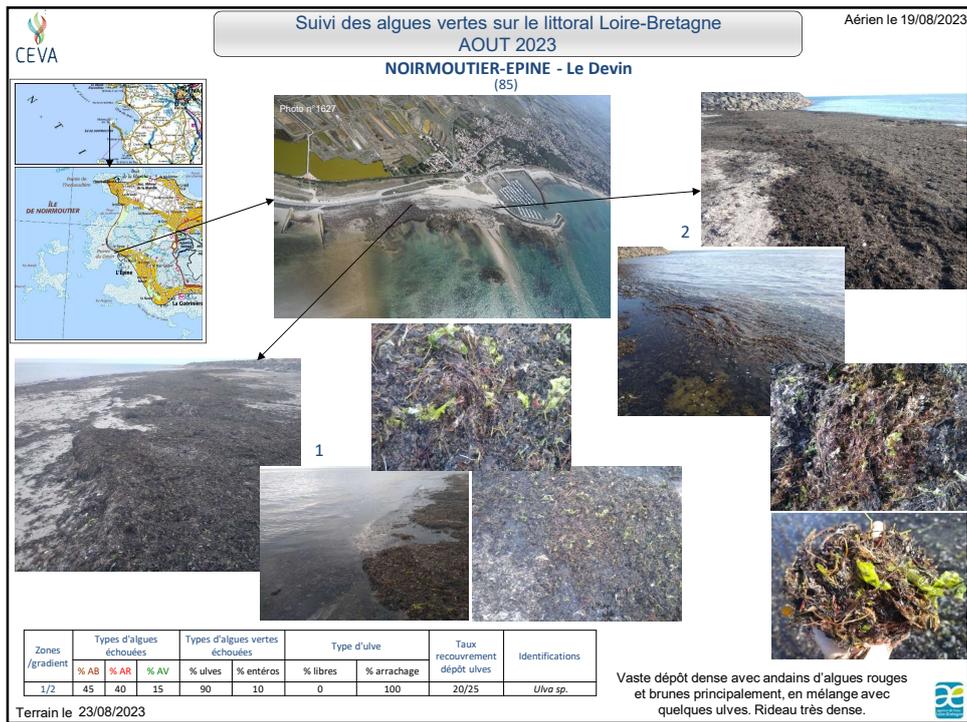


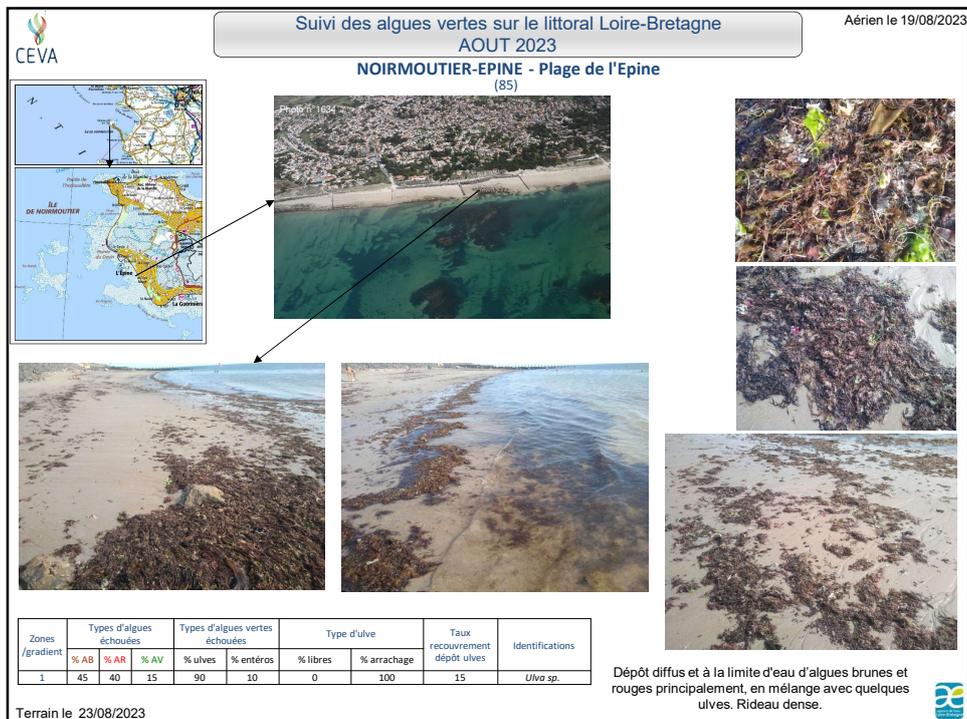
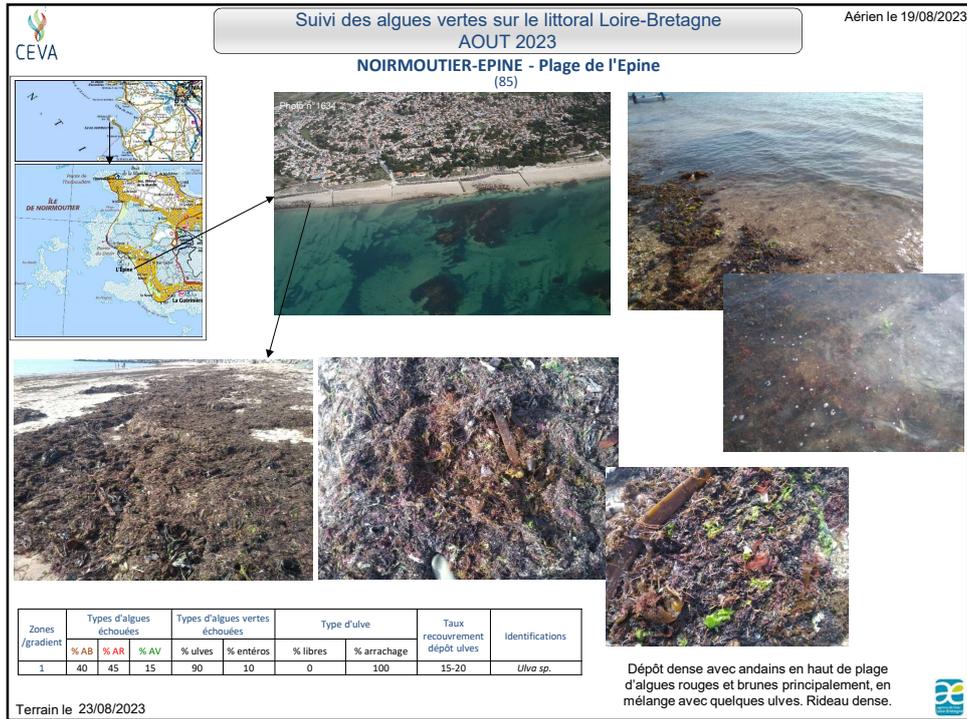


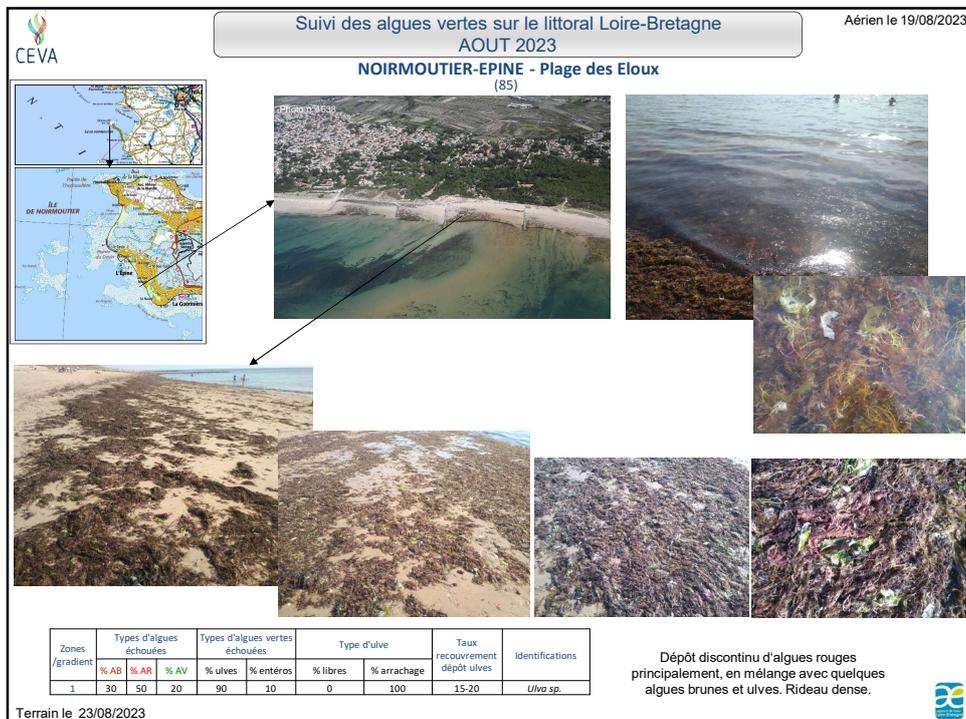
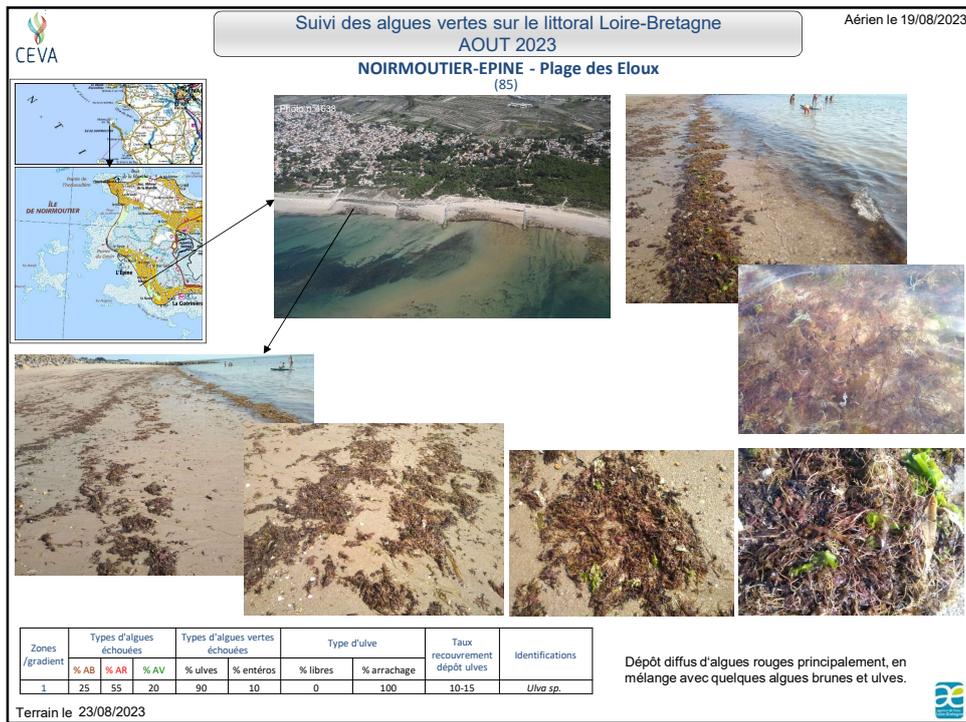


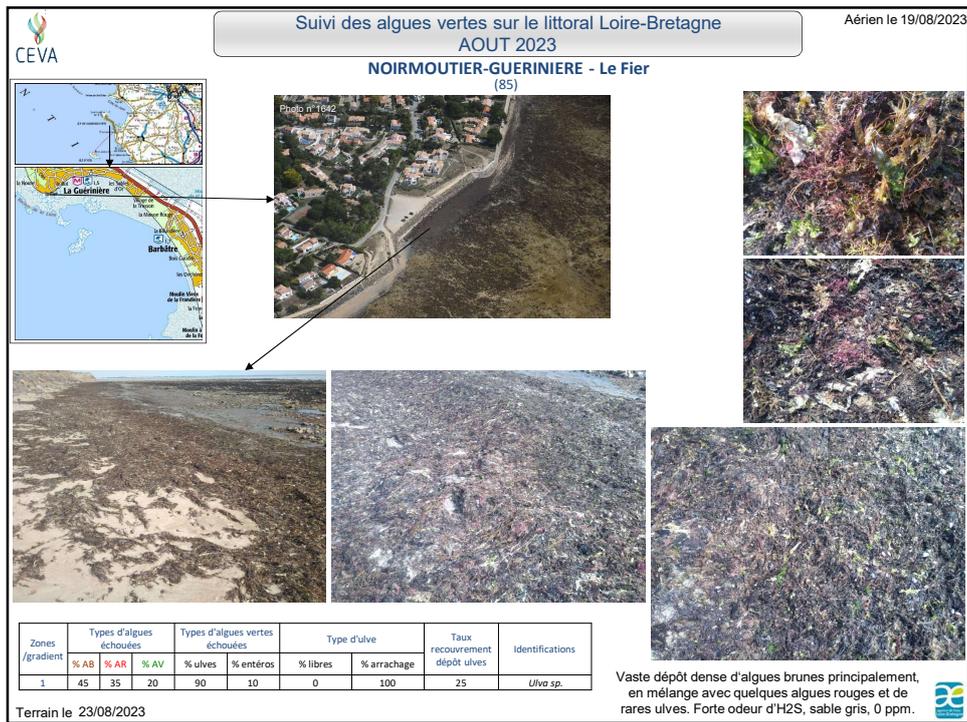


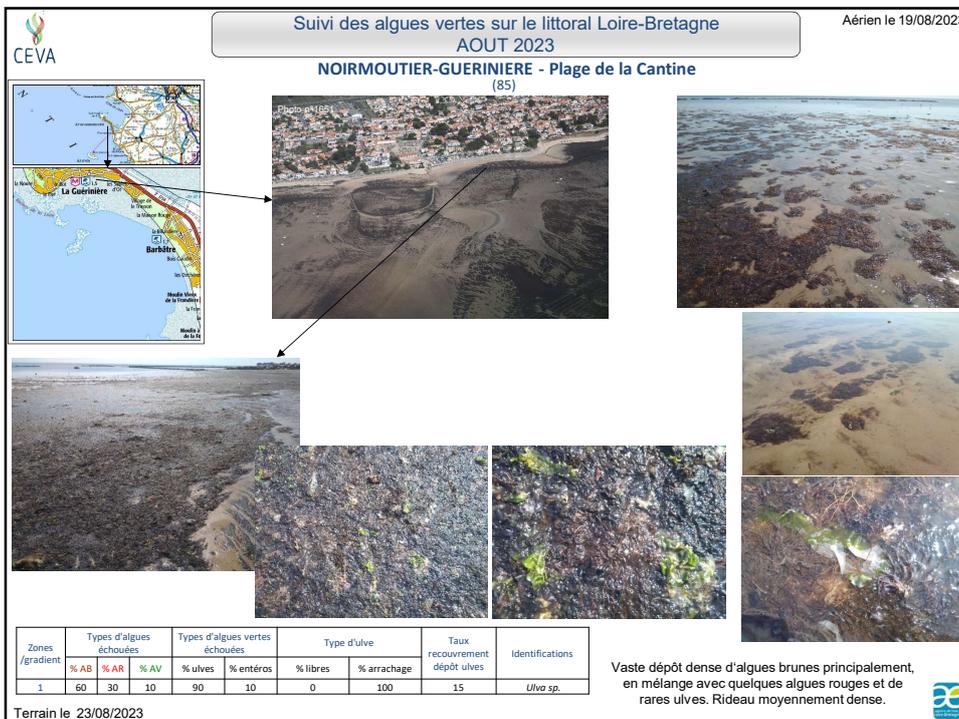
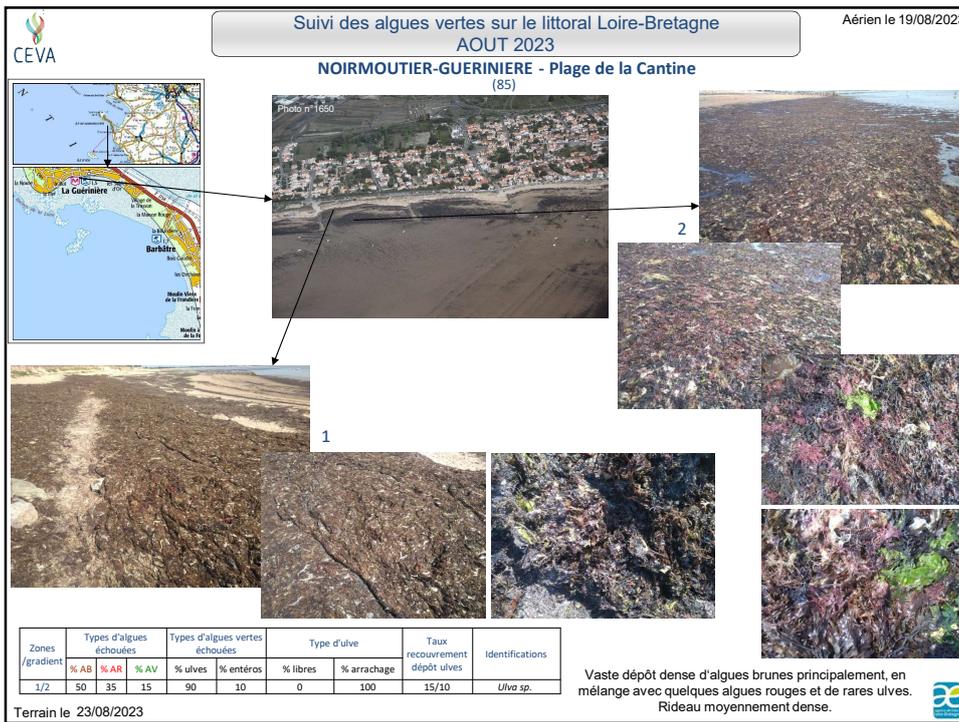


