

CENTRE D'ÉTUDE
& DE VALORISATION
DES ALGUES

ALGAE TECHNOLOGY
& INNOVATION
CENTRE

Réseau de Contrôle Opérationnel - DCE 2022 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-Saint Martin en Ré », le 14/06/2022, 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 2022	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	42
3.3.1. Débits et flux d'azote.....	43
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 2022 (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 2022. Les surfaces sont exprimées en équivalent 100 % de couverture en ulves.	17
Figure 3 : Variation mensuelle des échouages d'ulves entre mai et septembre 2022. 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 2022 : cumul des 5 dates d'inventaires annuels (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 2022 pour les sites du RCO	20
Figure 6 : Surfaces couvertes par les ulves pour chaque site du RCO de 2012 à 2022 : cumul des 5 dates d'inventaires annuels (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 2022 pour chaque site du RCO	21
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 (2012-2022) 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. Les « délimitations » (définies par le CEVA) du site étudié (« Piriac-sur-Mer ») sont représentées par un polygone blanc... ..	27
Figure 11 : Evolution interannuelle (2012-2022) 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. Les « délimitations » (définies par le CEVA) du site étudié (« Le Croisic ») sont représentées par un polygone blanc.	28
Figure 13 : Evolution interannuelle (2012-2022) 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. Les « délimitations » (définies par le CEVA) du site étudié (« La Baule ») sont représentées par un polygone blanc.	30
Figure 15 : Evolution interannuelle (2012-2022) 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.	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.....	32
Figure 17 : Evolution interannuelle (2012-2021) 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.....	33
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.	34
Figure 19 : Evolution interannuelle (2012-2022) 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.....	36
Figure 20 : Evolution interannuelle (2012-2022) 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.	37
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.....	38
Figure 22 : Evolution interannuelle (2012-2022) 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.	40
Figure 23 : Evolution interannuelle (2012-2022) 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.....	41
Figure 24 : Evolution temporelle des débits de La Charente, La Dordogne, La Garonne, La Loire, La Sèvre Niortaise et La Vilaine de janvier 2002 à janvier 2023.....	44
Figure 25 : Comparaison des débits pour la saison 2021/2022 (d'octobre année n-1 à septembre année n) avec la moyenne des débits collectés pour les saisons précédentes (2002/2003 à 2020/2021). A gauche : la ligne noire trait plein représente les débits pour la saison 2021/2022 ; la ligne rouge en pointillée représente la moyenne des débits antérieurs. A droite : Différence de débit (en %) entre la saison 2021/2022 et la moyenne (2002/2003-2020/2021).....	45
Figure 26 : Evolution temporelle des concentrations en nitrate (à gauche) et ammonium (à droite) de La Loire, La Sèvre Niortaise et La Vilaine à partir de janvier 2002.....	46
Figure 27 : A Gauche : Comparaison des flux azotés pour les saisons 2021/2022 (ligne noire trait plein) et 2020/2021 (ligne bleue trait plein) (d'octobre année n-1 à septembre année n) avec la moyenne des débits collectés pour les saisons précédentes (ligne rouge en pointillée). A droite : Différence de flux (en %) entre la saison 2021/2022 et la moyenne (2002/2003-2020/2021).....	46



Figure 28 : Localisation des données SST à partir du satellite AQUA-MODIS.....	47
Figure 29 : Evolution des températures moyennes de surface de l'eau de mer (SST; °C) sur les mois de mars, avril et mai, de 2003 à 2022.....	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 2022 et les années antérieures (de 2003 à 2021). 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. A droite : Différence de température (en %) entre l'année 2022 et la moyenne (2003-2021).....	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 2023 à partir du modèle MARC-WW3.....	51
Figure 33 : Comparaison de la houle significative (Hs : m) pour la saison 2021/2022 (d'octobre année n-1 à septembre année n) avec celle moyennée pour les saisons précédentes (2012/2013 à 2020/2021). A gauche : la ligne noire trait plein représente Hs pour la saison 2021/2022 ; la ligne rouge en pointillée représente Hs antérieur. A droite : Différence (en %) entre la saison 2021/2022 et la moyenne (2012/2013-2020/2021).....	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'Île 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'Île 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 2022 (« Suivi des blooms de macroalgues opportunistes sur le littoral Loire-Bretagne, Contrôle de Surveillance (RCS) : Inventaires et qualification des masses d'eau – année 2022 »)

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 2022

	Date	Coefficient de marée
Juin	14/06/2022	91
Août	12/08/2022	95



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.

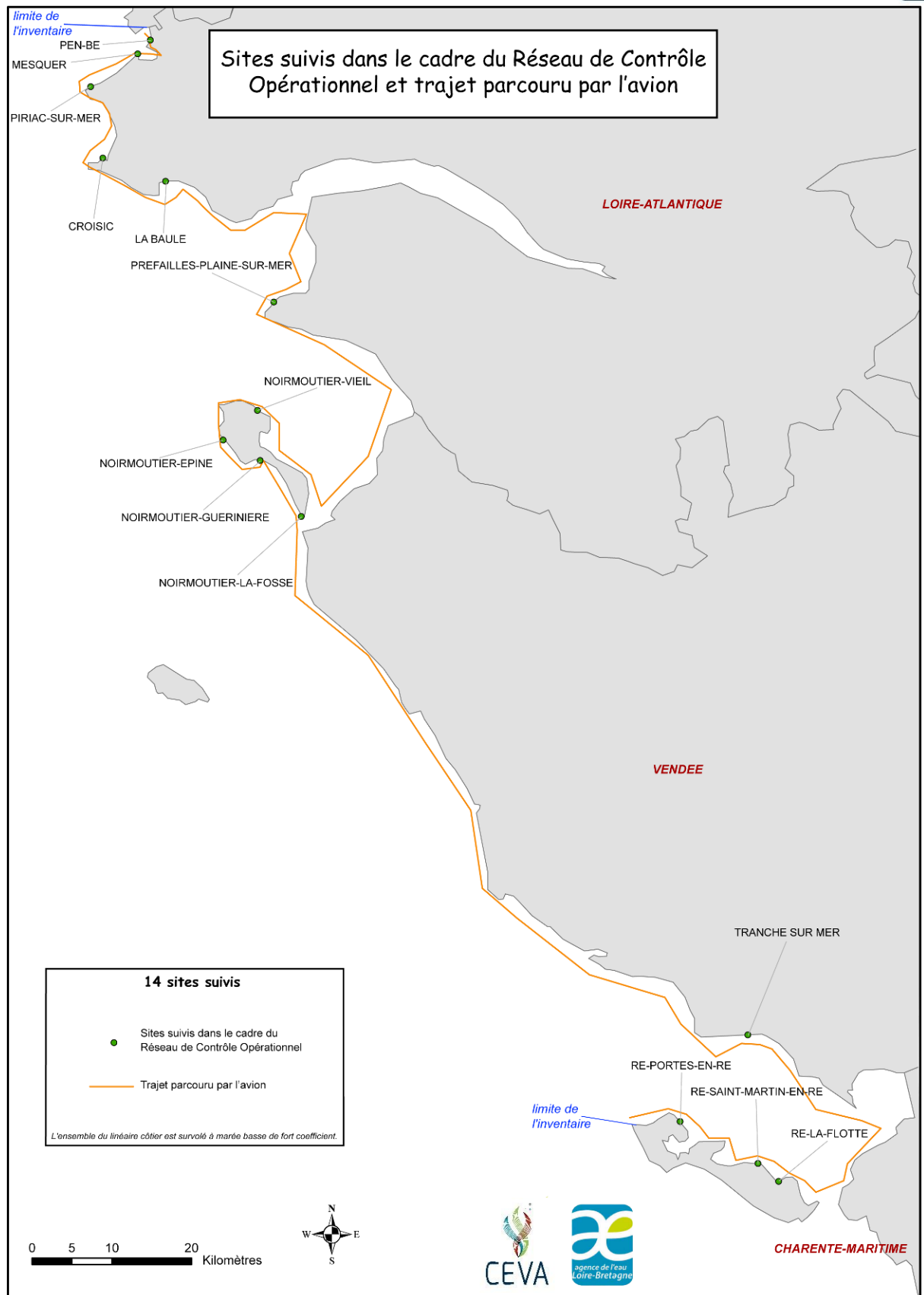


Figure 1 : Sites suivis et trajet effectué par l'avion pour le suivi RCO de 2022 (suivis complémentaires aériens, terrain et indices d'eutrophisation).



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	15 au 17 juin 2022
Août	13 au 15 août 2022

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 03 mai et les derniers le 13 septembre 2022.



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.

Département	Nom du site	Nb échantillons prélevés entre mai et septembre
44	PEN-BE	8
44	MESQUER	10
44	PIRIAC-SUR-MER	10
44	CROISIC	9
44	LA BAULE	6
44	PREFAILLES-PLAINE-SUR-	9
85	NOIRMOUTIER-VIEIL	10
85	NOIRMOUTIER-EPINE	9
85	NOIRMOUTIER-GUERINIERE	8
85	NOIRMOUTIER-LA-FOSSE	10
85	TRANCHE SUR MER	3
17	RE-LA-FLOTTE	9
17	RE-SAINT-MARTIN-EN-RE	9
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 2022, 120 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 2022

En 2022, trois 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 », « La Baule », et « Tranche sur mer » (Tableau 4).

Tableau 4 : Classement des sites concernés par des échouages d’ulves sur les 5 inventaires de l’année 2022

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



La Figure 2 présente les surfaces digitalisées cumulées pour l'ensemble des sites sur les 5 inventaires de l'année 2022 (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 2022, le site de « Noirmoutier-la-Fosse » est le site présentant la plus forte surface d'échouage (64,5 ha), suivi de « Ré-Saint-Martin-en-Ré » (33,9 ha).

Les histogrammes de la carte présentés Figure 3 permettent d'apprécier l'évolution mensuelle de ces échouages au cours de l'année 2022.

Pour l'année 2022, l'inventaire du mois de mai présente la surface maximale annuelle d'ulves échouées (52,9 ha). C'est aussi le mois comportant le plus de sites RCO touchés par les échouages d'ulves (10/14 sites). Les sites « Noirmoutier-Vieil », « Noirmoutier-Epine » et « Noirmoutier-Guérinière » ont été touchés par les échouages d'ulves uniquement lors de cet inventaire du mois de mai, avec respectivement des surfaces d'échouage de 2,4 ha, 1,1 ha et 1,6 ha. Pour le site « Noirmoutier-La-Fosse », l'inventaire du mois de mai représente la surface maximale d'échouage mesurée à 22,3 ha.

Pour l'année 2022, l'inventaire du mois de juillet présente les surfaces maximales d'ulves échouées mesurées pour deux sites sur l'Ile de Ré : « Ré-La-Flotte » (5,9 ha) et « Ré-Saint-Martin-en-Ré » (13,6 ha).

Lors de l'inventaire du mois d'août 2022, sur les 7 sites touchés par les échouages d'ulves, la surface cumulée était de 8,2 ha et correspondait à la plus faible valeur mesurée sur l'ensemble des 5 survols pour les sites RCO.