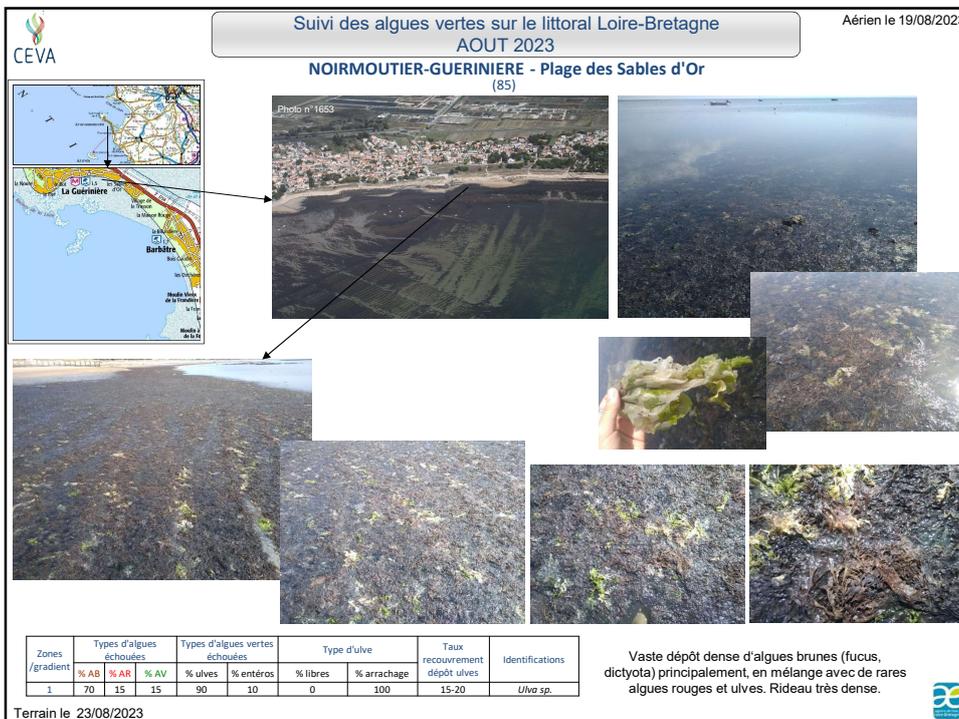
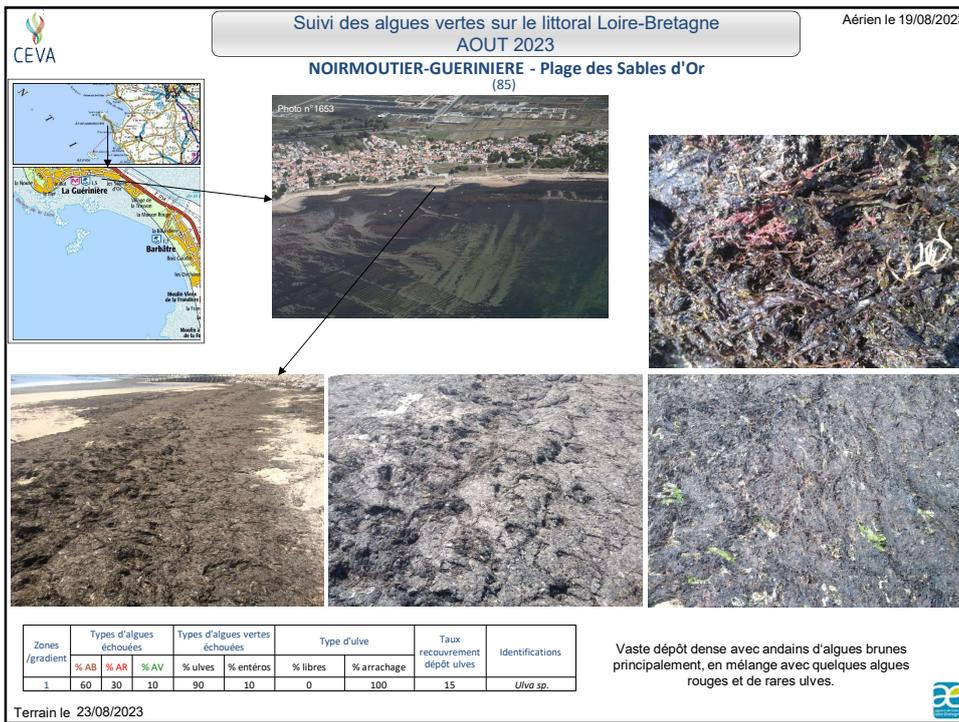


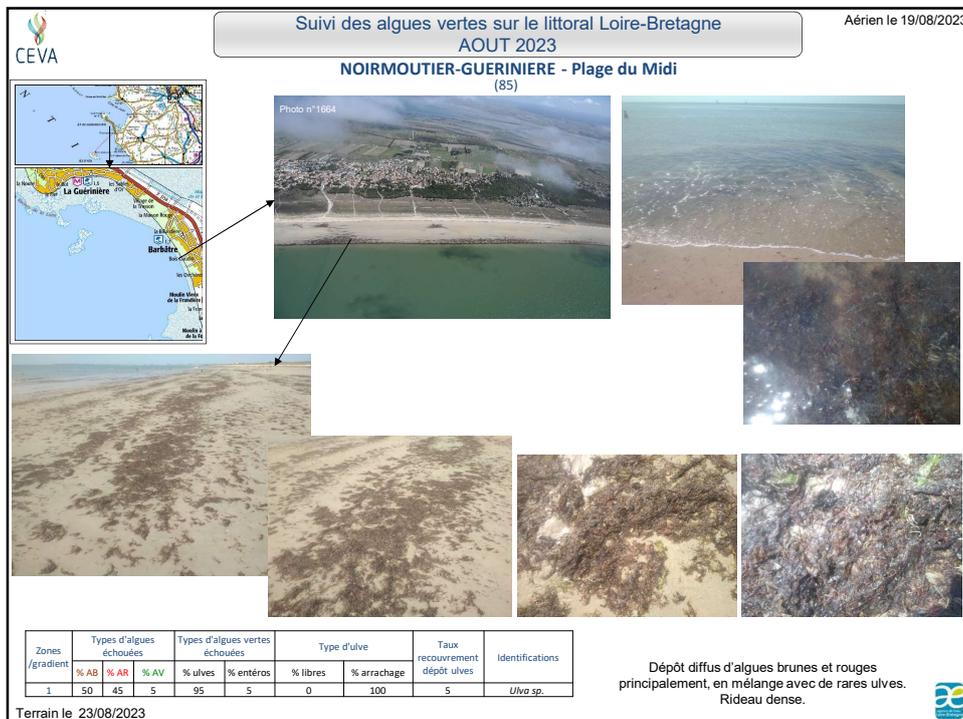
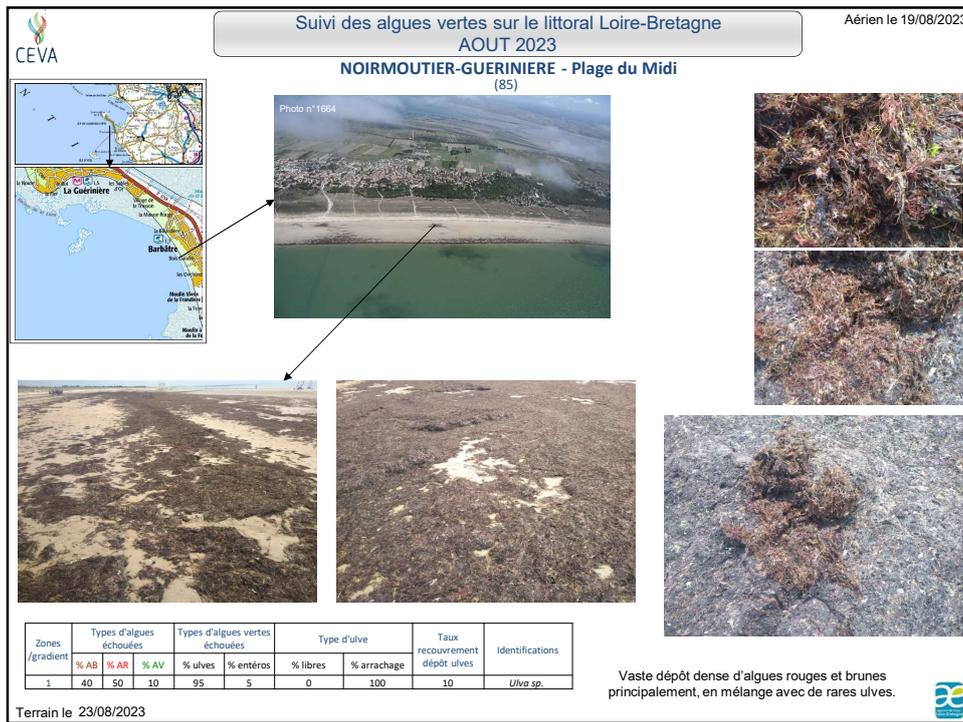












Suivi des algues vertes sur le littoral Loire-Bretagne
AOUT 2023

NOIRMOUTIER-GUERINIÈRE - Plage du Midi
(85)

Aérien le 19/08/2023










Zones /gradient	Types d'algues échouées			Types d'algues vertes échouées		Type d'ulve		Taux recouvrement dépôt ulves	Identifications
	% AB	% AR	% AV	% ulves	% entéros	% libres	% arrachage		
1	35	60	5	80	20	0	100	5	<i>Ulva sp.</i>

Terrain le 23/08/2023

Vaste dépôt diffus d'algues rouges principalement, en mélange avec quelques algues brunes et de rares ulves. Rideau moyennement dense.



Suivi des algues vertes sur le littoral Loire-Bretagne
AOUT 2023

NOIRMOUTIER-LA-FOSSE - Plage des Boucholeurs
(85)

Aérien le 19/08/2023







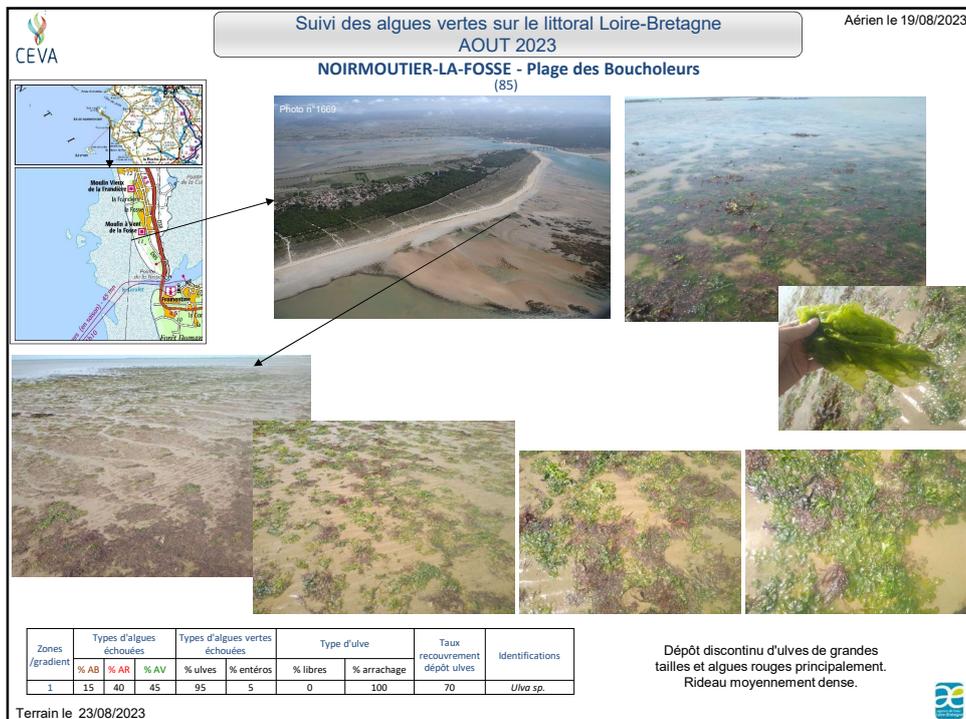


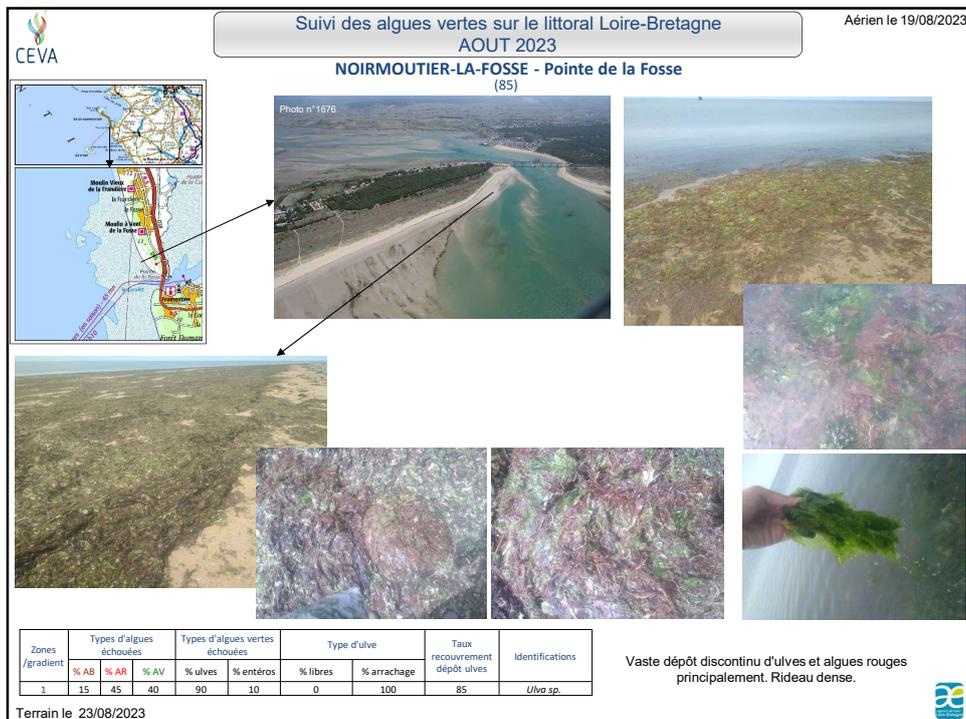
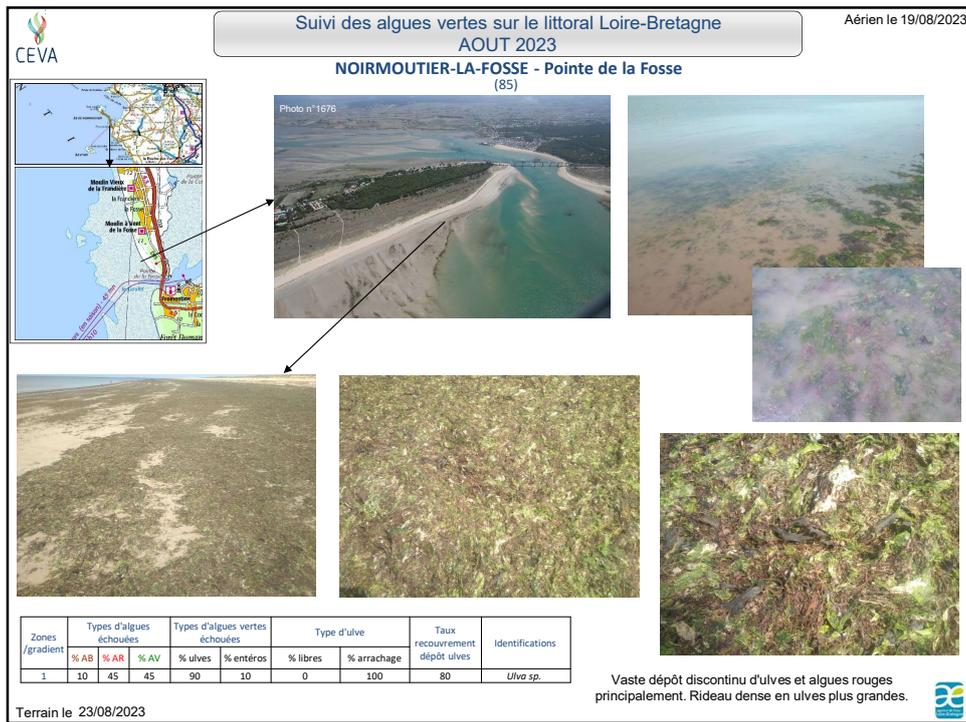

Zones /gradient	Types d'algues échouées			Types d'algues vertes échouées		Type d'ulve		Taux recouvrement dépôt ulves	Identifications
	% AB	% AR	% AV	% ulves	% entéros	% libres	% arrachage		
1	30	60	10	90	10	0	100	10-15	<i>Ulva sp.</i>

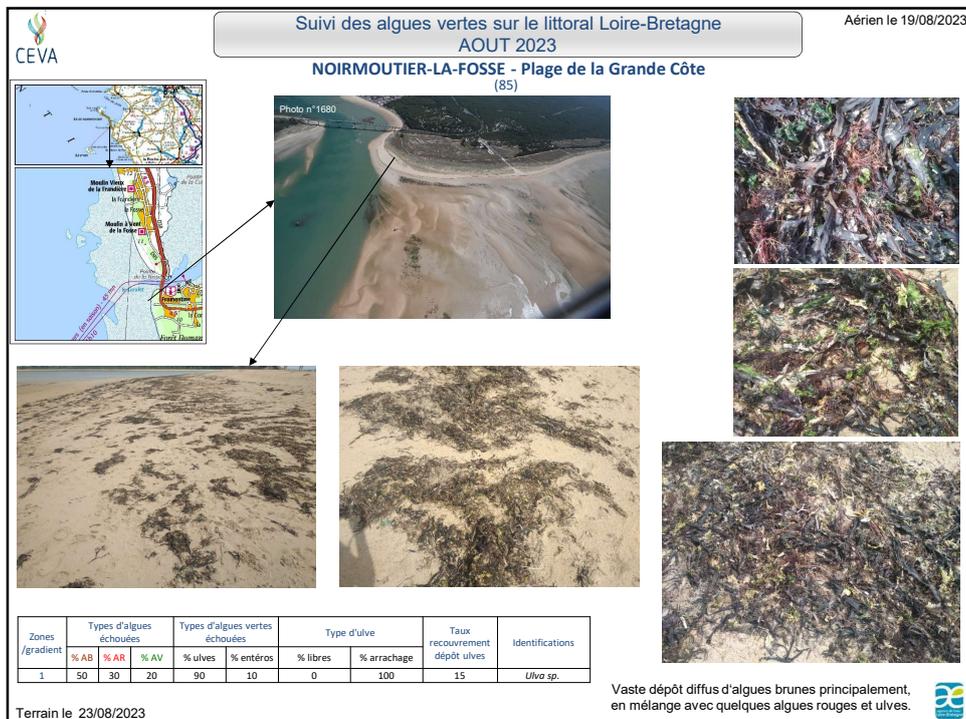
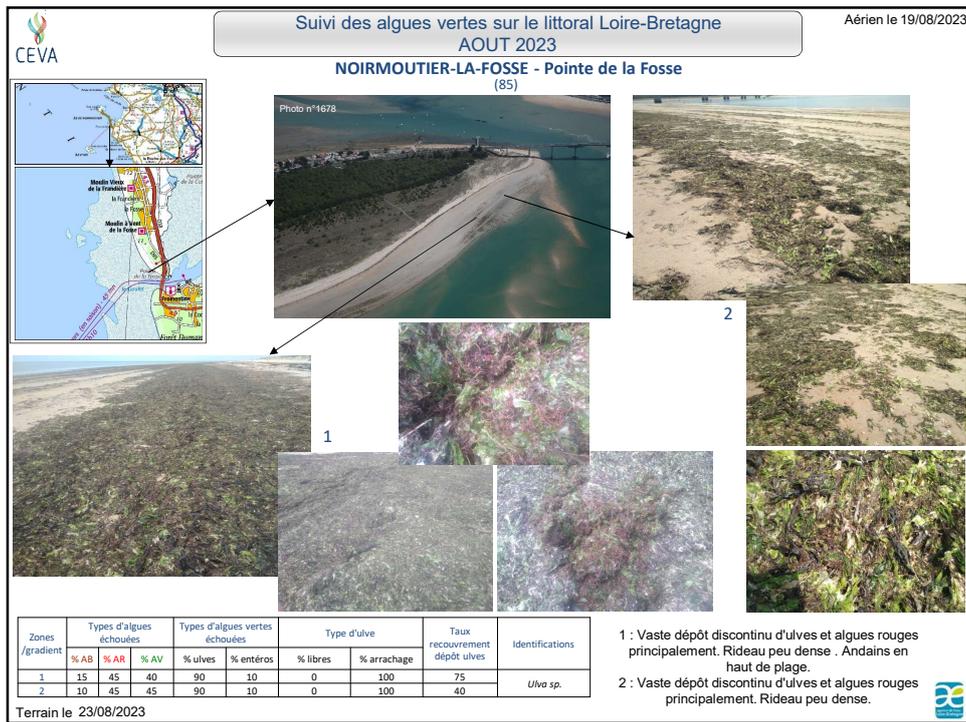
Terrain le 23/08/2023

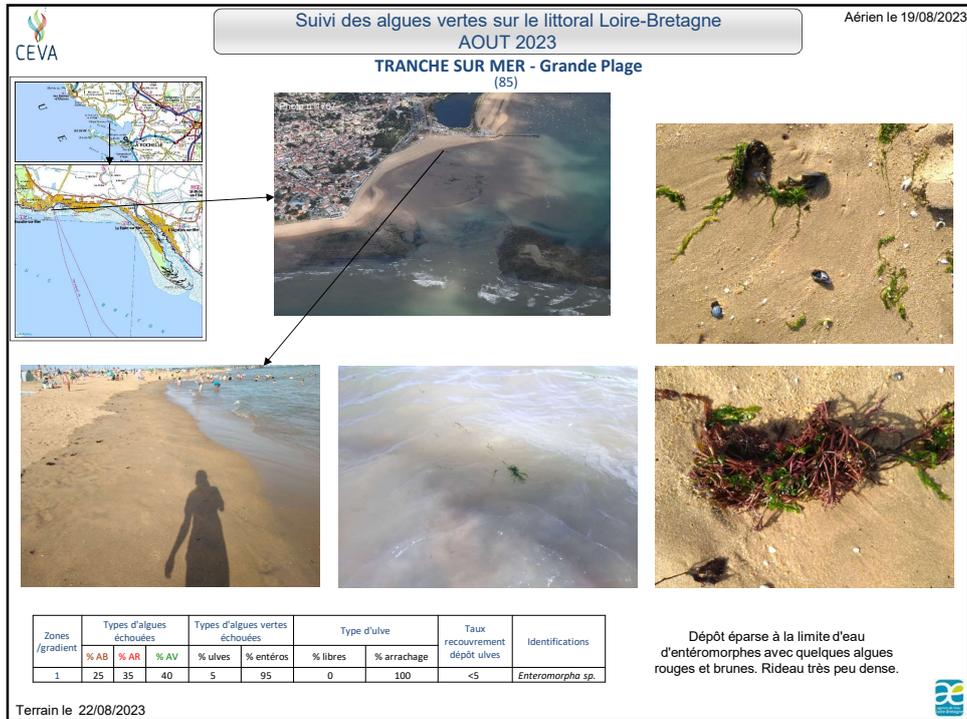
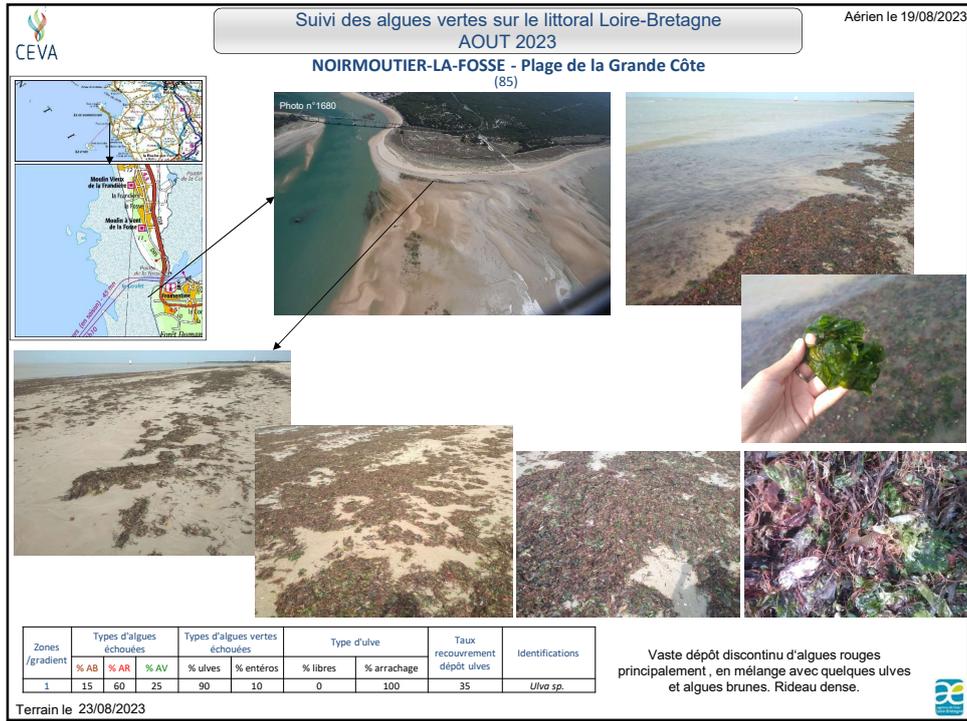
Vaste dépôt discontinu d'algues rouges principalement, mélangées à quelques algues brunes et de rares ulves. Rideau moyennement dense.

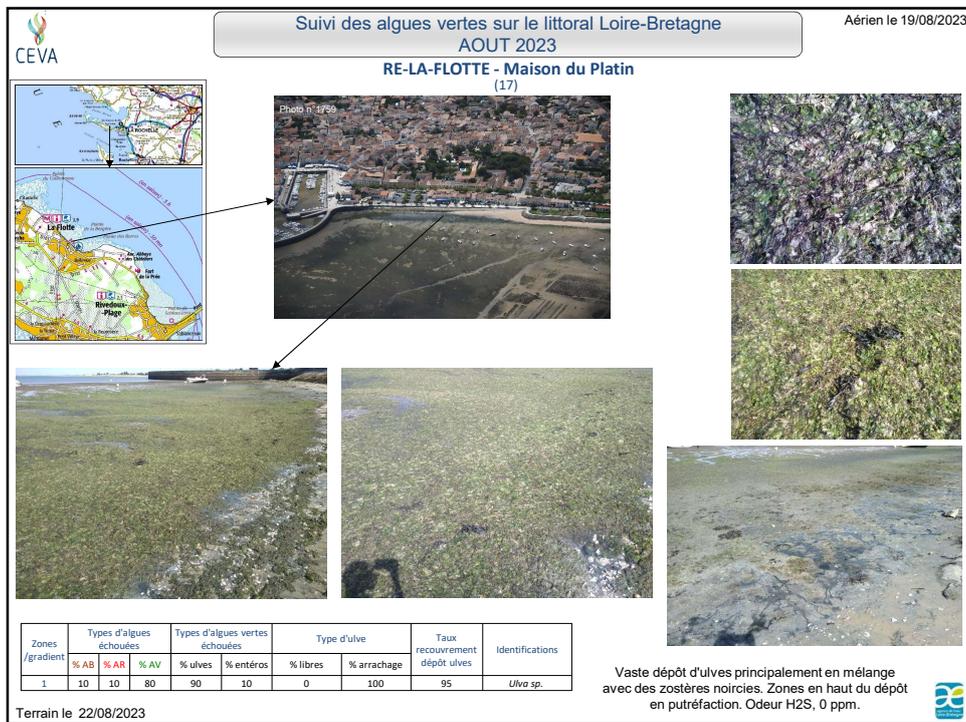
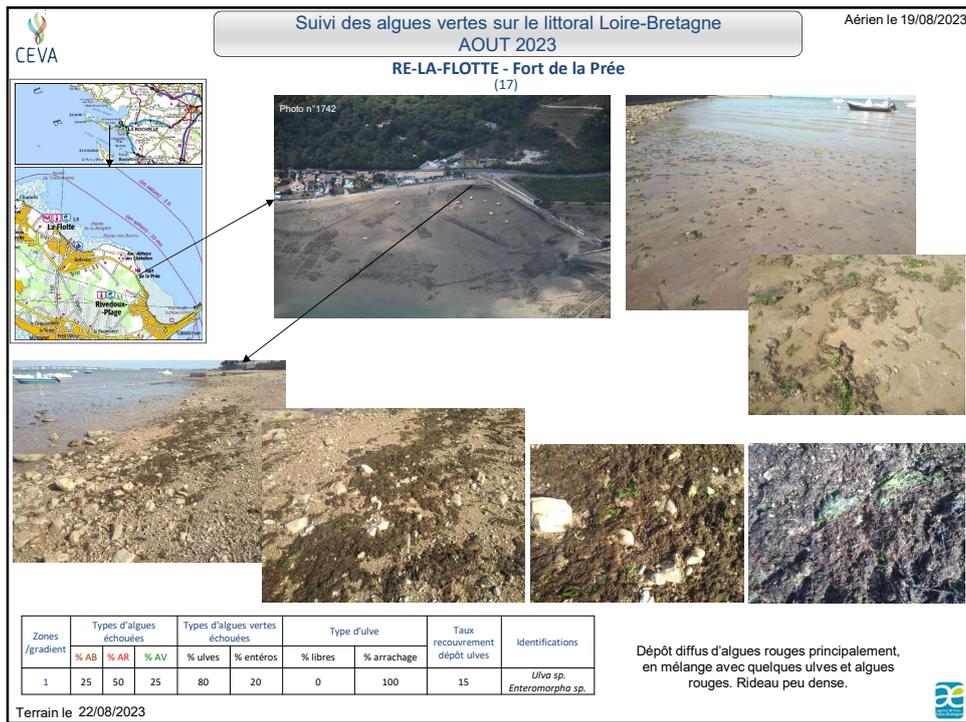


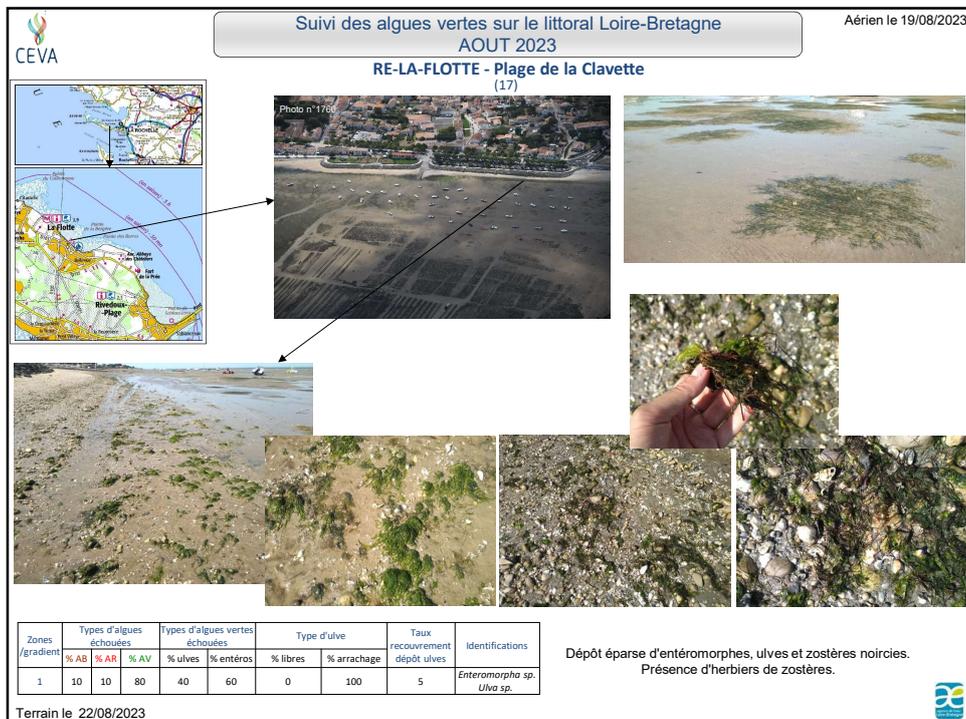
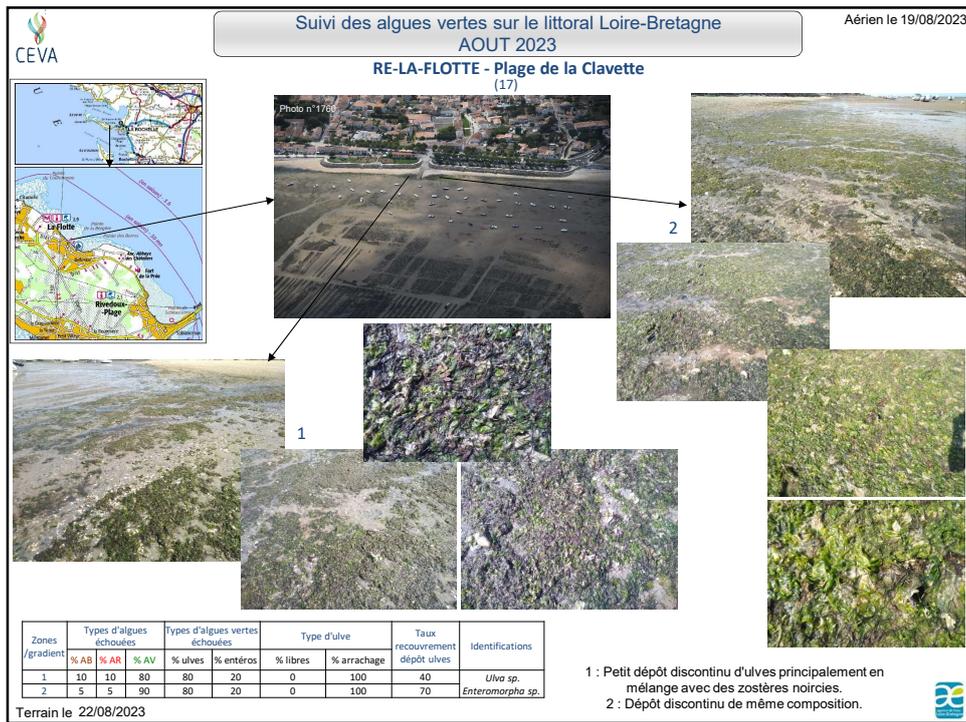


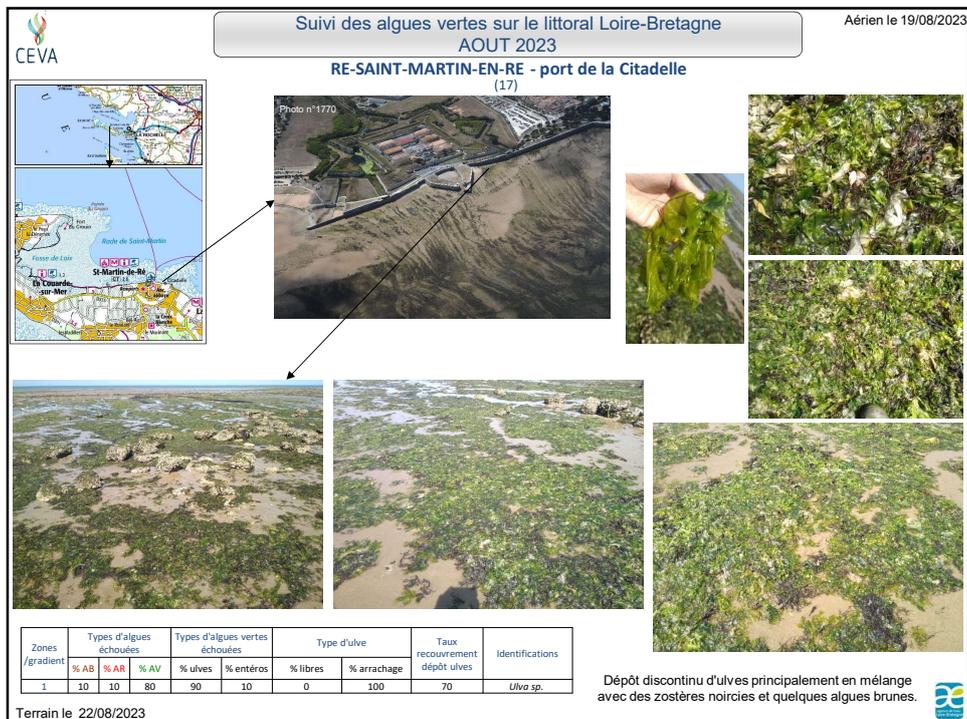
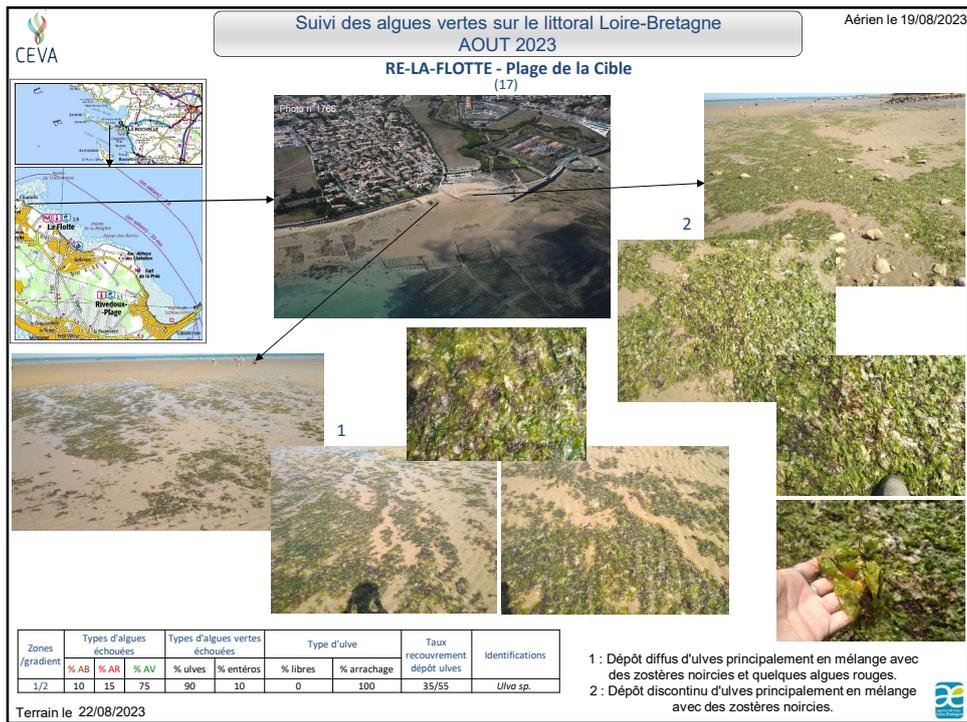