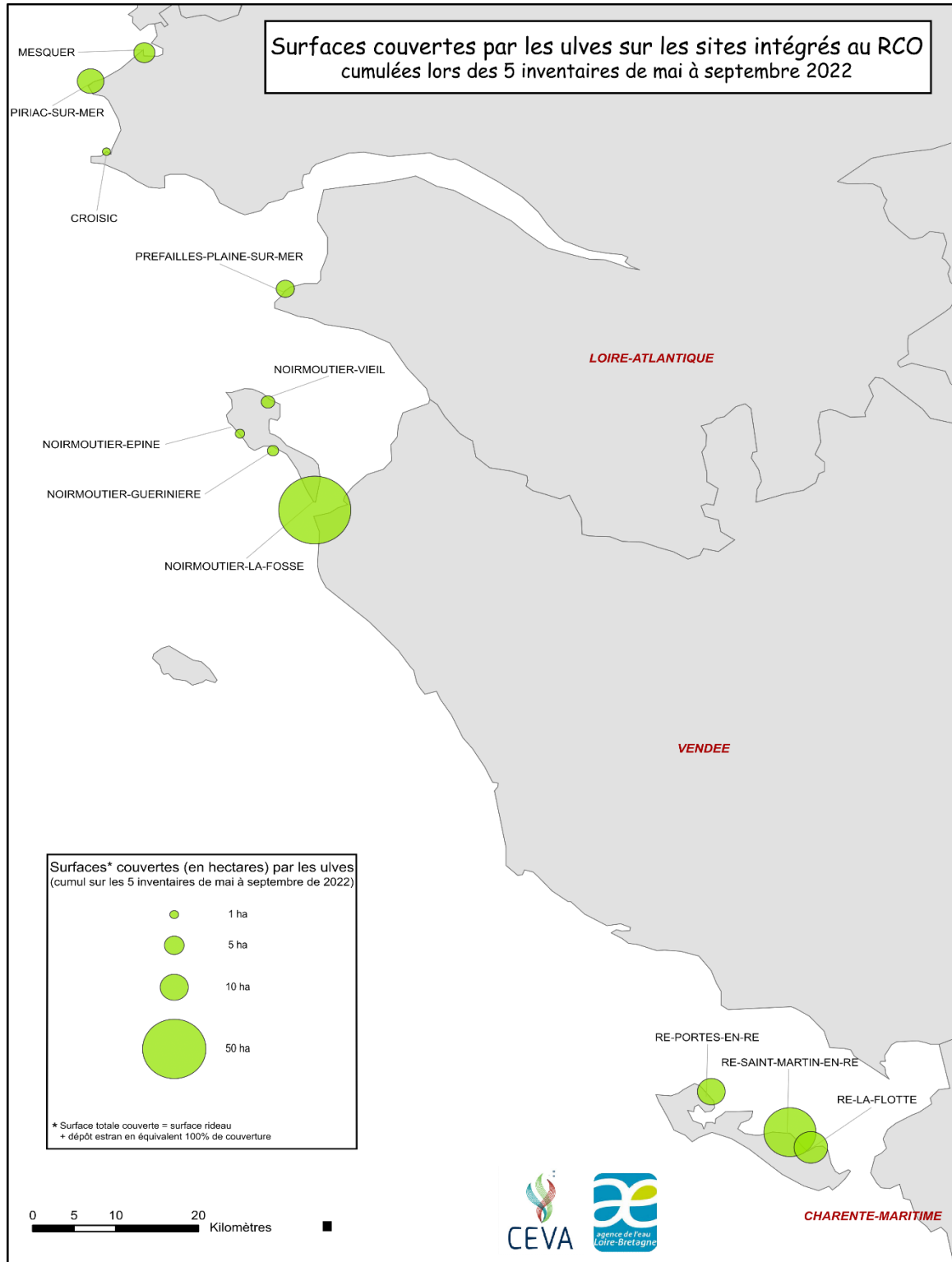


Figure 2 : Surfaces couvertes par les ulves, cumulées lors des 5 inventaires de mai à septembre 2022. Les surfaces sont exprimées en équivalent 100 % de couverture en ulves.

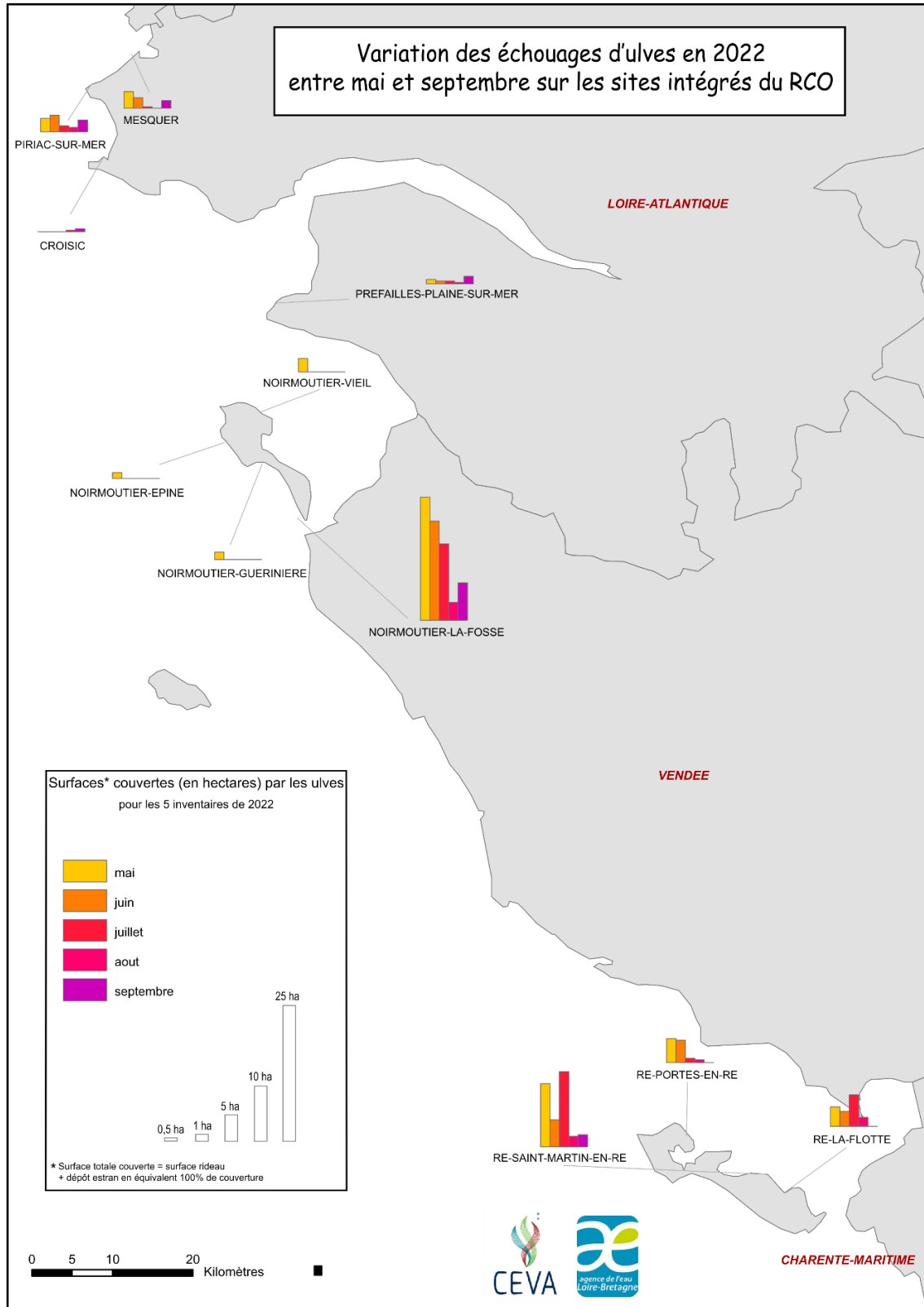


Figure 3 : Variation mensuelle des échouages d'ulves entre mai et septembre 2022. Les surfaces sont exprimées en ha équivalent 100 % de couverture en ulves.



3.1.2. Analyse pluriannuelle

L'année 2022 représente l'année avec la plus faible surface annuelle de dépôt d'ulves cumulée sur les sites du RCO (147,6 ha) (Figure 4). Cette valeur est 45 % inférieure à la moyenne 2012-2021.

Plus d'un tiers des surfaces d'échouages de l'année 2022 a été observé lors de l'inventaire de mai (35,8 % de la surface annuelle) avec une surface totale cumulée sur les sites du RCO en mai équivalente à 52,9 ha. L'année 2022 représente la 2nd année la plus précoce en termes d'échouages d'ulves observés lors du 1^{er} inventaire du mois de mai : l'année 2017 présentait en mai la surface cumulée sur les 14 sites la plus importante depuis 2012, avec une valeur atteignant 81,8 ha. Les dépôts d'ulves lors des inventaires des mois d'août et septembre de l'année 2022 présentaient des contributions annuelles et des surfaces les plus faibles depuis 2012 (Figure 5) : 8,6 ha en août (contribution annuelle = 5,8 %) ; 14,4 ha en septembre (contribution annuelle = 9,7 %).

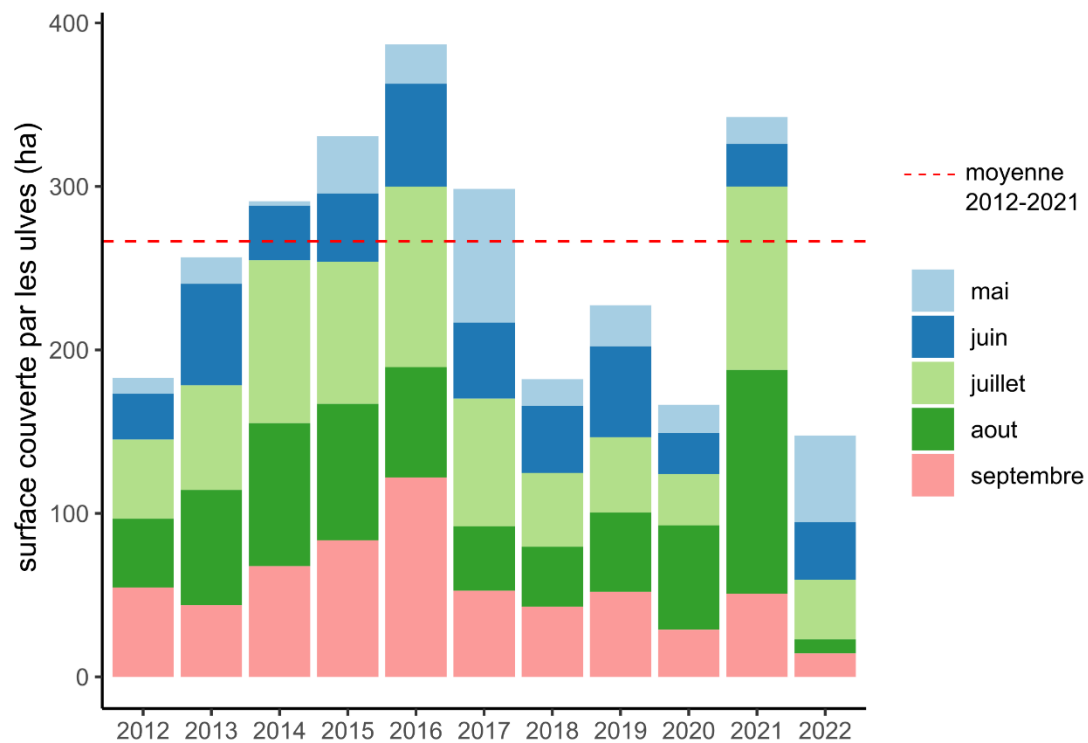


Figure 4 : Surfaces couvertes par les ulves sur les sites du RCO de 2012 à 2022 : cumul des 5 dates annuelles d'inventaires (mai, juin, juillet, août et septembre) sur les 14 sites

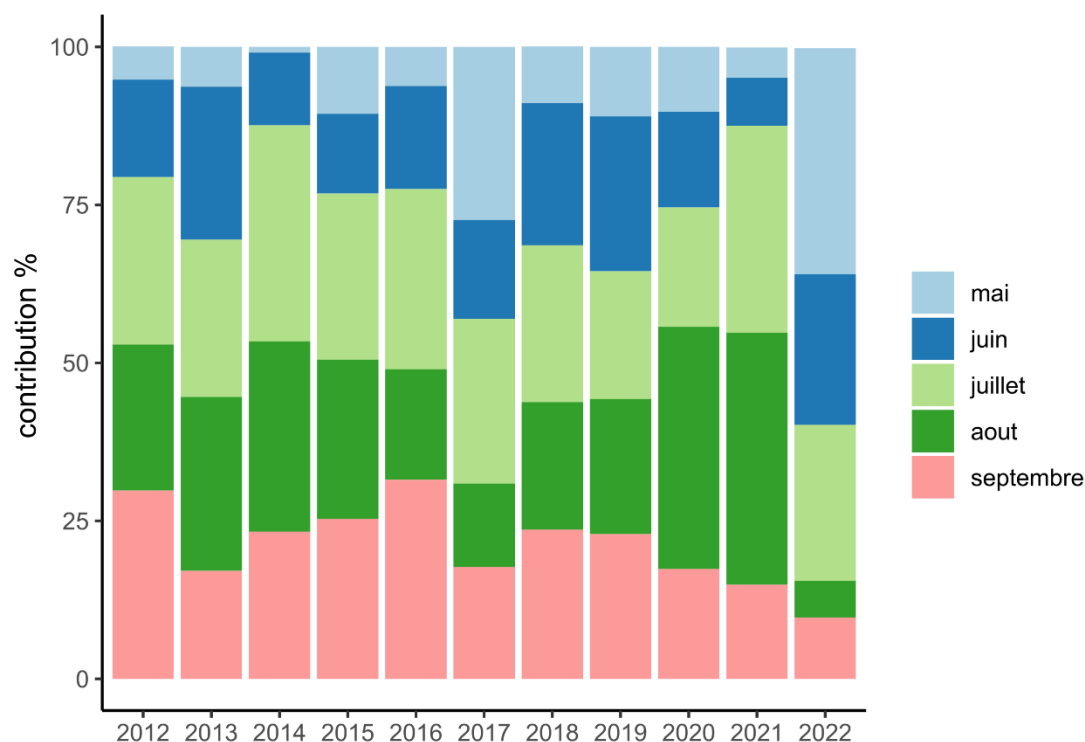


Figure 5 : Contribution (%) des surfaces couvertes par les ulves en mai, juin, juillet, août et septembre sur l'ensemble des années de 2012 à 2022 pour les sites du RCO

Globalement l'année 2022 présente des échouages d'ulves relativement faibles sur les sites du RCO (Figure 6). Pour les sites « Pen-Bé » et « La Baule », il s'agit de la première année depuis 2012 durant laquelle ces sites ne sont pas touchés par les échouages d'ulves. Pour le site « Tranche sur mer », l'année 2022 est la troisième année pour laquelle aucun dépôt n'a été observé (précédemment en 2013 et 2015). Les sites « Mesquer » et « Croisic » présentent, en 2022, les surfaces annuelles d'échouage les plus faibles depuis 2012. Pour le site « Mesquer », la surface annuelle est de 5,8 ha en 2022 soit 51,6 % inférieure à la moyenne 2012-2021 (12,0 ha). Pour le site « Croisic », la surface annuelle est de 0,9 ha en 2022 soit 93,2 % inférieure à la moyenne 2012-2021 (13,2 ha).

Des particularités en termes de dynamique saisonnière des échouages sont également observées pour l'année 2022 (Figure 7). Pour les sites « Noirmoutier-Vieil » et « Noirmoutier-Guérinière », c'est la première fois depuis 2012 que les échouages d'ulves sont uniquement observés lors de l'inventaire du mois de mai. Pour le site « Noirmoutier-Epine », il s'agit de la 2^{ème} année (observé également en 2017). Pour les sites de « Ré-La-Flotte » et « Ré-Portes-en-Ré », l'absence d'échouage d'ulves lors de l'inventaire de septembre est remarquée pour la première fois lors de l'année 2022 depuis le début des suivis.

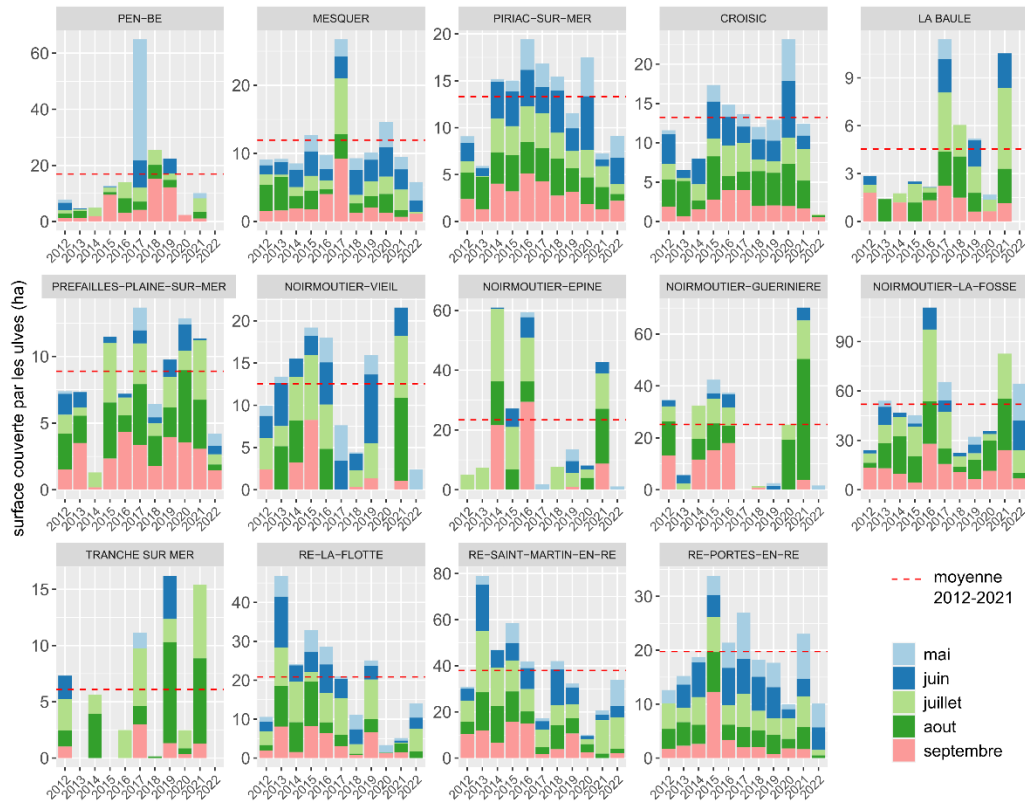


Figure 6 : Surfaces couvertes par les ulves pour chaque site du RCO de 2012 à 2022 : cumul des 5 dates annuelles d'inventaires (mai, juin, juillet, août et septembre)

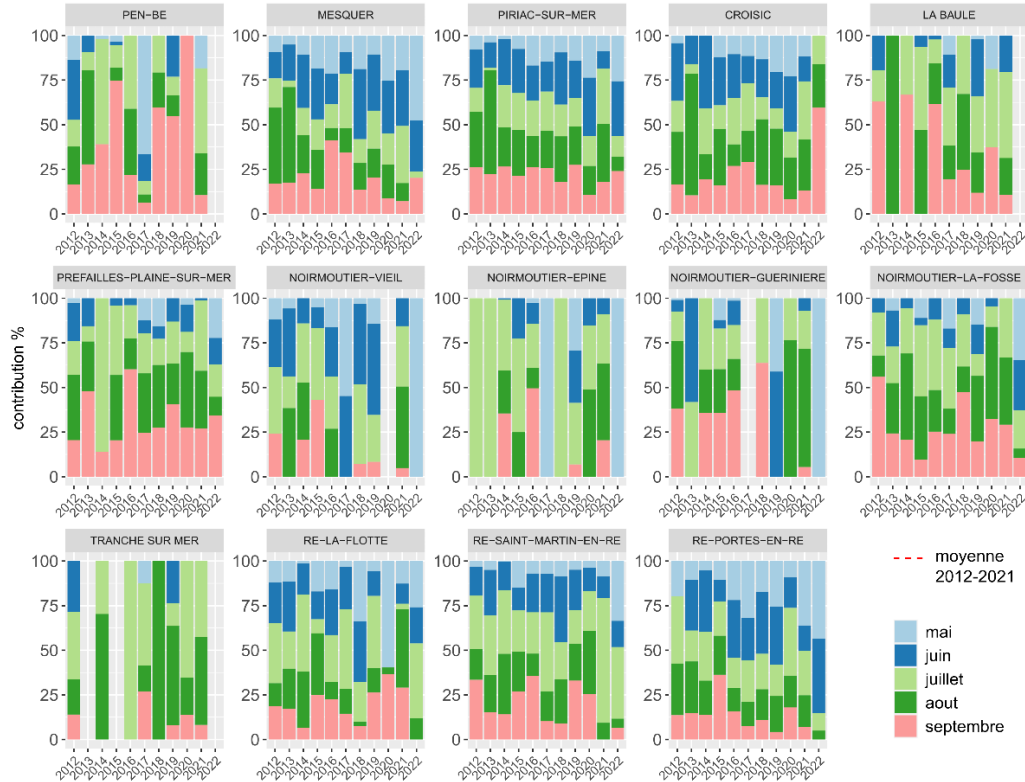


Figure 7 : Contribution (%) des surfaces couvertes par les ulves en mai, juin, juillet, août et septembre sur l'ensemble des années de 2012 à 2022 pour chaque site du RCO



3.2. Indices d'eutrophisation

L'ensemble des missions de prélèvements ont pu être réalisées 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 (2012-2021), 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 2022 (Figure 9). Pour le site de « Mesquer », après avoir atteint une valeur proche de celle de subsistance fin mai (0,056 % en MS ; le 30/05/2022), les quotas en phosphore avaient augmenté progressivement de juin jusqu'à août pour atteindre une valeur légèrement supérieure au quota critique (0,157 % en MS ; le 13/08/2022). Pour le site de « Pen-Bé », les valeurs mesurées, toujours au-dessus du quota critique, étaient relativement constantes de juin à septembre oscillant autour de 0,2 %. 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, les profils observés pour l'année 2022 à « Pen-Bé » et « Mesquer » diffèrent de ceux lors des suivis antérieurs et en particulier pour l'année précédente 2021 (Figure 9). A « Pen-Bé », lors du premier prélèvement (30/05/2022 ; aucune ulve présente début mai), le quota azoté était relativement proche du quota critique (2,12 % en MS). Jusqu'à mi-août, une limitation en azote était très marquée jusqu'à atteindre certaines valeurs proches du quota de subsistance (1,01 et 1.03 % le 15/07 et 13/08/2022 respectivement). Lors du dernier prélèvement (10/09/2022), le quota azoté avait augmenté à 3,32 %. A « Mesquer », excepté pour le premier et dernier prélèvement



(05/05 et 10/09/2022), les quotas azotés étaient inférieurs à la valeur critique et proche de celle de subsistance (1,03 % le 01/08/2022), illustrant ainsi une forte limitation en azote pour les ulves présentes sur ce site. L'année précédente 2021 était différente pour ces deux sites avec des quotas plus élevés sur l'ensemble de la saison, et très élevés en mai (aux alentours de 4 %) puis aucune limitation (ou faible) en azote durant la période estivale (et descente prononcée sur août et septembre sur Mesquer).