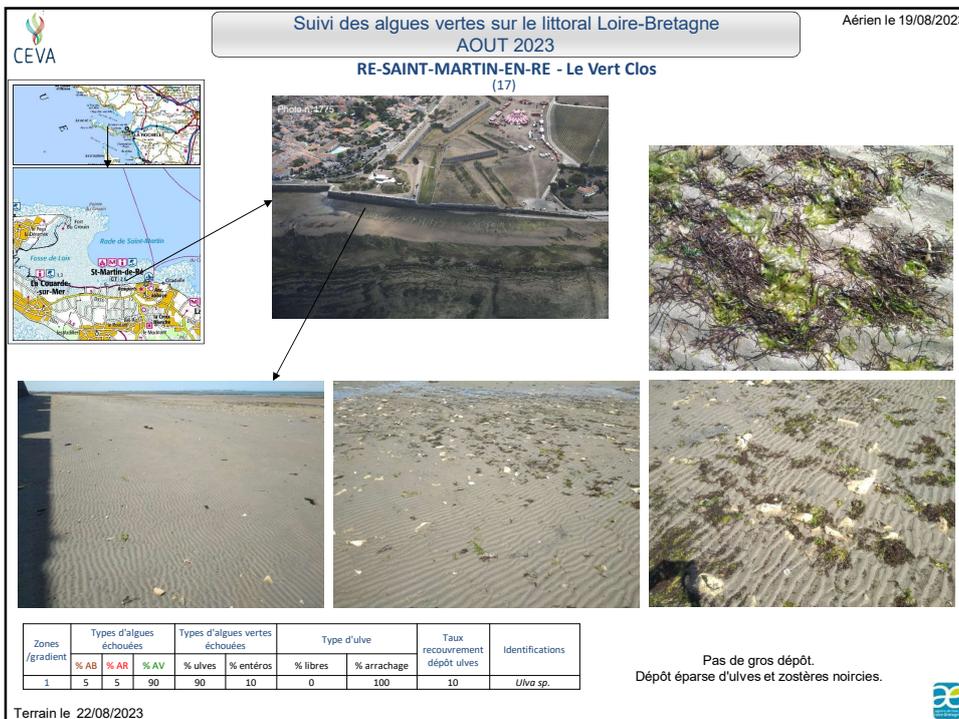
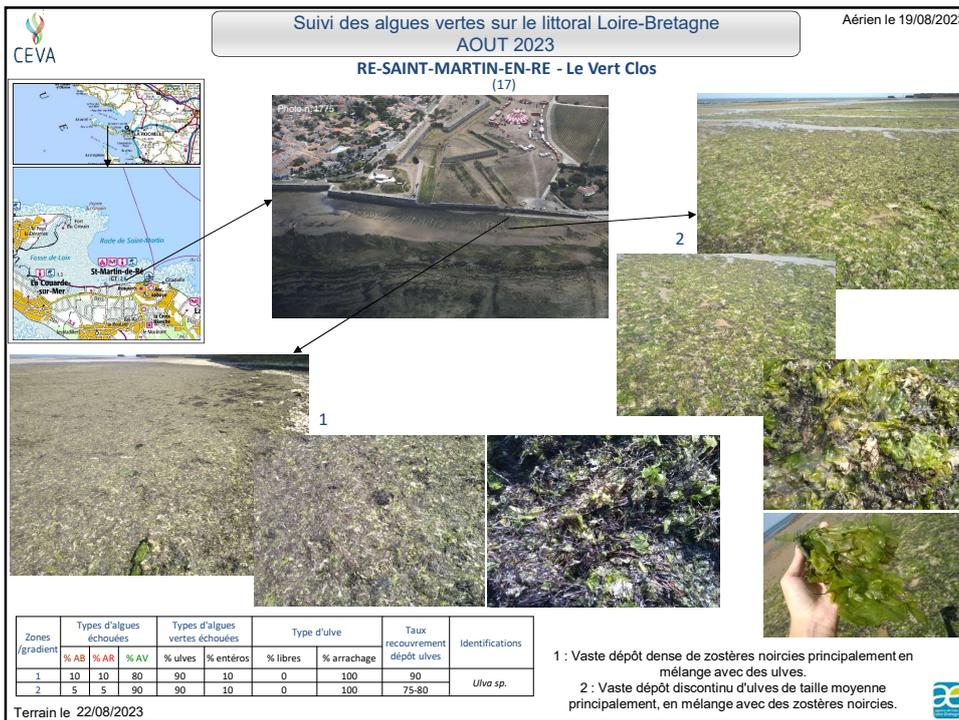


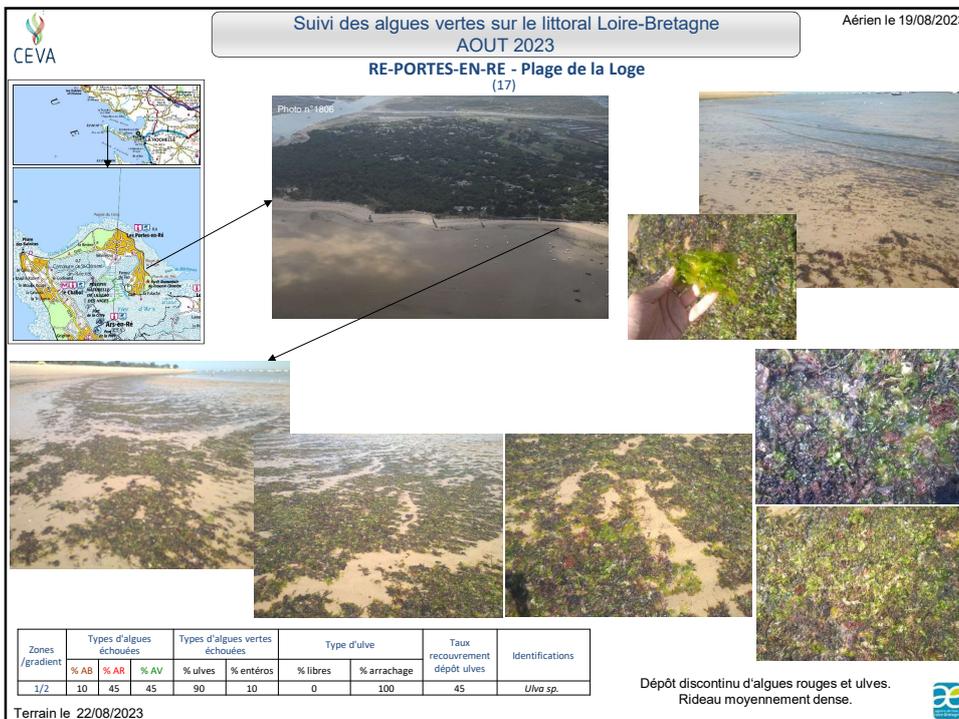
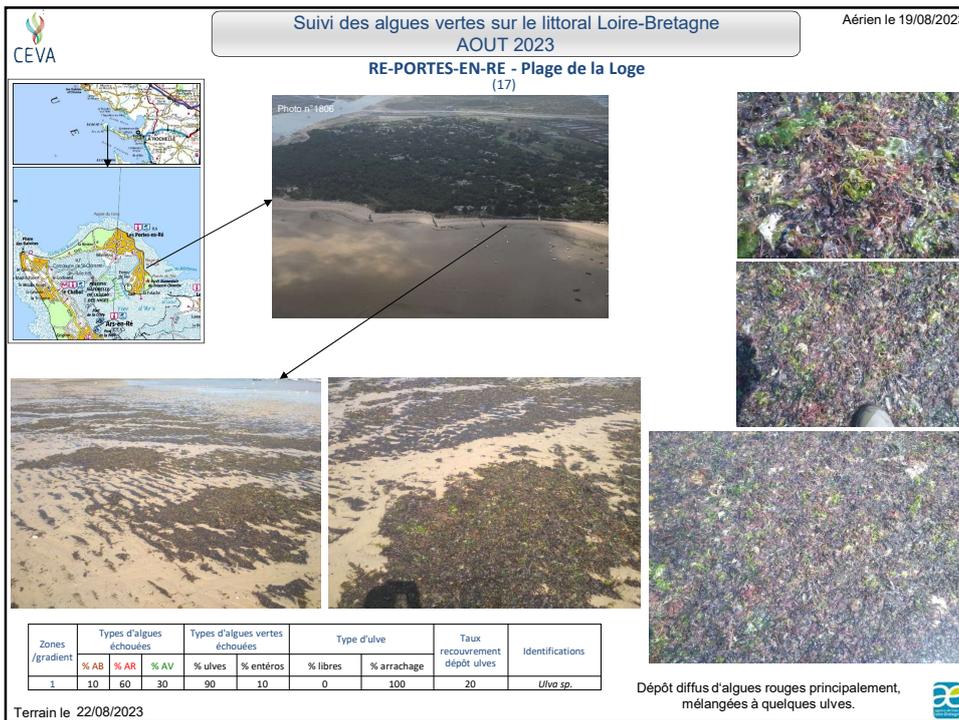


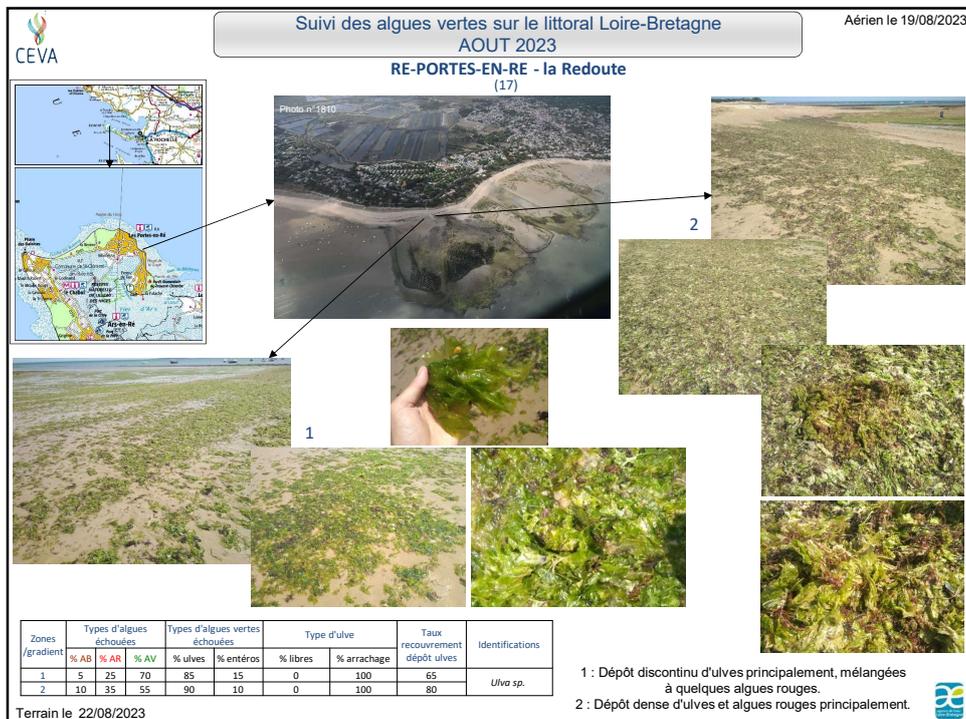
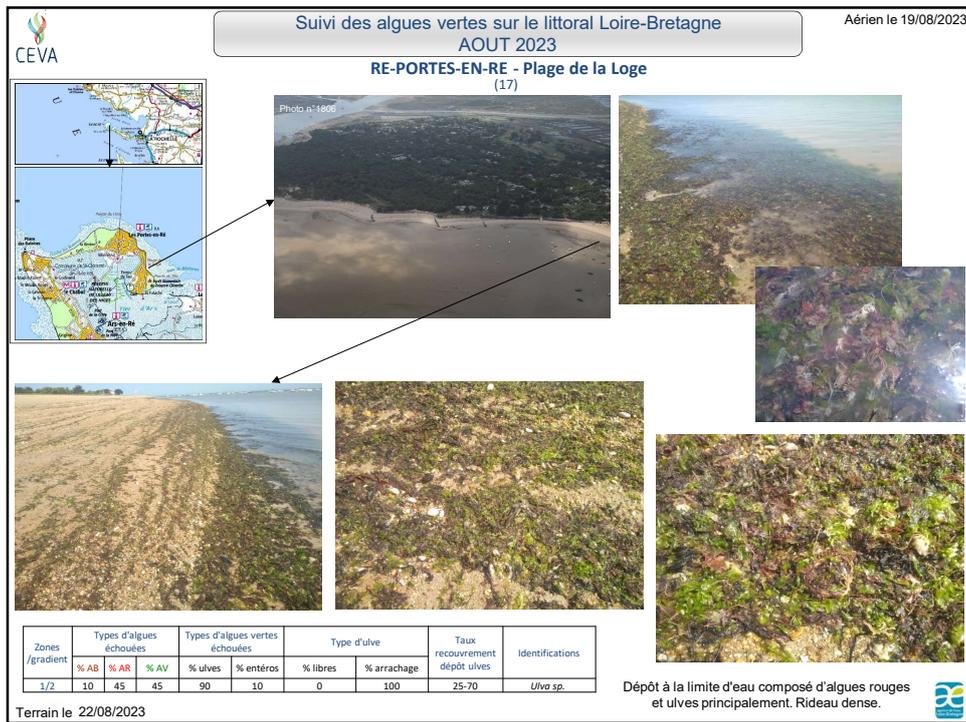


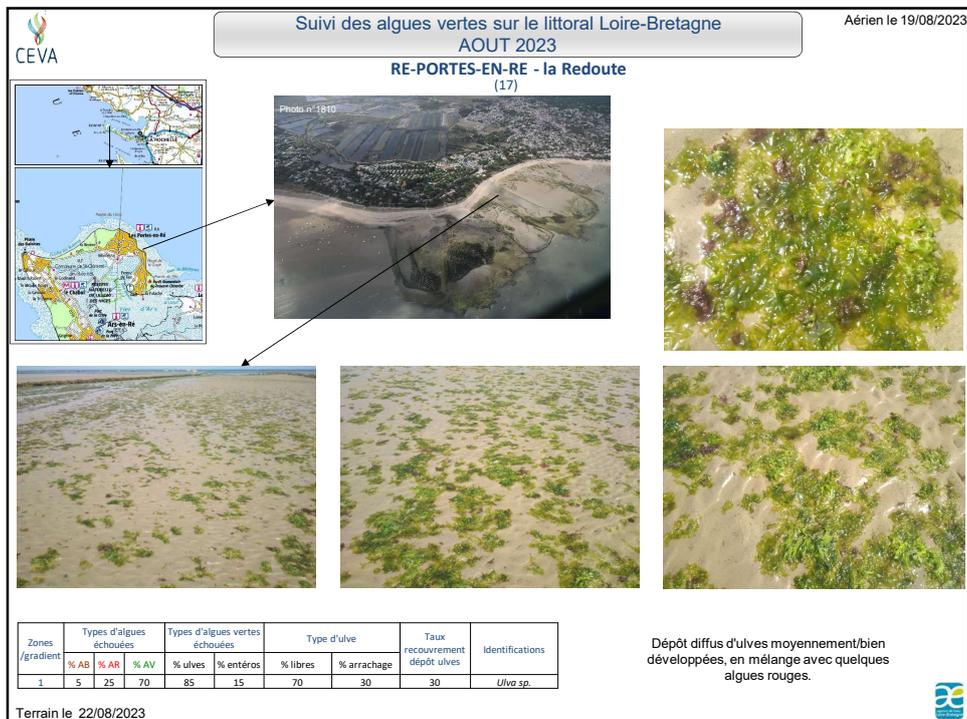
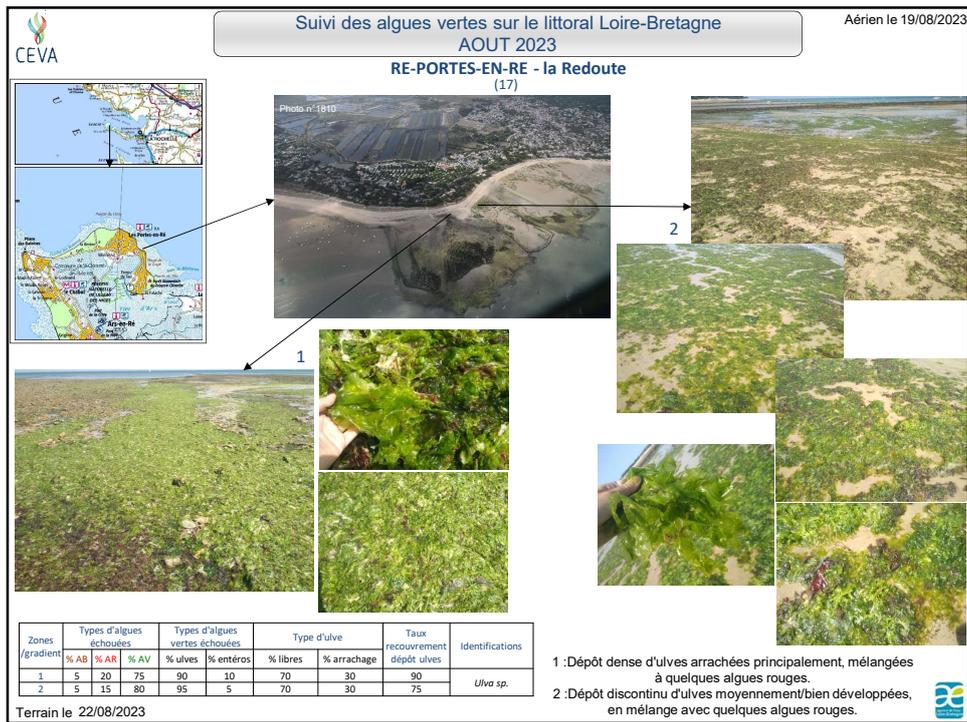


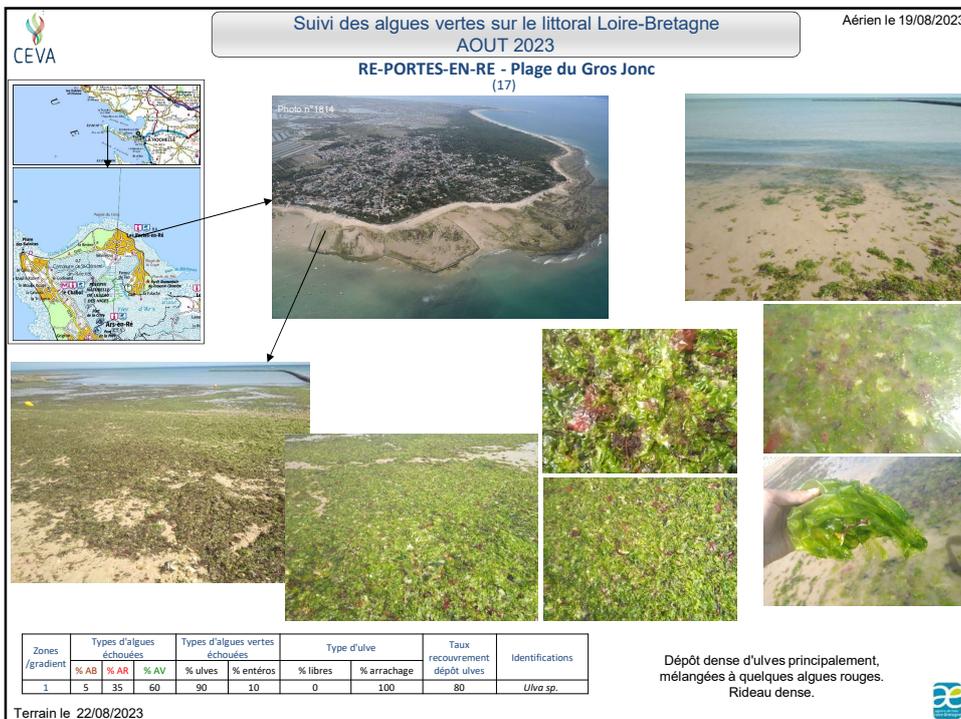
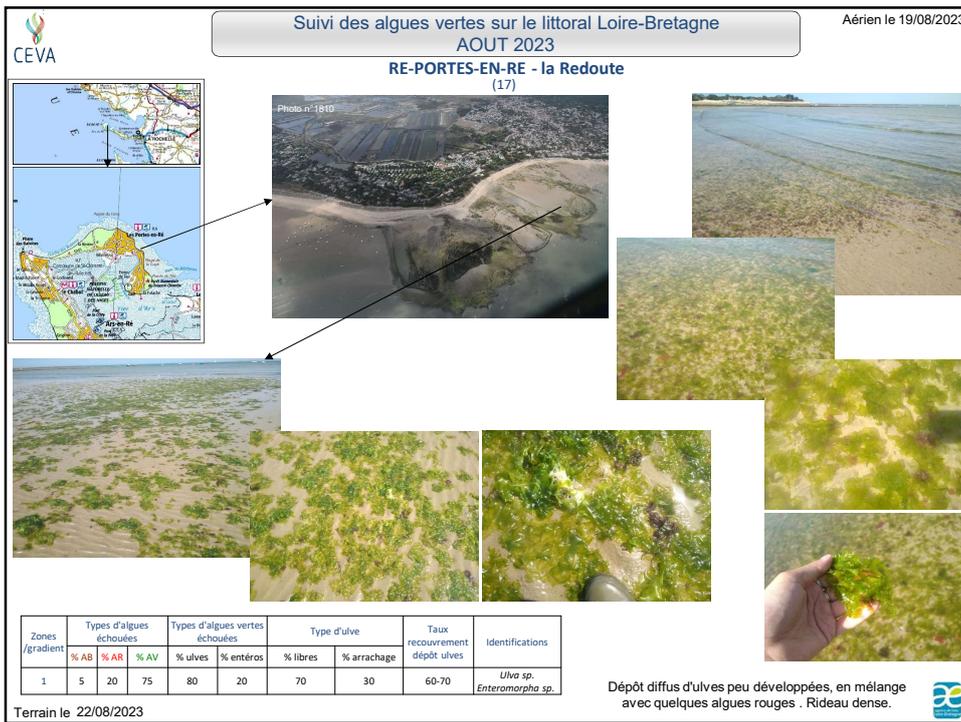


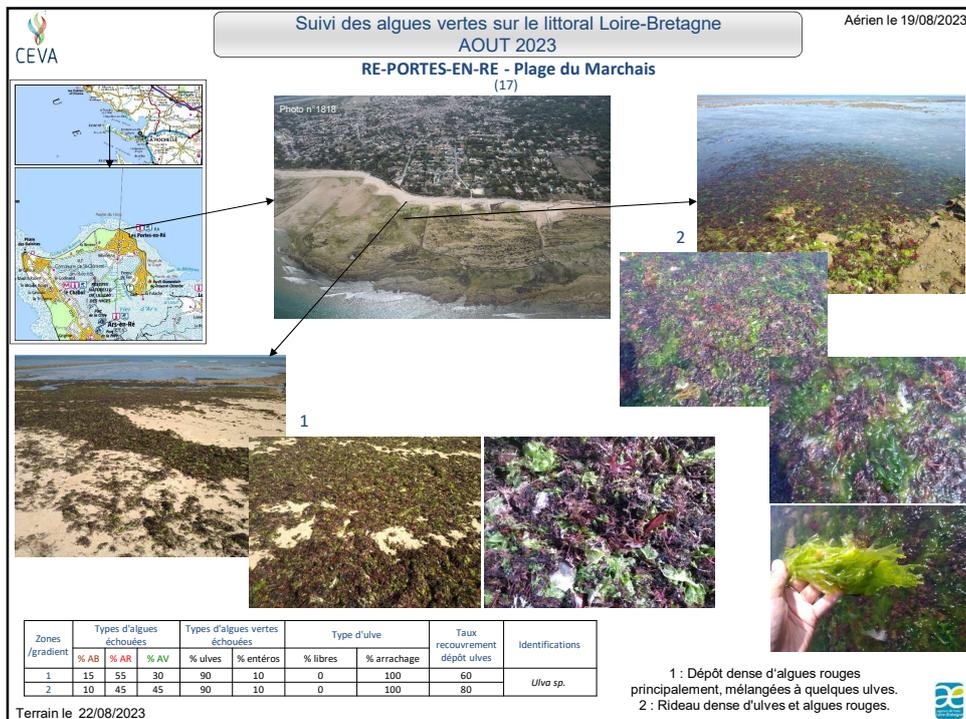
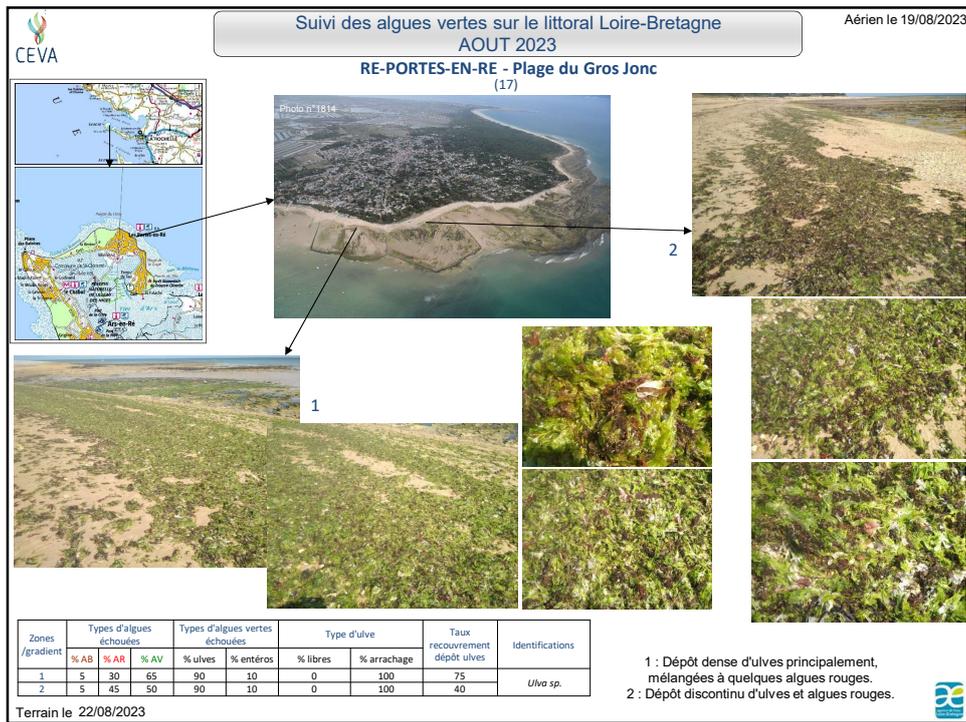












CEVA Suivi des algues vertes sur le littoral Loire-Bretagne AOUT 2023 Aérien le 19/08/2023

RE-PORTES-EN-RE - Plage du Marchais
(17)









Zones /gradient	Types d'algues échouées			Types d'algues vertes échouées		Type d'ulve		Taux recouvrement dépôt ulves	Identifications
	% AB	% AR	% AV	% ulves	% entéros	% libres	% arrachage		
1	10	50	40	90	10	0	100	20-30	<i>Ulva sp.</i>

Terrain le 22/08/2023

Dépôt d'algues rouges principalement, mélangées à des ulves arrachées.



CEVA Suivi des algues vertes sur le littoral Loire-Bretagne AOUT 2023 Aérien le 19/08/2023

RE-PORTES-EN-RE - Plage du Marchais
(17)





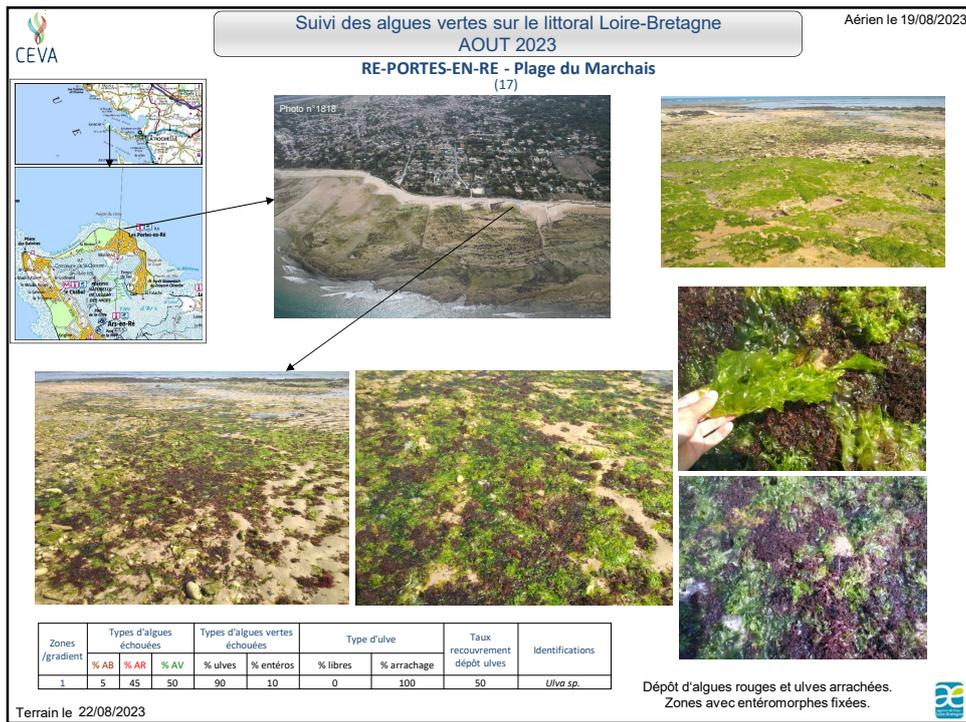



Zones /gradient	Types d'algues échouées			Types d'algues vertes échouées		Type d'ulve		Taux recouvrement dépôt ulves	Identifications
	% AB	% AR	% AV	% ulves	% entéros	% libres	% arrachage		
1	10	55	35	90	10	0	100	35	<i>Ulva sp.</i>

Terrain le 22/08/2023

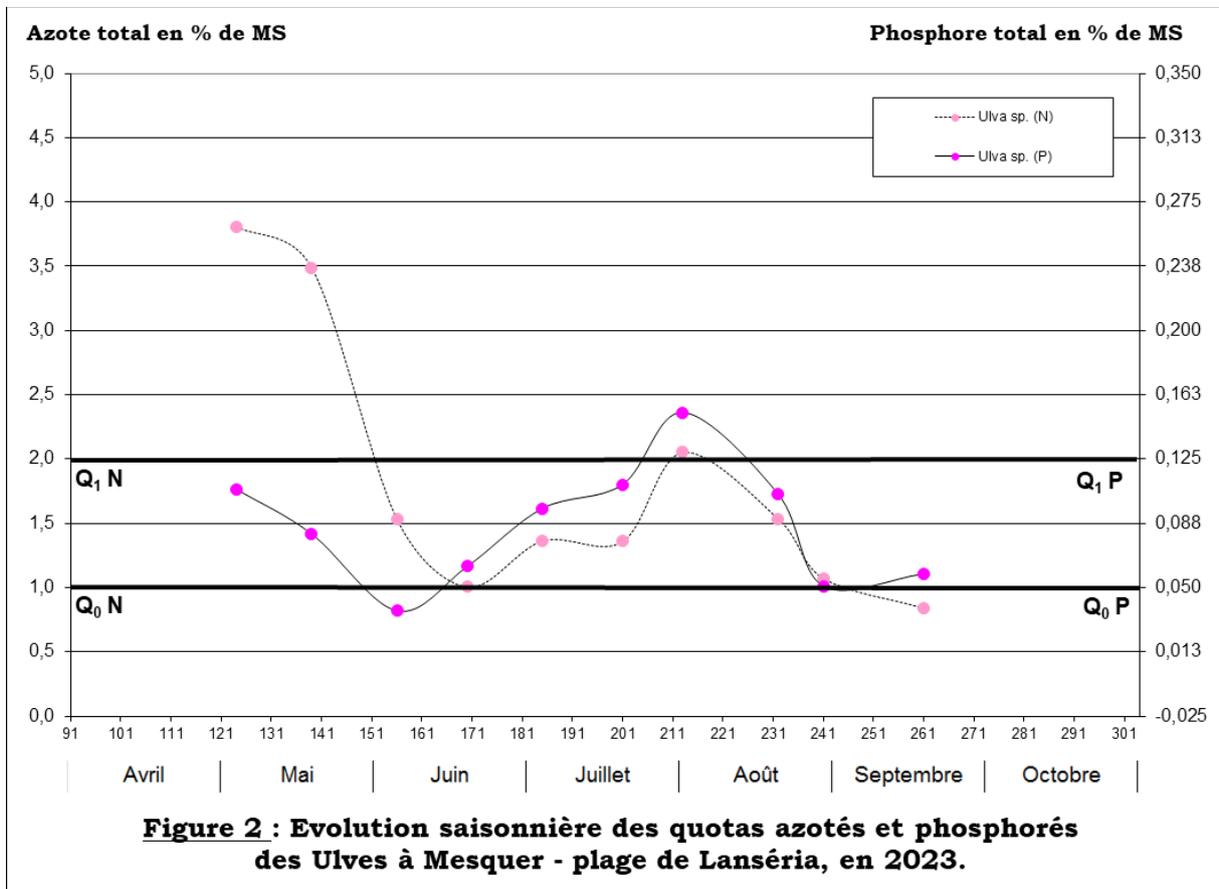
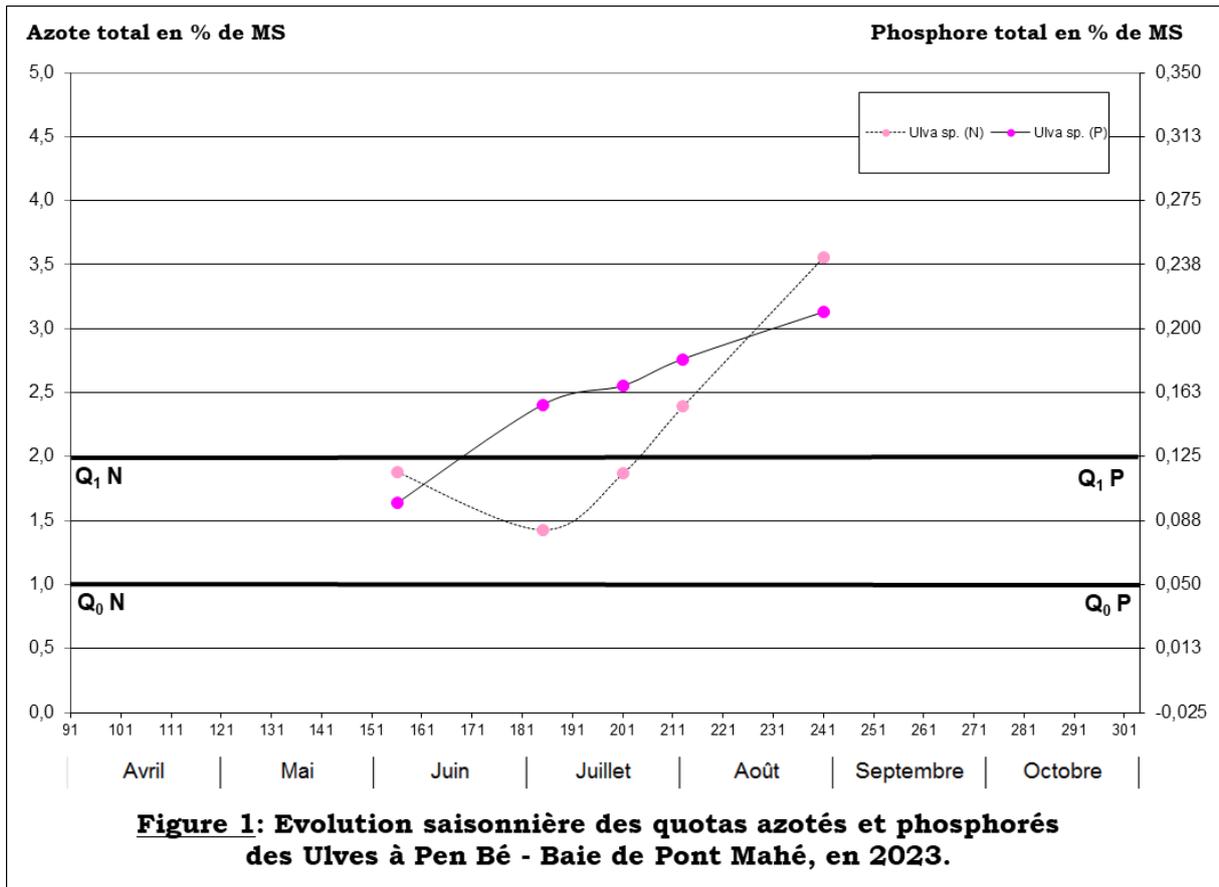
Dépôt dense d'algues rouges principalement, mélangées à quelques ulves arrachées.