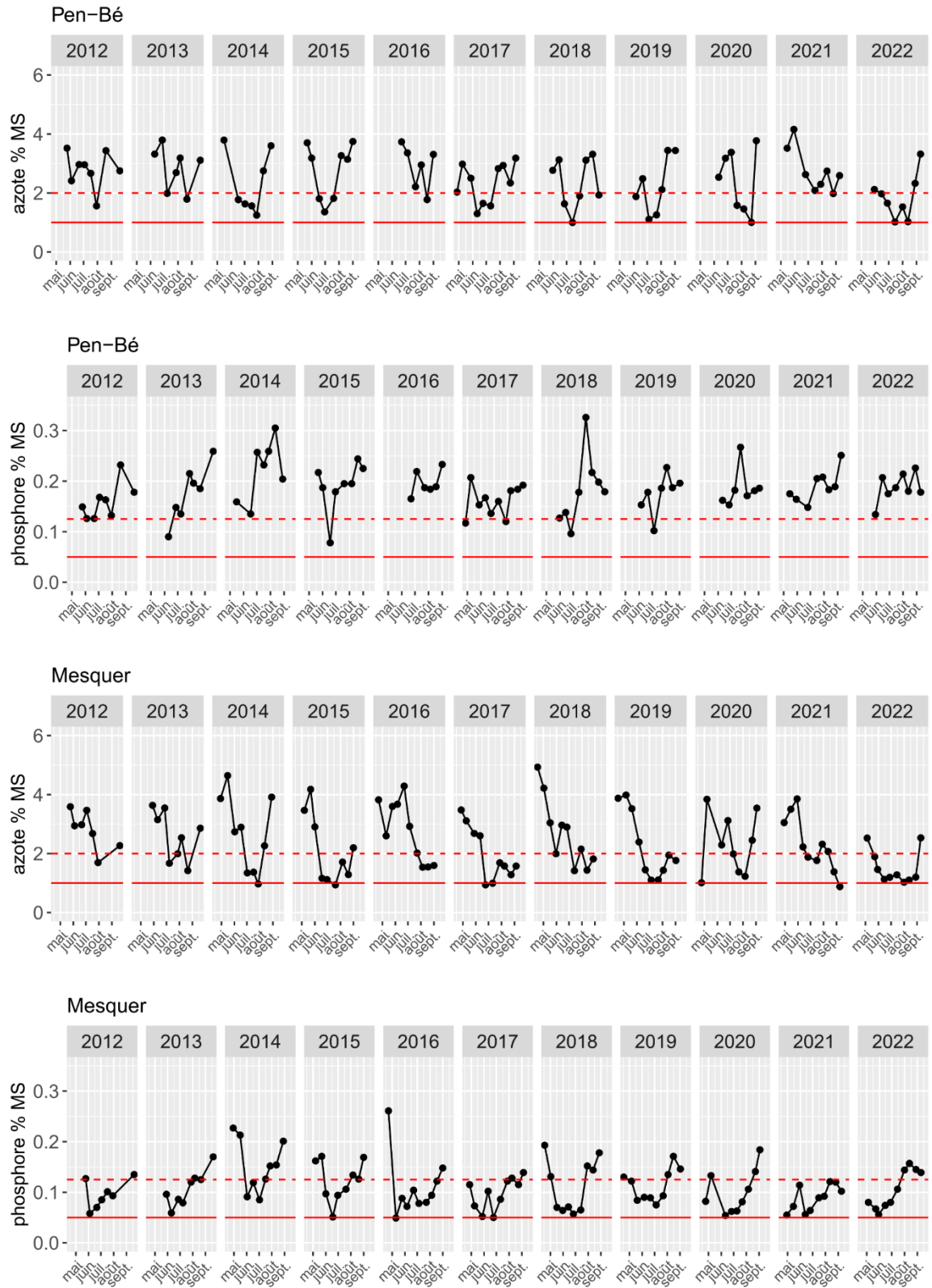


Figure 9 : Evolution interannuelle (2012-2022) des contenus tissulaires des ulves en azote et phosphore sur les sites de « Pen-Bé » (baie de Pont-Mahé) et « Mesquer » (Plage de Lanséria). La ligne rouge en trait pointillé indique le quota critique. La ligne rouge en trait plein indique le quota de substance.



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 2022 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, et une légère augmentation seulement lors des derniers prélèvements en septembre (Figure 11). En 2022, les quotas phosphorés oscillaient entre 0,069 et 0,119 % entre le 05/05 et 13/08/2022.

En comparaison avec les profils des années antérieures, les quotas azotés mesurés en 2022 illustrent une limitation très marquée et précoce en azote pour les ulves à « Piriac », avec seulement les deux premiers prélèvements (05/05 et 23/05/2022) présentant des valeurs supérieures au quota critique. Du 30/05 au 10/09/2022 les quotas variaient entre 0,86 et 1,93 % avec une valeur minimale mi-août.

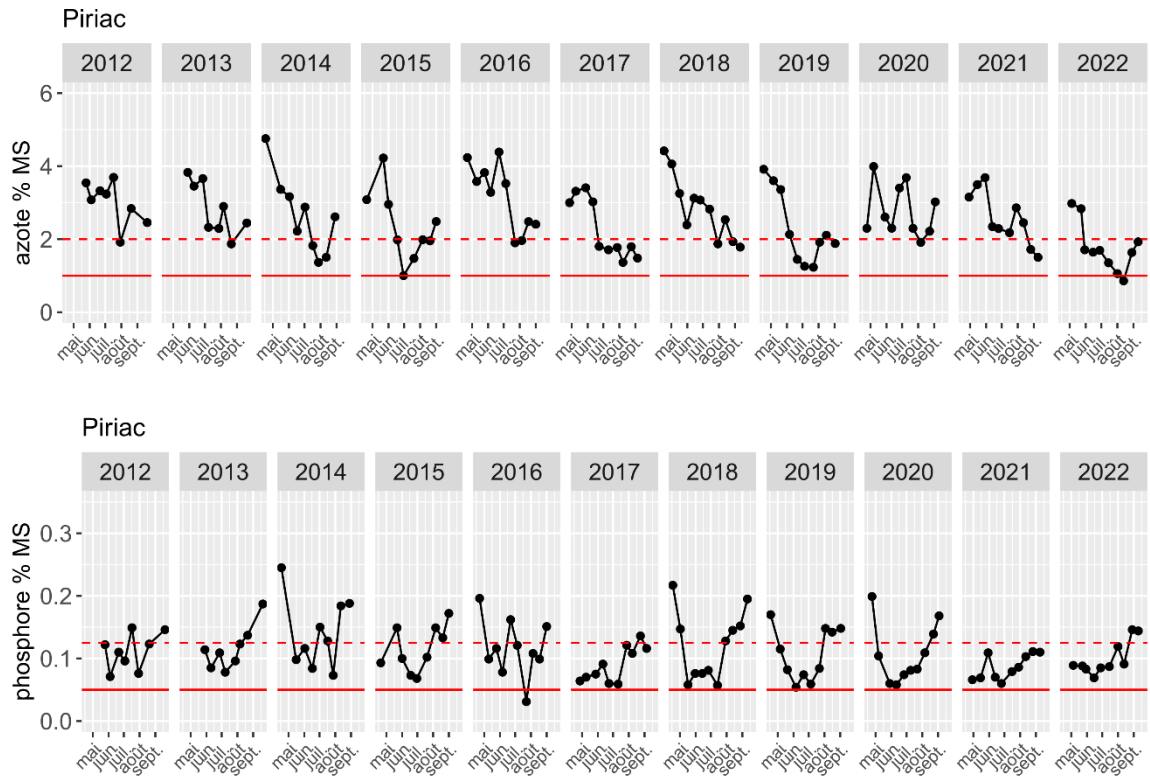


Figure 11 : Evolution interannuelle (2012-2022) des contenus tissulaires des ulves en azote et phosphore sur le site de « Piriac-sur-Mer » (Plage Saint-Michel). La ligne rouge en trait pointillé indique le quota critique. La ligne rouge en trait plein indique le quota de subsistance.

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



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 2012-2022. En 2022, l'ensemble des prélèvements (22/05 au 10/09/2022 ; pas d'ulve présente début mai) présentaient des quotas phosphorés compris entre la valeur critique et de subsistance (Figure 13) mais relativement élevés par rapport aux dernières années.

Concernant les quotas azotés, le profil observé sur le site « Le Croisic » en 2022 diffère des observations faites lors des années antérieures (Figure 13). Alors que depuis 2012 les quotas étaient globalement nettement supérieurs au quota critique durant la période de mai à juillet voire août, les valeurs mesurées en 2022 oscillaient autour de $1,94 \pm 0,34$ % en MS du 22/05 au 10/09/2022.

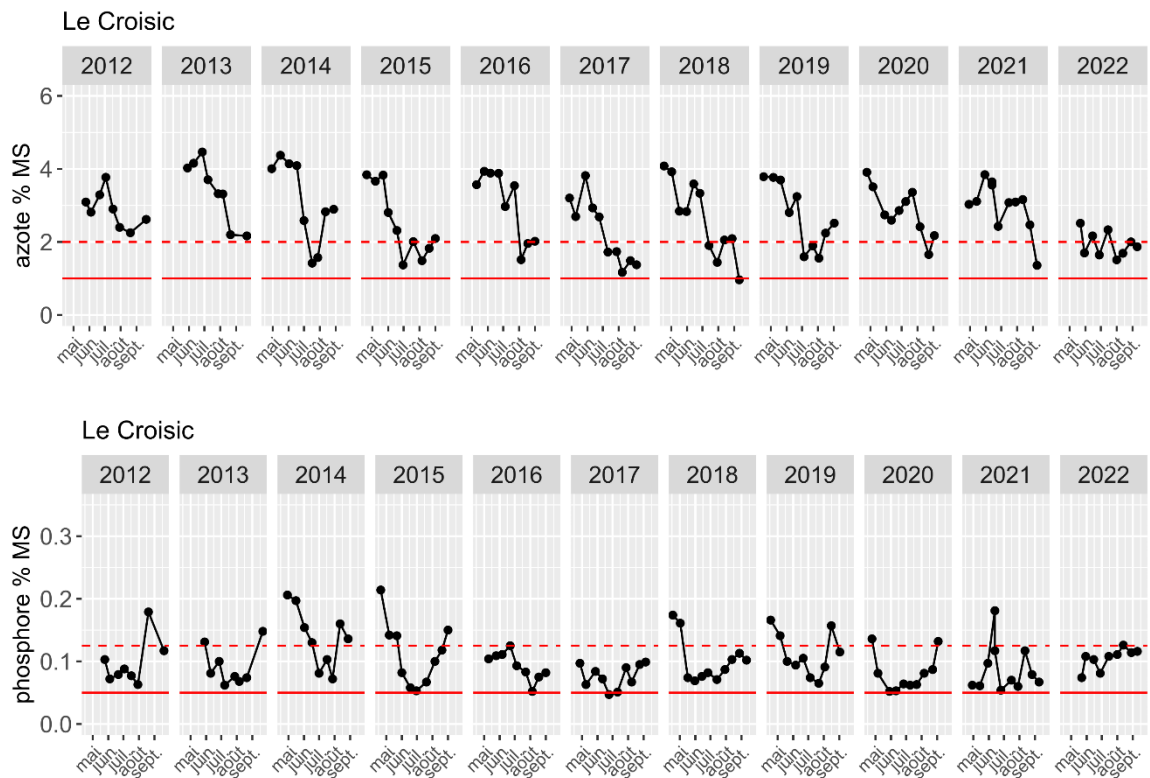


Figure 13 : Evolution interannuelle (2012-2022) des contenus tissulaires des ulves en azote et phosphore sur le site « Le Croisic » (Baie de Saint-Goustan). La ligne rouge en trait pointillé indique le quota critique. La ligne rouge en trait plein indique le quota de subsistance.



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.

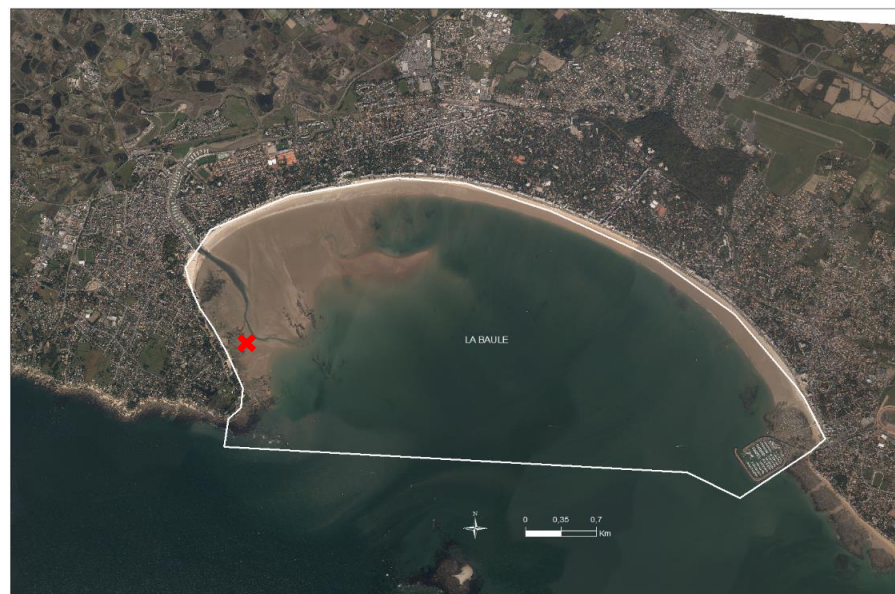


Figure 14 : Localisation du point de prélèvement des algues (symbolisée par une croix rouge) pour l'analyse des contenus tissulaires en azote et en phosphore. La « délimitation » (définie par le CEVA) du site étudié (« La Baule ») est représentée par un polygone blanc.