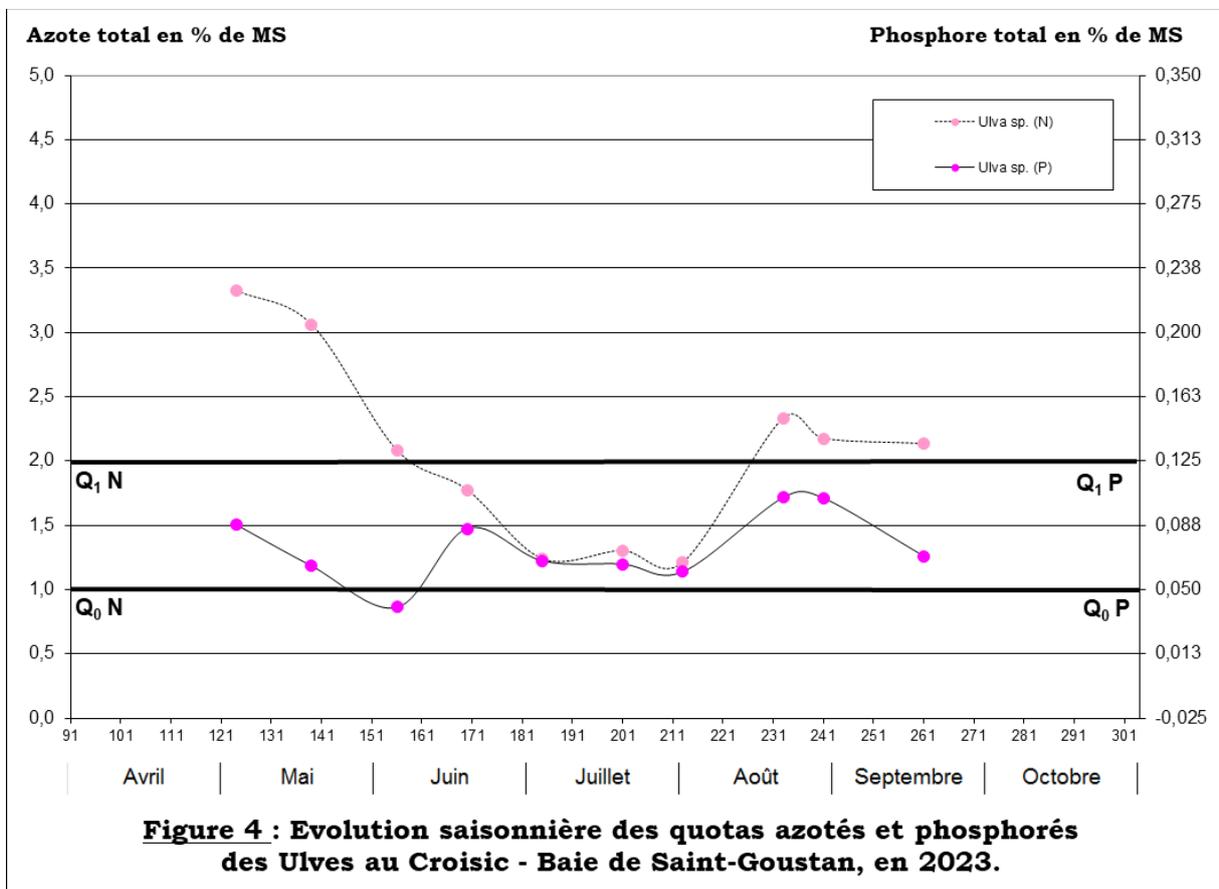
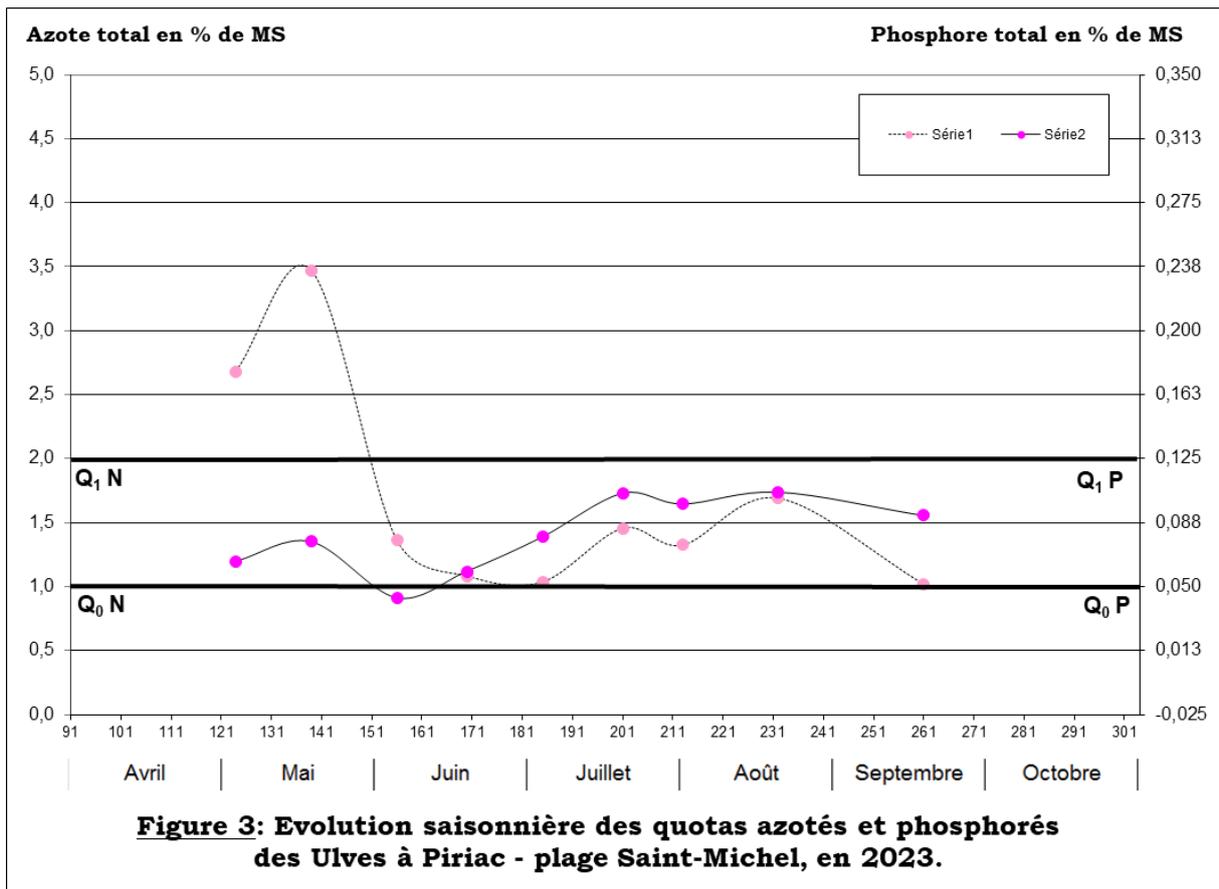


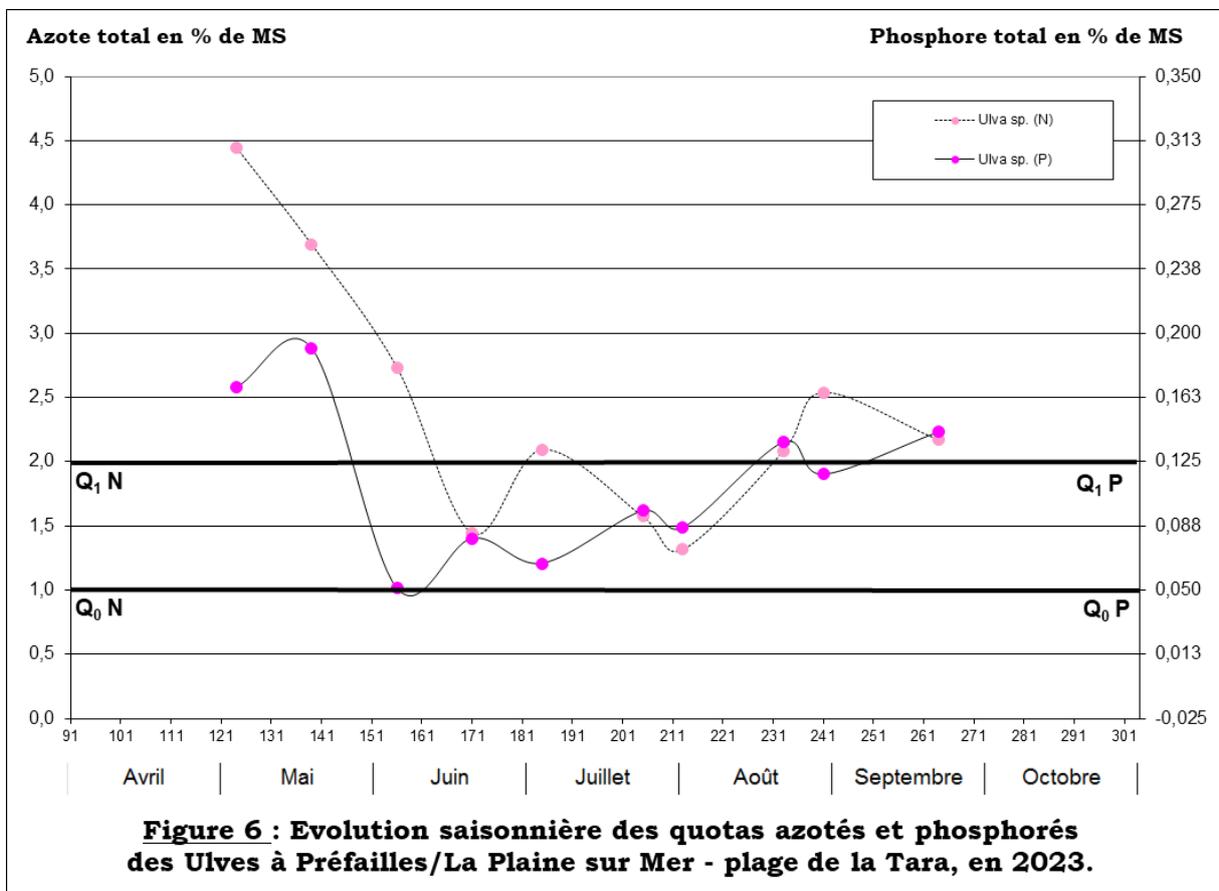
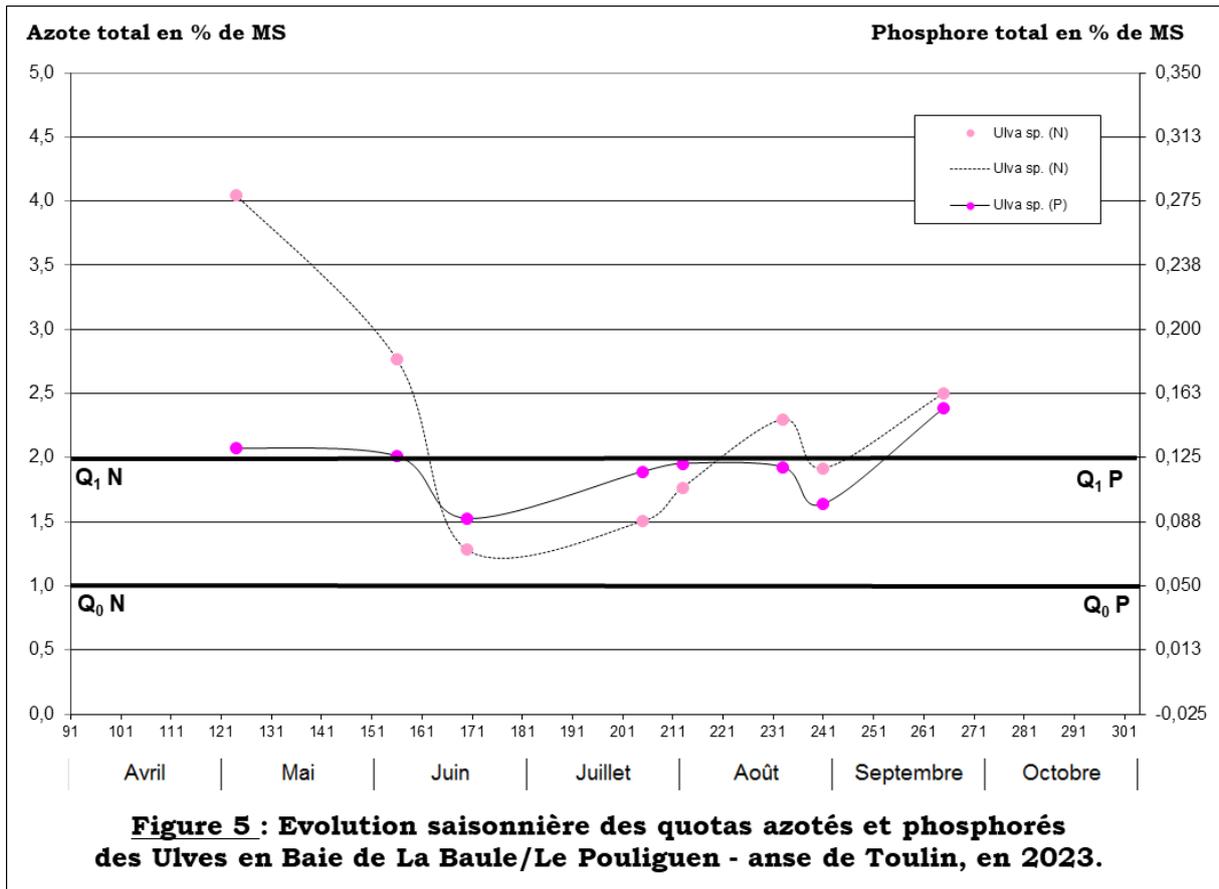


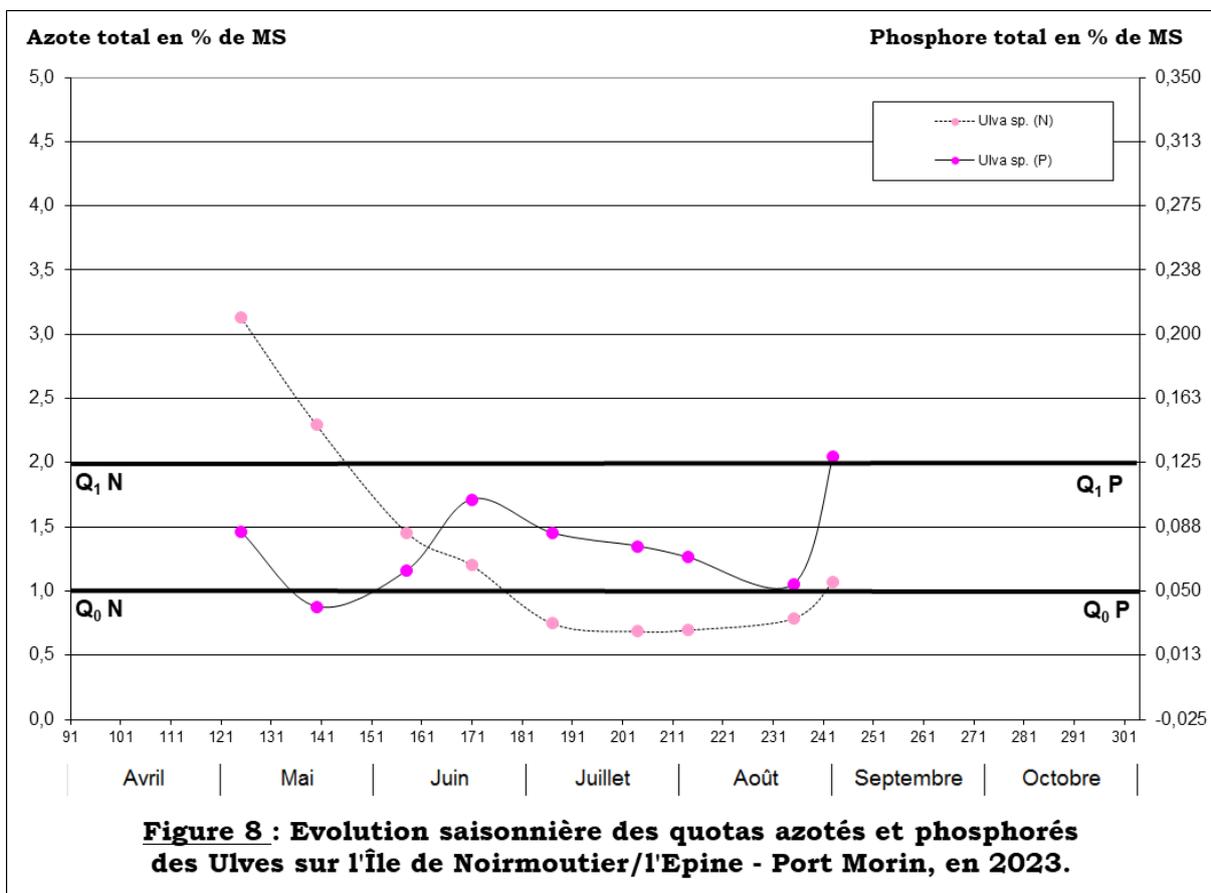
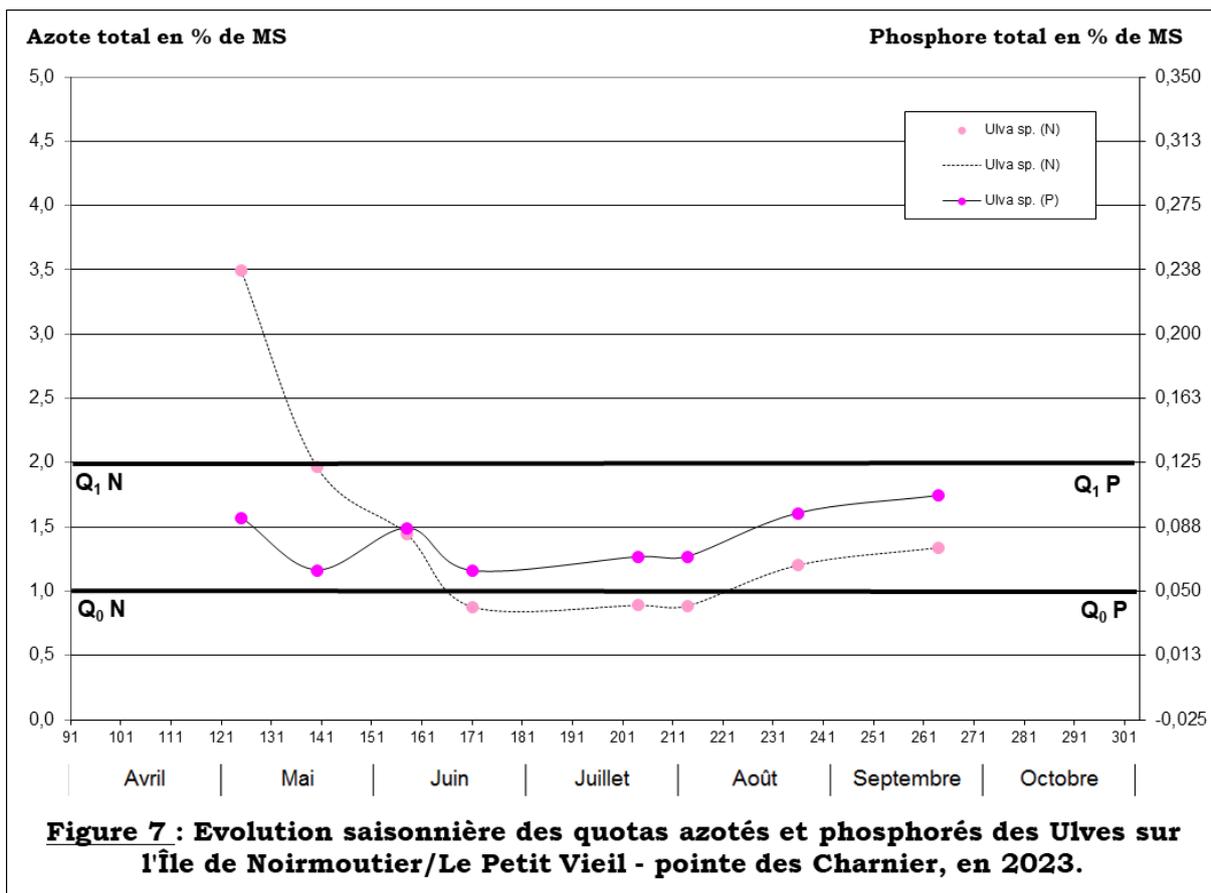
Annexe 3 :

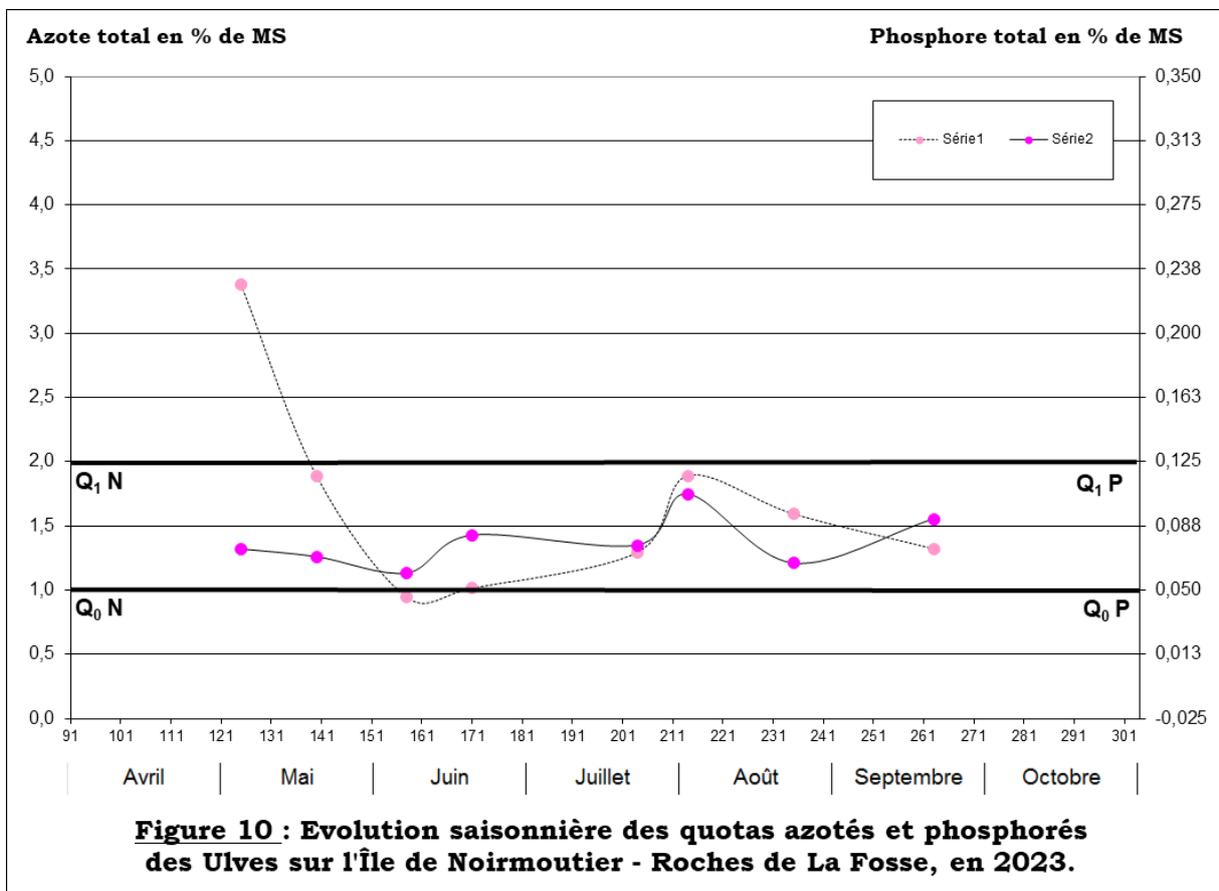
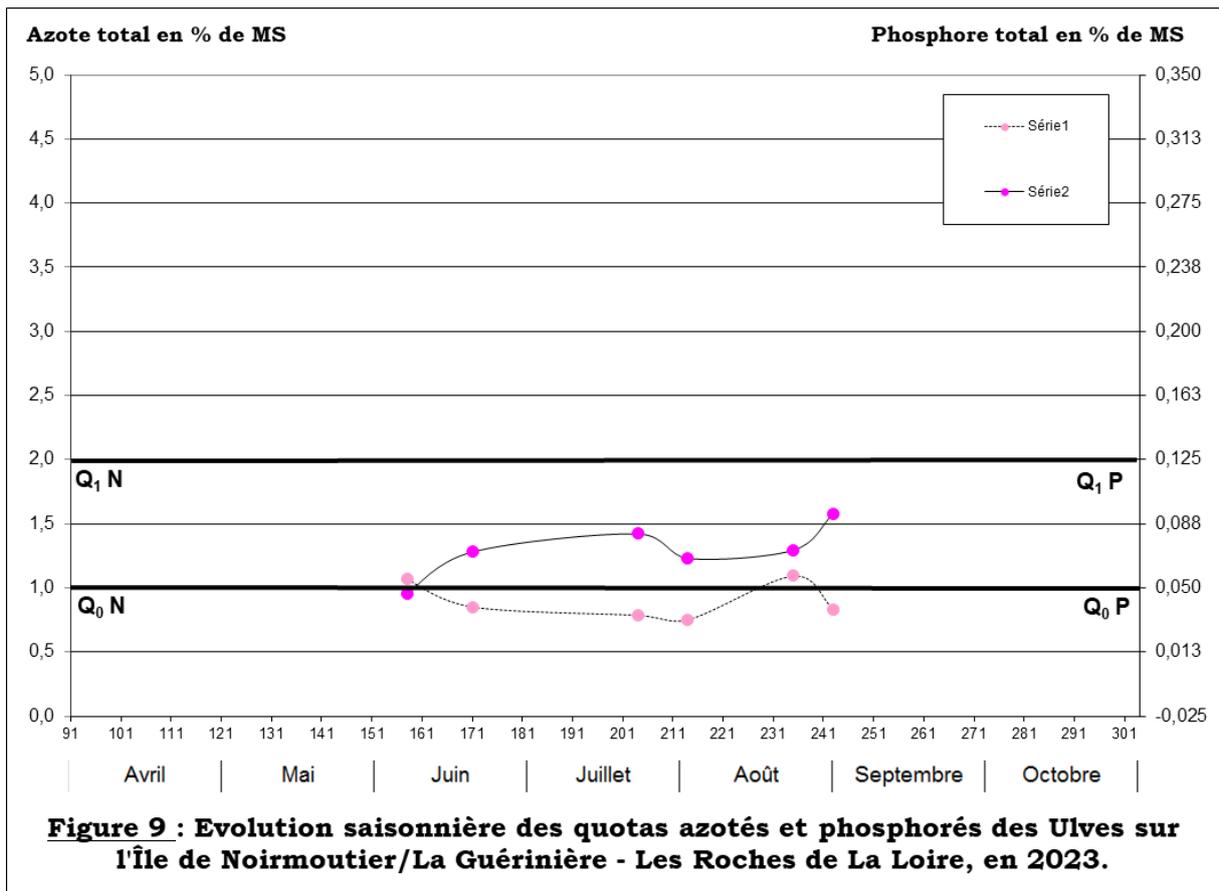
- Courbes détaillées annuelles pour les quotas
- Localisation des prélèvements par date

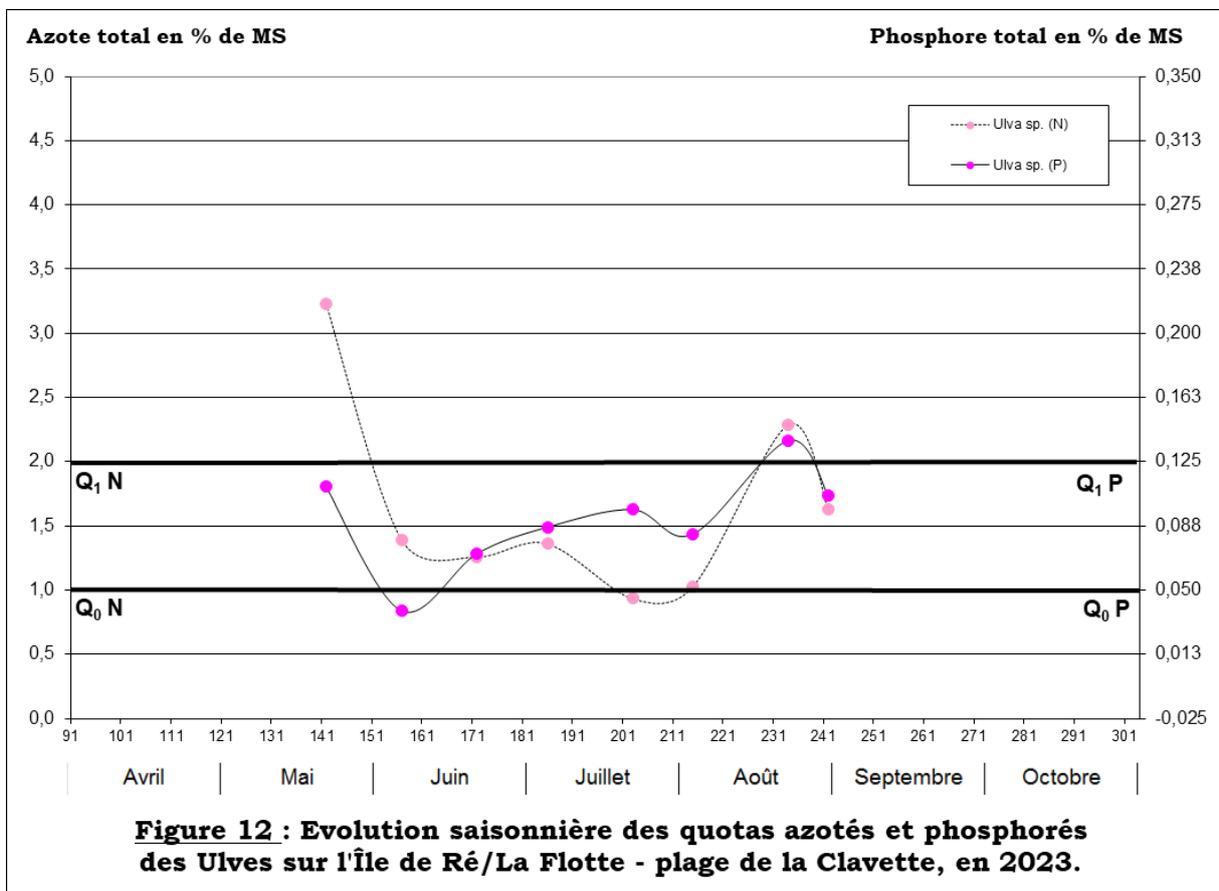
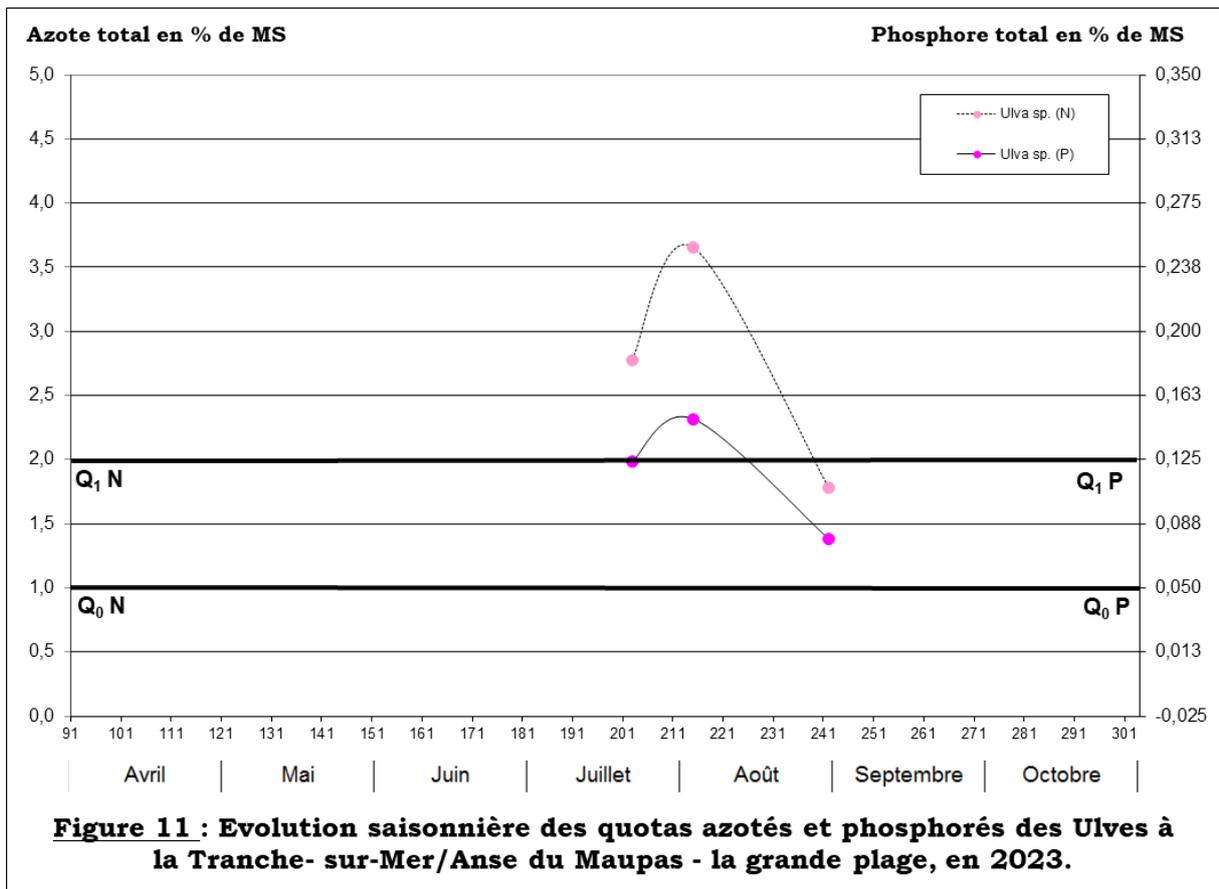