En 2022, seules 6 dates sur 10 ont fait l'objet de prélèvements d'ulves pour l'analyse de leurs contenus tissulaires en azote et phosphore. Peu d'ulves en lame étaient présentes durant la période estivale sur le site de « La Baule », avec une dominance d'ulves filamenteuses (Annexe 2 – fiche vérité terrain du mois d'août).

En début de saison, les trois prélèvements réalisés (30/05, 15/06 et 28/06/2022) présentaient des quotas en phosphore légèrement inférieurs au quota critique (0,124 %, 0,119 % et 0,123 % respectivement). Cela diffère avec les quotas mesurés en début de saison pour les années 2012 et 2013 en particulier avec des valeurs relativement plus élevées (Figure 15). Lors de l'année précédente en 2021, des valeurs nettement supérieures au quota critique avaient été



observées également en début de saison. Le dernier prélèvement de l'année 2022 (29/08/2022) montrait une augmentation du quota phosphoré (0,168 % en MS) avec une valeur semblable à l'année précédente (0,178 % en MS le 26/08/2021).

L'analyse pluriannuelle met également en évidence la particularité du profil des quotas azotés pour l'année 2022 (Figure 15). Excepté lors du premier prélèvement, l'ensemble des quotas mesurés étaient compris entre la valeur critique et celle de subsistance ($1,58 \pm 0,36$ % en MS). L'année précédente 2021, par exemple, l'ensemble des prélèvements montraient des quotas azotés supérieurs au quota critique avec une moyenne de $3,44 \pm 0,77$ % en MS.

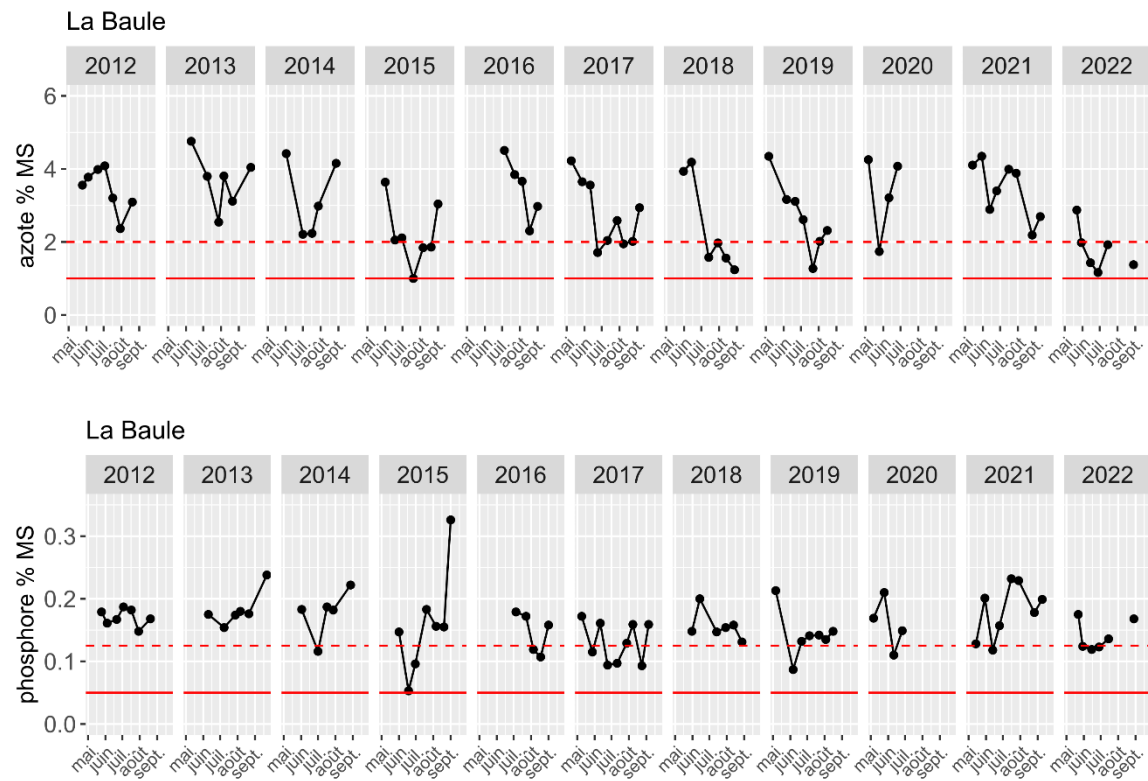


Figure 15 : Evolution interannuelle (2012-2022) des contenus tissulaires des ulves en azote et phosphore sur le site de « La Baule » (Anse du Toulain). La ligne rouge en trait pointillé indique le quota critique. La ligne rouge en trait plein indique le quota de subsistance.

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 2022 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 29/06 au 14/08/2022) avec des quotas relativement proches des quotas de subsistance (1,14 % en azote et 0,067 % en phosphore lors du prélèvement du 16/07/2022). Alors qu'en début de saison, les quotas azotés étaient nettement supérieurs au quota critique, la croissance des ulves tendait à être limitée en phosphore (3,19 % en azote et 0,126 M en phosphore le 22/05/2022). Lors des deux derniers prélèvements (29/08 et 10/09/2022), une légère augmentation était observée à la fois pour le quota azoté et phosphoré (Figure 17). D'après l'analyse pluriannuelle, l'année 2022 est la première année durant laquelle une co-limitation en azote et phosphore aussi marquée et précoce est observée. En 2019 ce phénomène avait été mis en évidence durant les mois de juillet et août, mais à un niveau bien moindre (Figure 17).

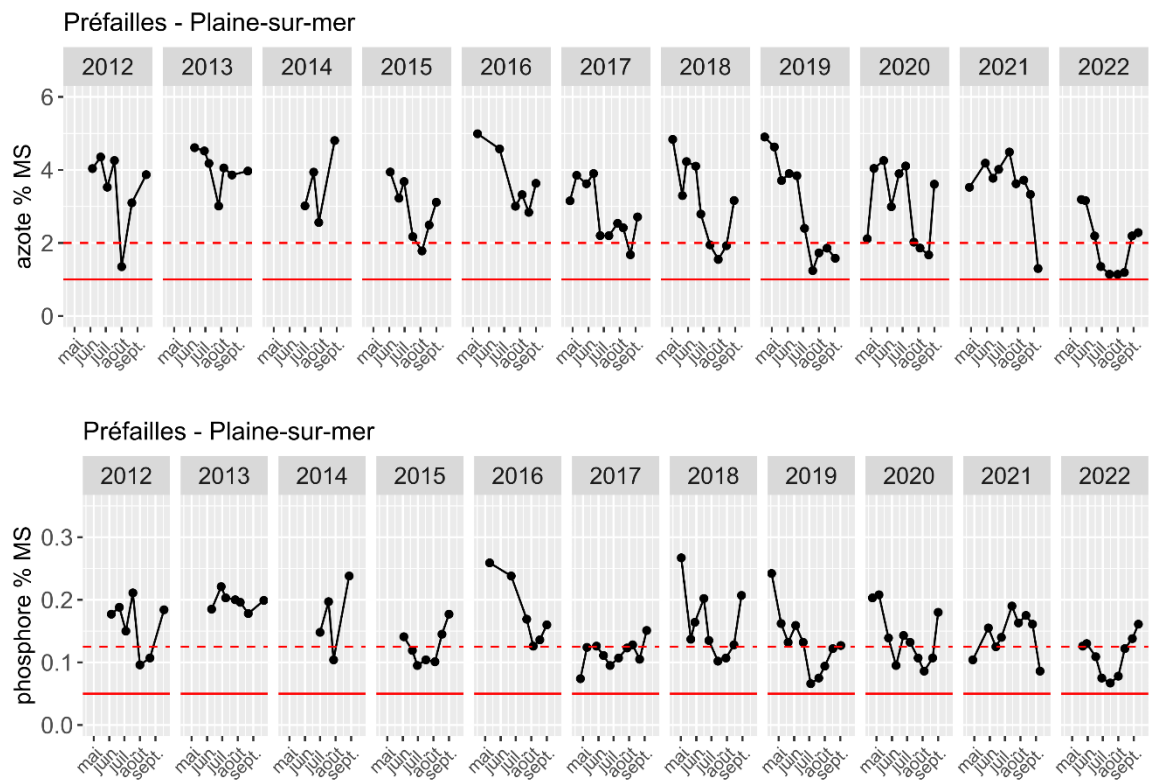


Figure 17 : Evolution interannuelle (2012-2022) des contenus tissulaires des ulves en azote et phosphore sur le site de « Préfailles – La Plaine-sur-Mer » (Plage de la Tara). La ligne rouge en trait pointillé indique le quota critique. La ligne rouge en trait plein indique le quota de subsistance.



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 présenté Figure 19 et Figure 20.

Pour le site de « **Noirmoutier-Vieil** », le début de saison 2022 présentait des quotas azotés relativement faibles en comparaison avec les années antérieures, et proches du quota critique (2,20 % en MS le 04/05 et 22/05/2022). Une chute des quotas azotés était ensuite observée pour atteindre une valeur minimale, en dessous du quota de subsistance, fin juin 2022 (0,88 % en MS le 29/06/2022). Les quotas étaient restés proches du quota de subsistance jusqu'au dernier prélèvement le 11/09/2022. 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 2022, le profil était semblable à celui de l'année précédente 2021 avec des valeurs comprises entre le quota critique et de subsistance sur l'ensemble des prélèvements ($0,076 \pm 0,015$ % en MS pour la saison 2022).



Pour le site de « **Noirmoutier-Epine** », le premier prélèvement a eu lieu 21/05/2022 du fait de l'absence d'ulves en début de saison, avec un quota en azote relativement faible en comparaison, par exemple, avec l'année précédente 2021. A cette date, le quota était inférieur au quota critique (1,95 % en MS). Comme pour le site voisin « Noirmoutier-Vieil », les quotas azotés ont atteint une valeur minimale fin juin (0,86 % en MS le 29/06/2022) et varié entre le quota critique et de subsistance sur l'ensemble de la saison (Figure 19). Concernant les quotas phosphorés, les valeurs étaient inférieures au quota critique sur l'ensemble de la saison, comme observé globalement lors des années antérieures (Figure 19). De mai à juillet, les quotas étaient proches du quota de subsistance (de 0,054 à 0,075 % du 21/05 au 29/06/2022).

Comme pour le site précédent, aucun prélèvement n'a pu être effectué en tout début de saison pour le site de « **Noirmoutier-Guérinière** », du fait de l'absence d'ulves. Le premier prélèvement a donc été réalisé le 31/05/2022, avec un quota azoté proche du quota critique (2,05 % en MS). La diminution du quota azoté durant la période estivale 2022 a conduit à des valeurs inférieures au quota de subsistance de mi-juillet à début septembre ($0,85 \pm 0,05$ % du 17/07 au 30/08/2022) (Figure 20). Concernant le phosphore, le quota mesuré fin mai présentait une valeur proche du quota de subsistance (0,064 % en MS le 31/05/2022), comme ce qui avait pu être observé précédemment en 2012 et 2019 (Figure 20). Une augmentation des quotas phosphorés a eu lieu pendant la saison 2022 pour atteindre exceptionnellement une valeur supérieure au quota critique (0,142 % en MS) lors du dernier prélèvement en septembre (11/09/2022).

Pour le site de « **Noirmoutier-la Fosse** », les quotas azotés mesurés en début de saison étaient relativement faibles en comparaison avec les profils observés lors des années antérieures (Figure 20). Lors des prélèvements du 04/05, 21/05 et 31/05/2022, les quotas étaient respectivement à 2,28 %, 2,05 % et 2,36 % en MS. L'année 2022 se caractérise par une limitation de la croissance des ulves en azote bien marquée ensuite, de mi-juin à fin août, avec des valeurs comprises entre 1,10 et 1,51 % du 17/06 au 30/08/2022. Lors du dernier prélèvement (11/09/2022), le quota azoté avait augmenté pour atteindre une valeur supérieure au quota critique (2,29 % en MS). Concernant les quotas phosphorés, le profil observé en 2022 était semblable à celui de l'année précédente 2021, avec des valeurs relativement stables durant la saison, comprises entre le quota critique et de subsistance ($0,084 \pm 0,015$ % en MS pour l'ensemble de la saison 2022).

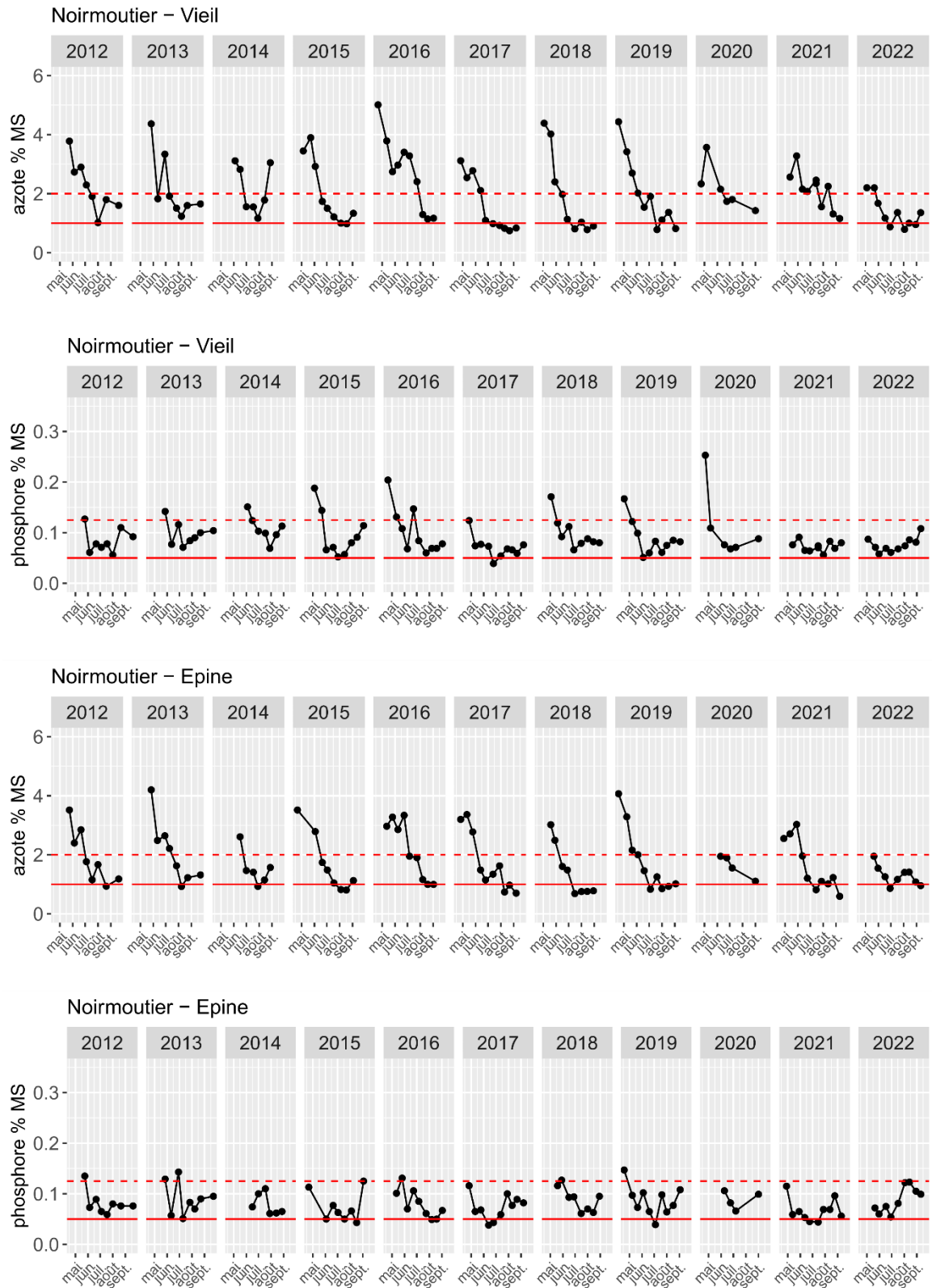


Figure 19 : Evolution interannuelle (2012-2022) des contenus tissulaires des ulves en azote et phosphore sur les sites de « Noirmoutier-Vieil » et « Noirmoutier-Epine ». La ligne rouge en trait pointillé indique le quota critique. La ligne rouge en trait plein indique le quota de subsistance.

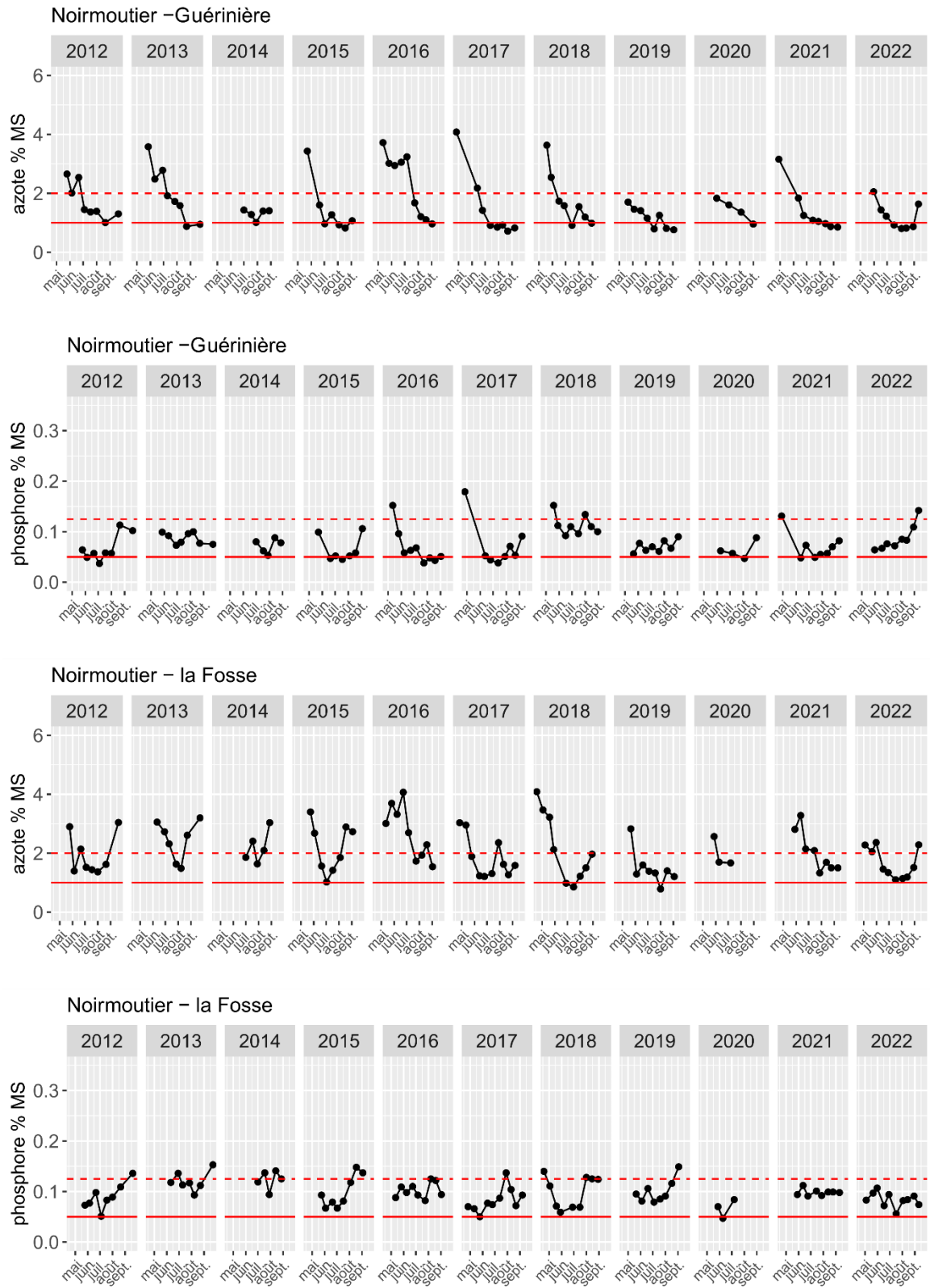


Figure 20 : Evolution interannuelle (2012-2022) des contenus tissulaires des ulves en azote et phosphore sur les sites de « Noirmoutier-Guérynière » et « Noirmoutier-La Fosse ». La ligne rouge en trait pointillé indique le quota critique. La ligne rouge en trait plein indique le quota de subsistance.



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 et 2018, peu de prélèvements d'ulves ont pu être réalisés sur le site de « **La Tranche-sur-Mer** » en 2022, du fait de l'absence récurrente d'ulves, particulièrement pour les mois de mai, juin et juillet. Le site n'a d'ailleurs fait l'objet de classement pour les ulves à aucun des inventaires de 2022. Seuls trois prélèvements ont été effectués : le 02/08, 30/08 et 19/09/2022 avec principalement des algues issues d'arrachage. 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 2022.

Pour les sites de « **Ré-la Flotte** » et « **Ré-Saint-Martin-en-Ré** », le profil des quotas azotés pour l'année 2022 était similaire, avec des valeurs en début de saison (19/05/2022) proches du quota critique (2,21 et 2,17 % respectivement), comme ce qui avait déjà pu être observé lors de l'année précédente en 2021. D'après l'analyse pluriannuelle, la limitation en azote pour la croissance des ulves prélevées à ces deux sites est plus précoce (Figure 22 et Figure 23). Une chute des quotas azotés est ensuite observée pour atteindre des valeurs proches du quota de subsistance au cours de la saison 2022. Du 30/06 au 12/09/2022 (dernier prélèvement), les quotas azotés étaient à $1,19 \pm 0,13$ % en MS au site de « Ré-la Flotte » et $0,96 \pm 0,15$ % en MS au site « Ré-Saint-Martin-en-Ré ». Concernant le phosphore, comme ce qui avait été observé lors de l'année précédente 2021, le profil des quotas 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 des quotas au cours de la saison (Figure 22 et Figure 23). Lors du dernier prélèvement mi-septembre, les quotas phosphorés étaient supérieurs au quota critique avec 0,148 % en MS au site « Ré-la Flotte » et 0,131% en MS au site « Ré-



Saint-Martin-en-Ré ». 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 2022 mais avec un profil différent des deux précédents sites (Figure 23). La valeur minimale en quota phosphoré était mesurée début juin (01/06/2022), en dessous du quota de subsistance (0,048 % en MS). Comme énoncé précédemment, un relargage sédimentaire au cours de l'été peut alimenter le milieu en phosphore, et ainsi expliquer l'augmentation du quota phosphoré observée à partir de la mi-juillet/début août pour le site de « Ré-Portes-en-Ré ». Concernant l'azote, le premier prélèvement réalisé début mai, en 2022, présentait l'unique valeur de quota supérieure au quota critique (3,20 % en MS le 03/05/2022). Une chute du quota azoté était ensuite observée dès le second prélèvement (20/05/2022), amorçant une limitation en azote pour la croissance des ulves durant toute la saison, particulièrement précoce et prononcée en comparaison des années antérieures (Figure 23).