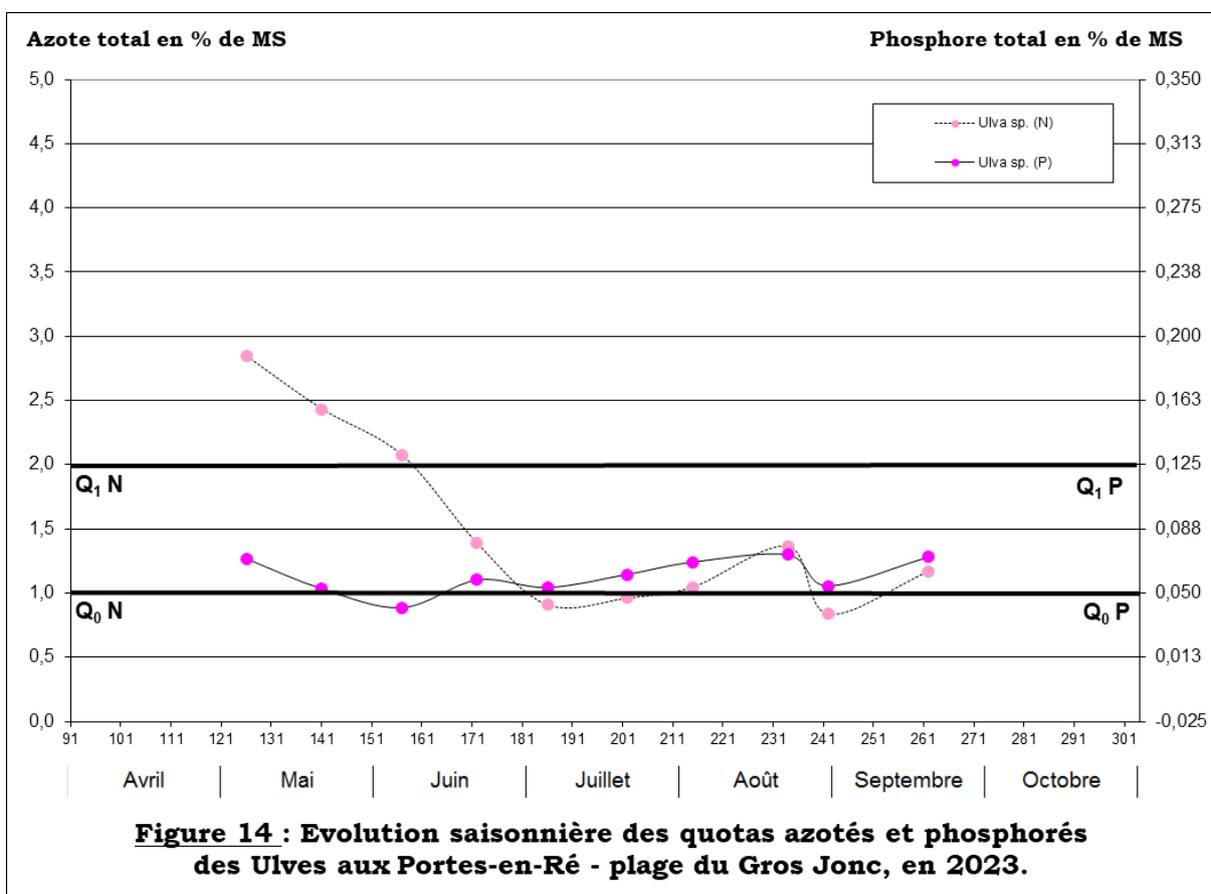
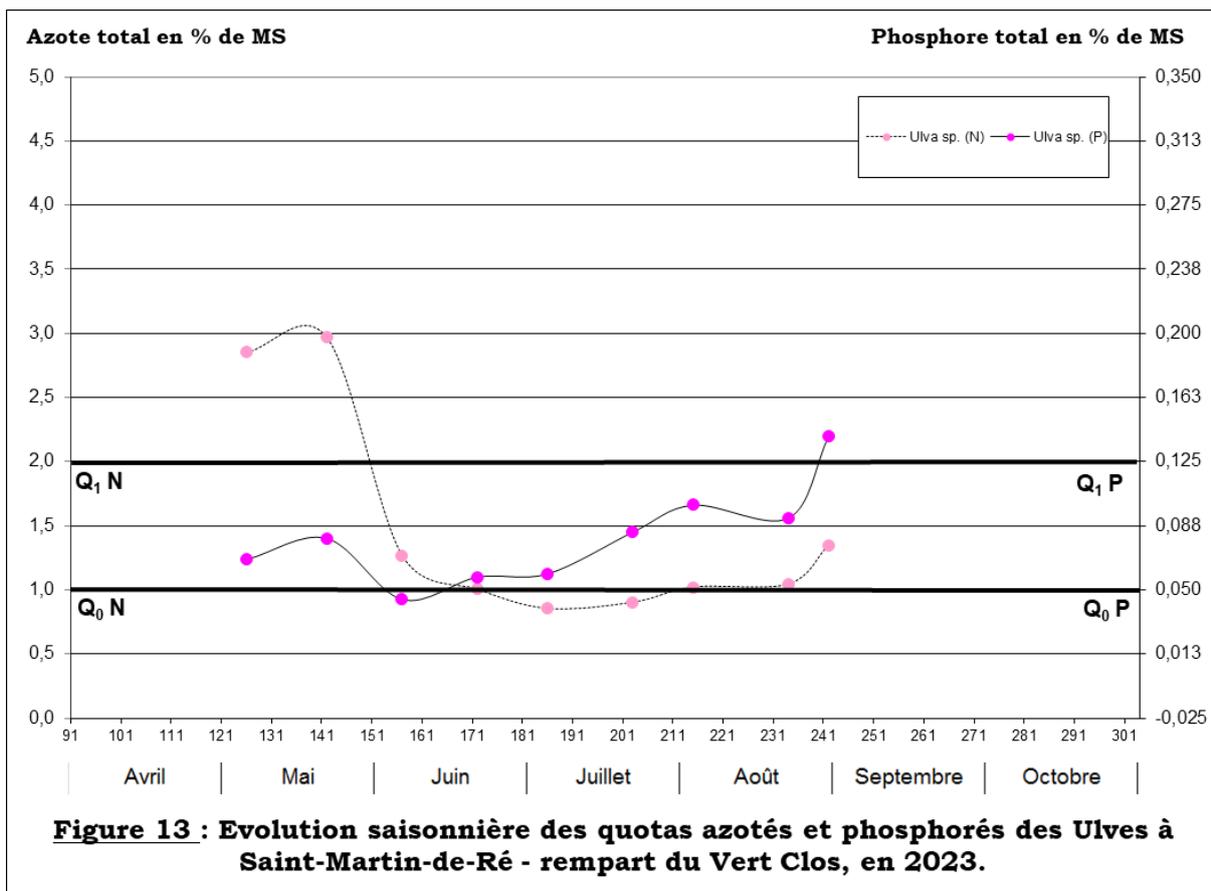












Localisation des points de prélèvement à Pen Bé – Baie de Pont Mahé



Localisation des points de prélèvement à Mesquer – Plage de Lanséria



Localisation des points de prélèvement à Piriac – Plage de Saint Michel



Localisation des points de prélèvement au Croisic – Baie de Saint Goustan



Localisation des points de prélèvement à la Baie de la Baule/Le Pouliguen – Anse de Toulon



Localisation des points de prélèvement à Préfailles/La Plaine sur mer - Plage de la Tara



Localisation des points de prélèvement sur l'Île de Noirmoutier/Le Petit Vieil – Pointe des Charniers



Localisation des points de prélèvement sur l'Île de Noirmoutier/L'Épine – Port Morin



Localisation des points de prélèvement sur l'Île de Noirmoutier/La Guérinière – Les Roches de la Loire



Localisation des points de prélèvement sur l'Île de Noirmoutier – Roches de la Fosse



Localisation des points de prélèvement à la Tranche sur Mer/Anse du Maupas – La Grande Plage



Localisation des points de prélèvement sur l'île de Ré – La Flotte – Plage de la Clavette



Localisation des points de prélèvement à Saint Martin de Ré – Rempart du Vert Clos



Localisation des points de prélèvement à Portes-en-Ré – Plage du Gros Jonc



Annexe 4 :

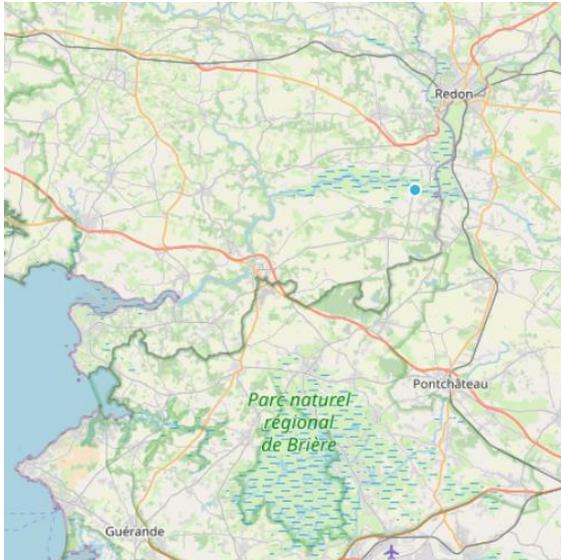
Localisation des stations hydrométriques et de suivi de qualité de l'eau

Localisation des stations hydrométriques

La Vilaine

Code station hydro : J930 0611 01

Label : La Vilaine à Rieux – Pont de Cran



La Garonne

Code station hydro : O909 0010 01

Label : La Garonne à Marmande



La Dordogne

Code station hydro : P555 0010 01

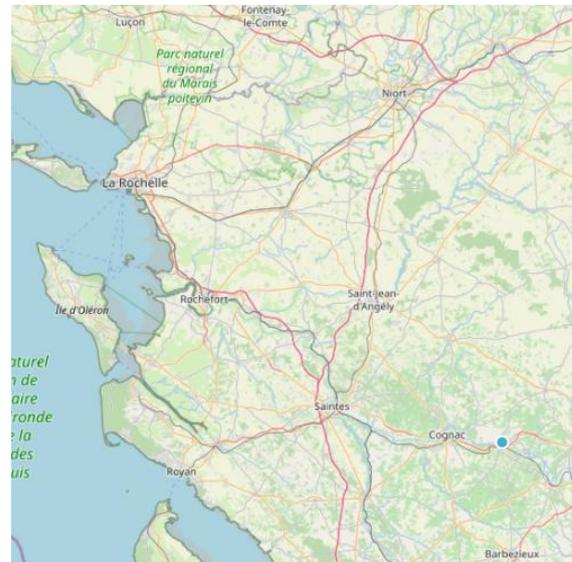
Label : La Dordogne à Pessac sur Dordogne



La Charente

Code station hydro : R307 0010 11

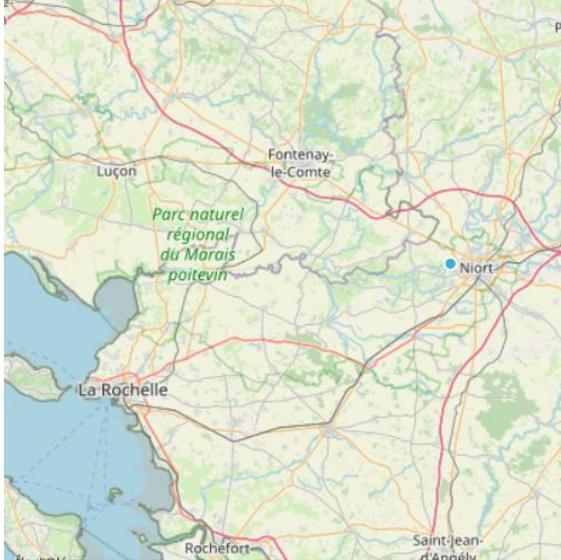
Label : la Charente à Mainxe



La Sèvre Niortaise

Code station hydro : N430 0622 01

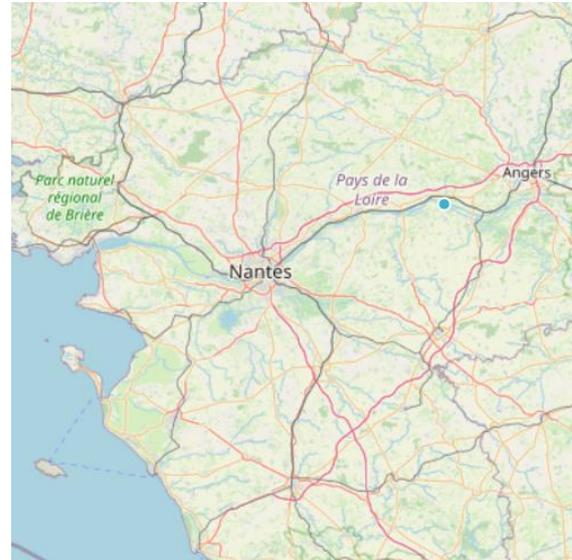
Label : La Sèvre Niortaise à Niort – La
Tiffardière bras principal



La Loire

Code station hydro : M530 0010 10

Label : La Loire à Montjean sur Loire

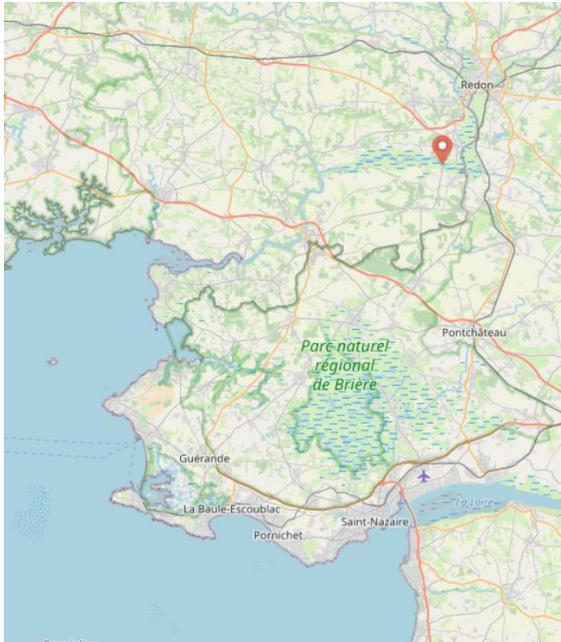


Localisation des stations de suivi de la qualité de l'eau

La Vilaine

Code SANDRE : 4216000

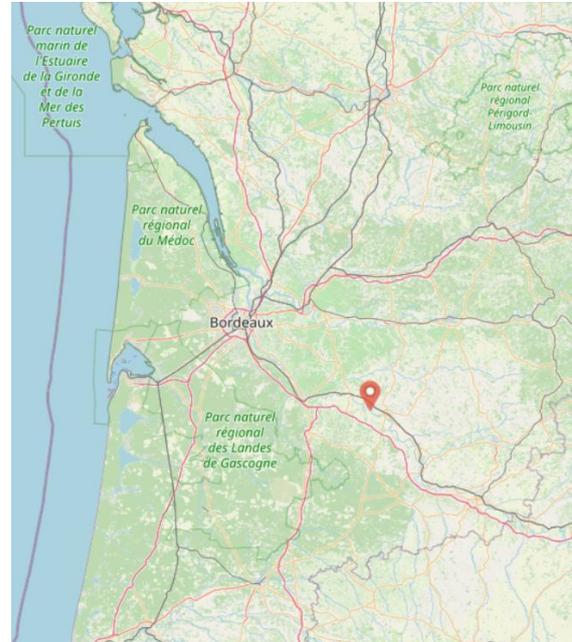
Label : Vilaine à Rieux



La Garonne

Code SANDRE : 5081000

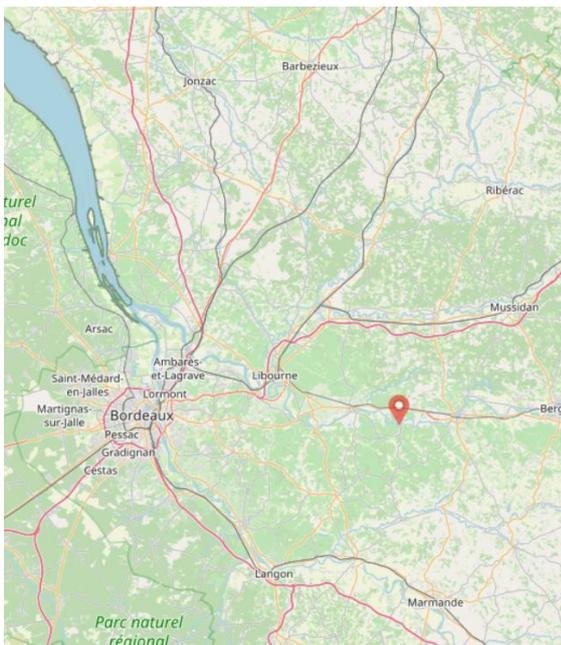
Label : La Garonne à Couthures



La Dordogne

Code SANDRE : 5046000

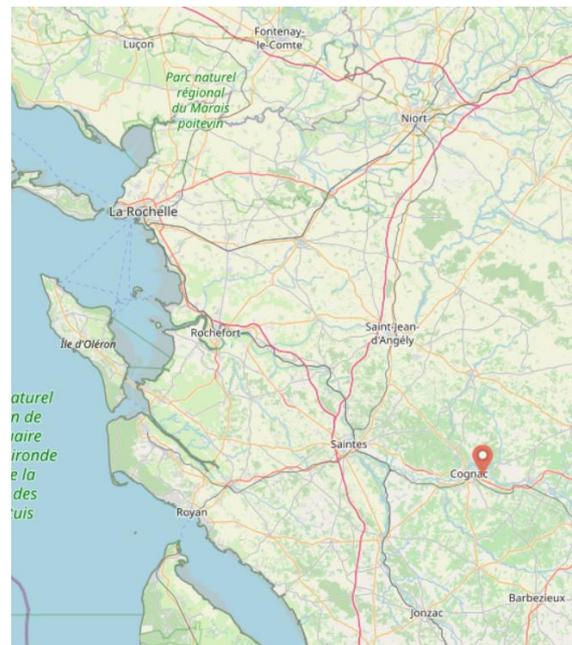
Label : La Dordogne à Pessac



La Charente

Code SANDRE : 5013200

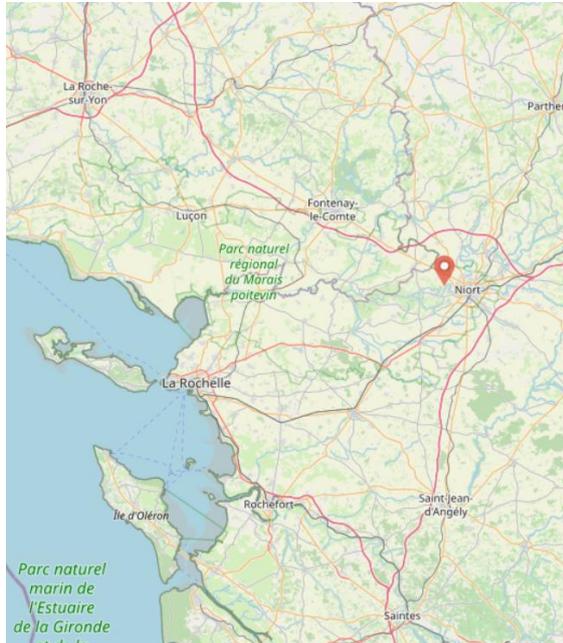
Label : La Charente à St-Brice



La Sèvre Niortaise

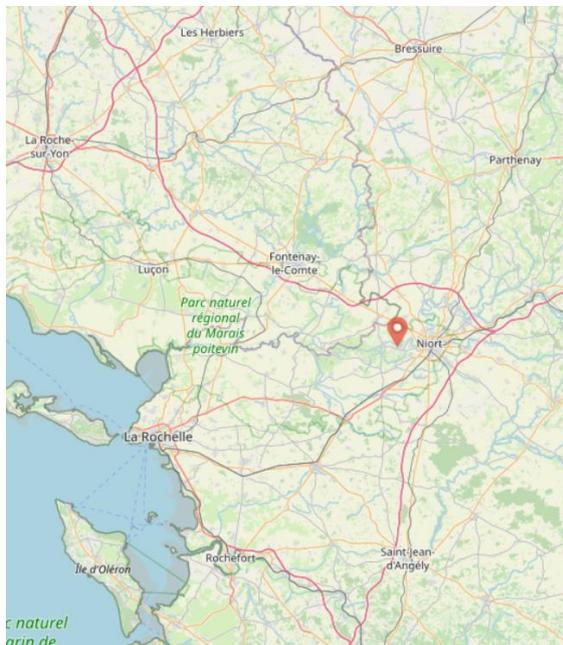
Code SANDRE : 4160000

Label : Sèvre Niortaise à Niort



Code SANDRE : 4160100

Label : Sèvre Niortaise à Magné



La Loire

Code SANDRE : 4134700

Label : Loire à Montjean sur Loire