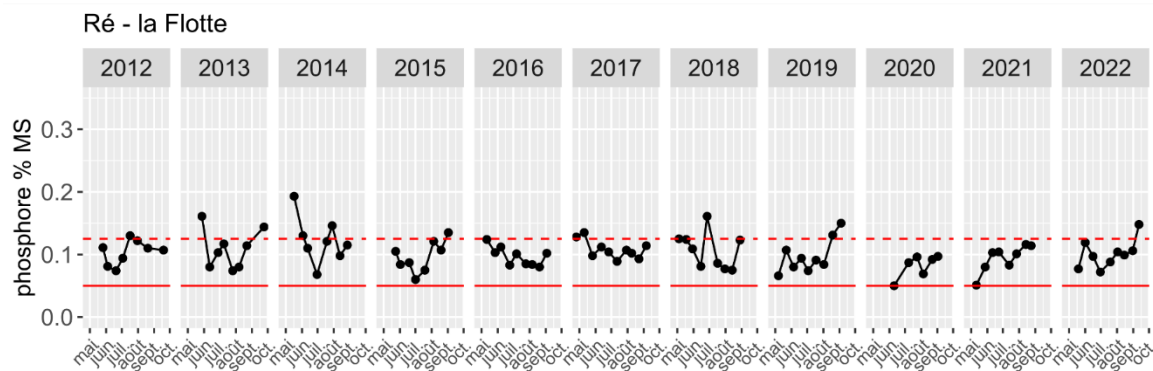
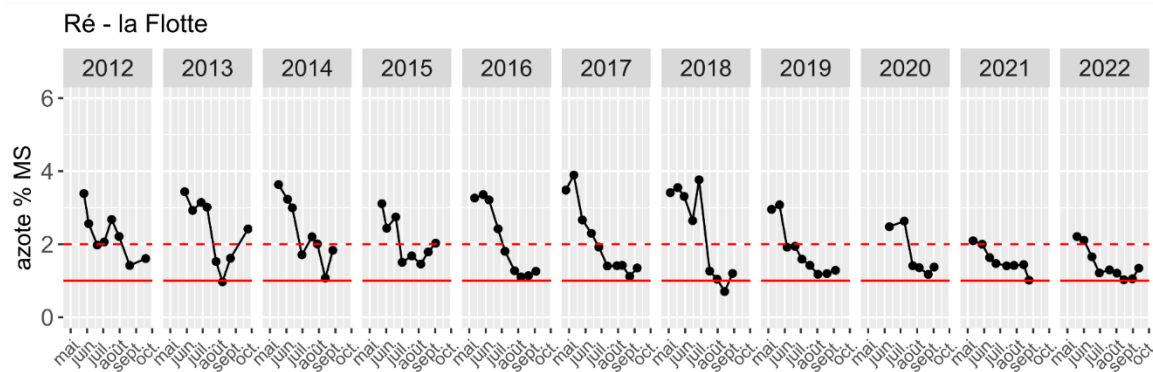
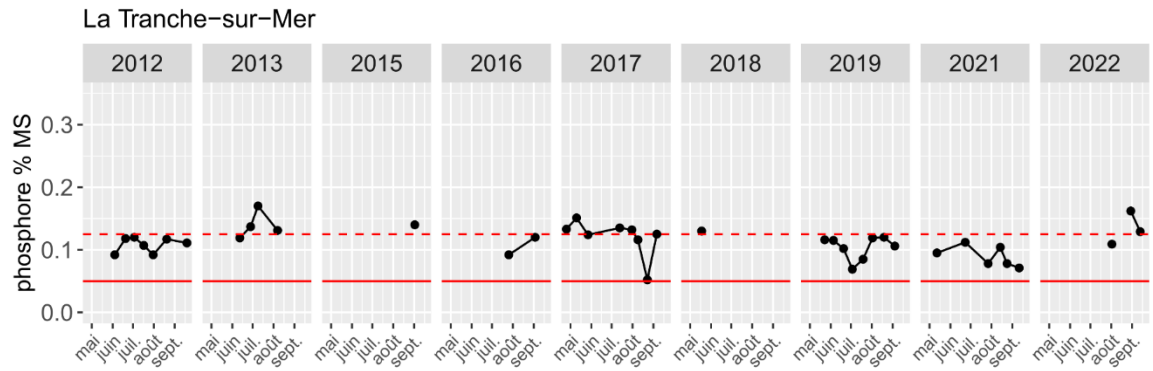
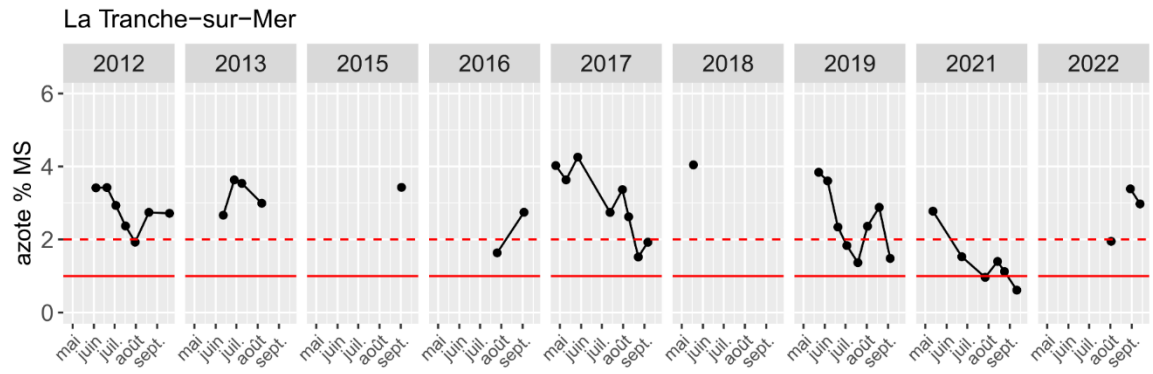


Figure 22 : Evolution interannuelle (2012-2022) des contenus tissulaires des ulves en azote et phosphore sur les sites de « La Tranche-sur-Mer » (Anse du Maupas – La Grande Plage) et « Ré la Flotte en Ré » (Plage de la Clavette). La ligne rouge en trait pointillé indique le quota critique. La ligne rouge en trait plein indique le quota de subsistance.

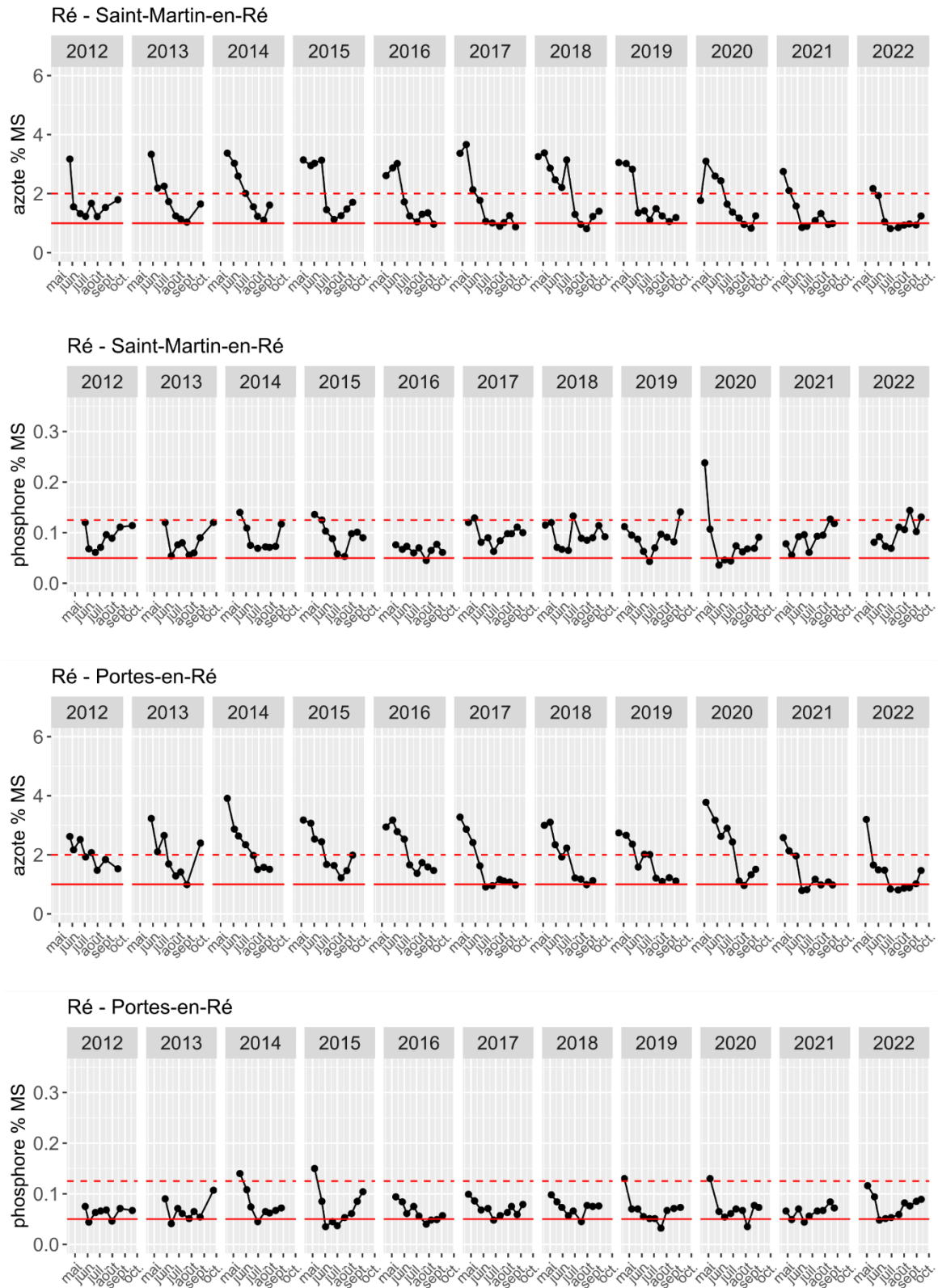


Figure 23 : Evolution interannuelle (2012-2022) des contenus tissulaires des ulves en azote et phosphore sur les sites de « Ré-Saint Martin en Ré » (rempart du Vert Clos), et « Ré-Portes en Ré » (Plage du Gros Jonc). La ligne rouge en trait pointillé indique le quota critique. La ligne rouge en trait 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 2022, 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 azote inorganique** (nitrate + ammonium) 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 et ammonium 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 azote, les concentrations journalières en nitrates et ammonium sont déterminées par interpolation linéaire à partir des mesures disponibles. A ce jour, les données disponibles des concentrations en nitrate et ammonium sont partiellement voire totalement manquantes pour l'année 2022 :
 - La Loire : données disponibles jusqu'au 20/07/2022
 - La Sèvre Niortaise : données disponibles jusqu'au 13/06/2022
 - La Vilaine : données disponibles jusqu'au 01/06/2022
 - La Charente : données disponibles jusqu'au 13/12/2021
 - La Dordogne : données disponibles jusqu'au 15/12/2021
 - La Garonne : données disponibles jusqu'au 14/12/2021

Les flux en azote de l'année 2022 ont été calculés uniquement pour La Loire, La Sèvre Niortaise et la Vilaine afin de les comparer avec ceux des années précédentes et apporter des éléments de compréhension des proliférations d'algues vertes en 2022 par rapport aux années antérieures.

- **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://oceansci.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 2022.

- **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 2021/2022 avec celui observé, en moyenne, lors des saisons précédentes.

D'une manière générale, les débits mesurés pendant la période de mai à juillet de l'année 2022 étaient inférieurs à la moyenne des années antérieures (2002-2021) pour l'ensemble des six fleuves, avec une diminution atteignant $-49 \pm 9 \%$, $-48 \pm 13 \%$, $-49 \pm 12 \%$, $-57 \pm 16 \%$, $-52 \pm 12 \%$ et $-45 \pm 5 \%$ respectivement pour La Charente, La Dordogne, La Garonne, La Loire, La Sèvre Niortaise et La Vilaine.

Les flux azotés journaliers pour La Loire, La Sèvre Niortaise et La Vilaine ont été calculés à partir des concentrations en nitrate et ammonium mesurées et interpolées depuis janvier 2002 (Figure 26). En moyenne les concentrations en nitrate depuis janvier 2002 étaient autour de 12,5 mg NO₃/L, 35,6 mg NO₃/L et 20,1 mg NO₃/L pour La Loire, La Sèvre Niortaise et La Vilaine respectivement. Concernant l'ammonium, les concentrations moyennes depuis janvier 2002 étaient de 0,05 mg NH₄/L, 0,26 mg NH₄/L et 0,10 mg NH₄/L pour La Loire, La Sèvre Niortaise et La Vilaine respectivement, avec des valeurs qui tendent à diminuer sur la dernière décennie. La Figure 27 permet de comparer le profil des flux azotés pendant la période d'octobre (année n-1) à septembre (année n) pour les saisons 2020/2021 et 2021/2022 avec celui observé, en moyenne, lors des saisons précédentes.

Lors de la période hivernale (décembre à février), la saison 2021/2022 est marquée par des flux inférieurs à la moyenne 2002-2021 pour la Loire, la Sèvre Niortaise et la Vilaine ($-47 \pm 15 \%$ en moyenne sur les trois fleuves), alors qu'ils étaient supérieurs à la moyenne lors de la saison précédente 2020/2021 (Figure 27). Cette anomalie négative des flux pour la saison 2021/2022 s'est poursuivie sur la période de mars à juin, que ce soit que ce soit pour La Loire ($-70 \pm 10 \%$ en moyenne), La Sèvre Niortaise ($-54 \pm 23 \%$ en moyenne) et La Vilaine ($-61 \pm 23 \%$ en moyenne).

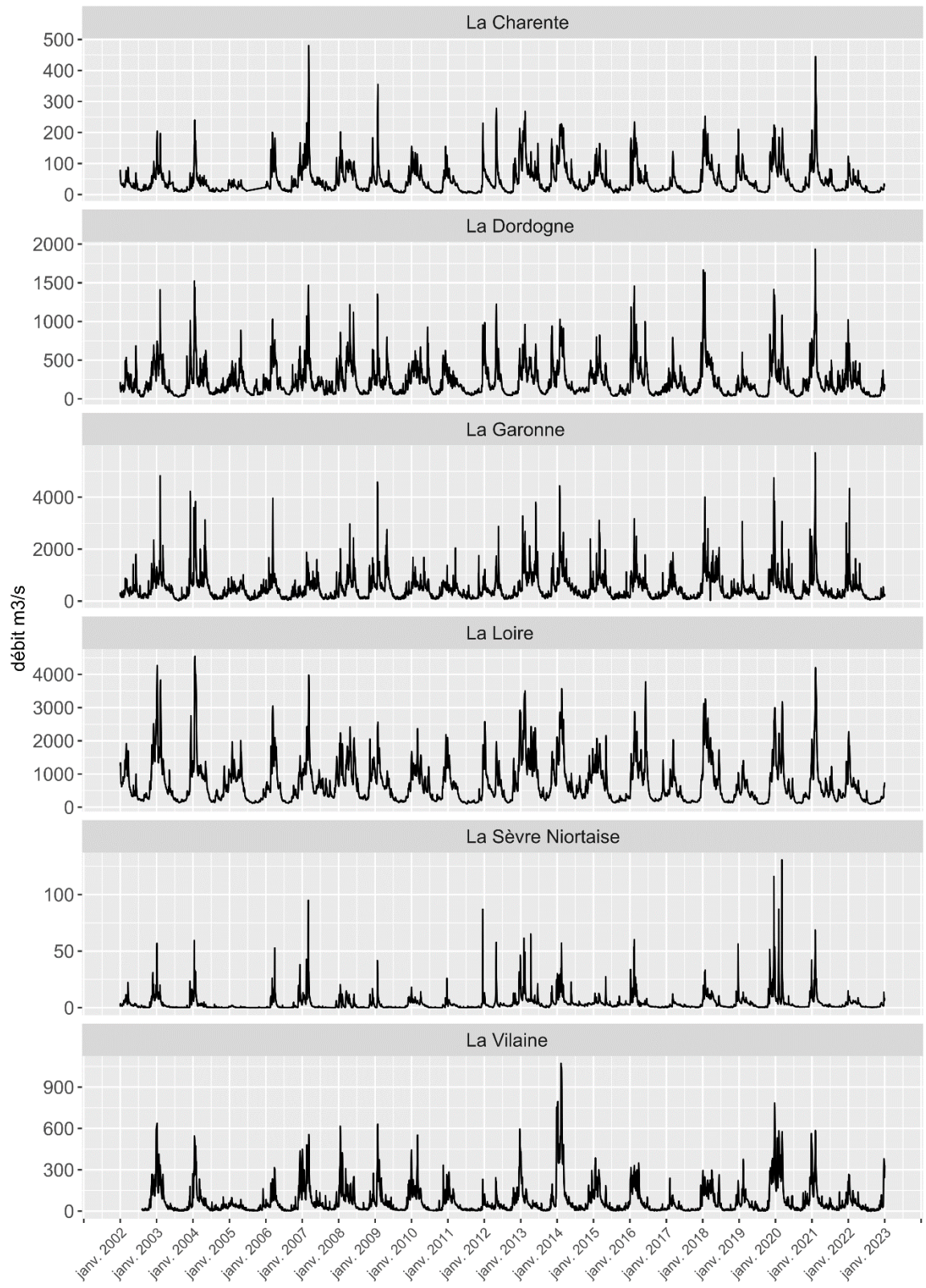


Figure 24 : Evolution temporelle des débits de La Charente, La Dordogne, La Garonne, La Loire, La Sèvre Niortaise et La Vilaine de janvier 2002 à janvier 2023.

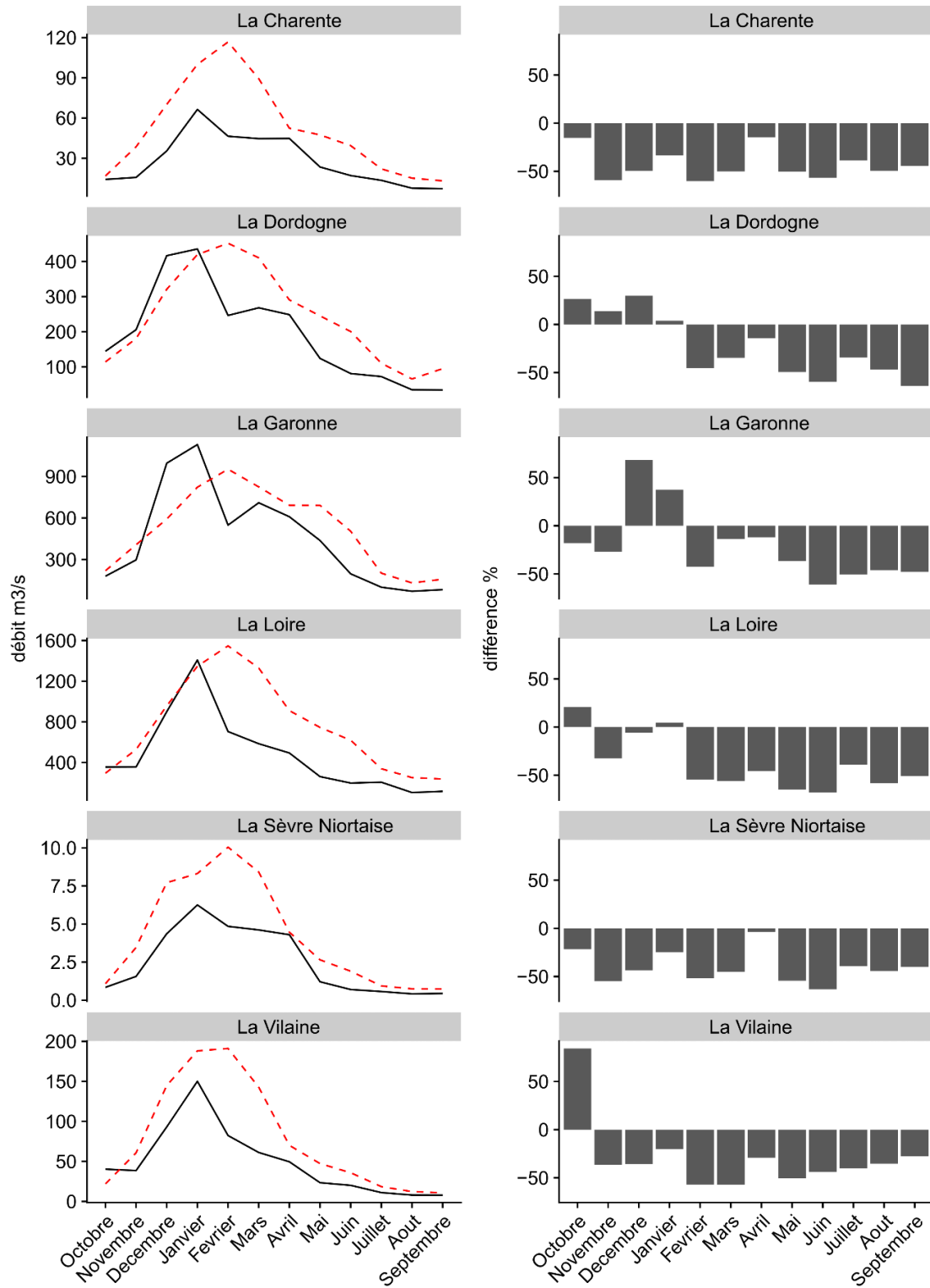


Figure 25 : Comparaison des débits pour la saison 2021/2022 (d'octobre année n-1 à septembre année n) avec la moyenne des débits collectés pour les saisons précédentes (2002/2003 à 2020/2021). A gauche : la ligne noire trait plein représente les débits pour la saison 2021/2022 ; la ligne rouge en pointillée représente la moyenne des débits antérieurs. A droite : Différence de débit (en %) entre la saison 2021/2022 et la moyenne (2002/2003-2020/2021).

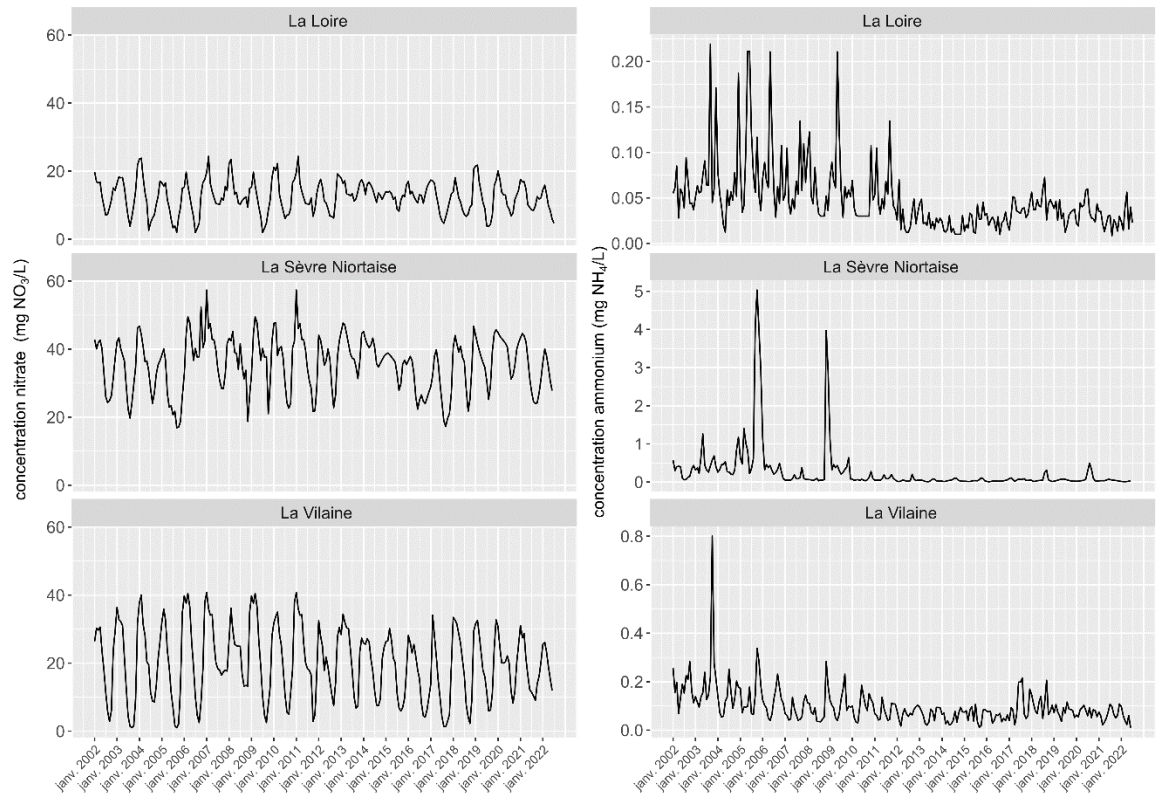


Figure 26 : Evolution temporelle des concentrations en nitrate (à gauche) et ammonium (à droite) de La Loire, La Sèvre Niortaise et La Vilaine à partir de janvier 2002.

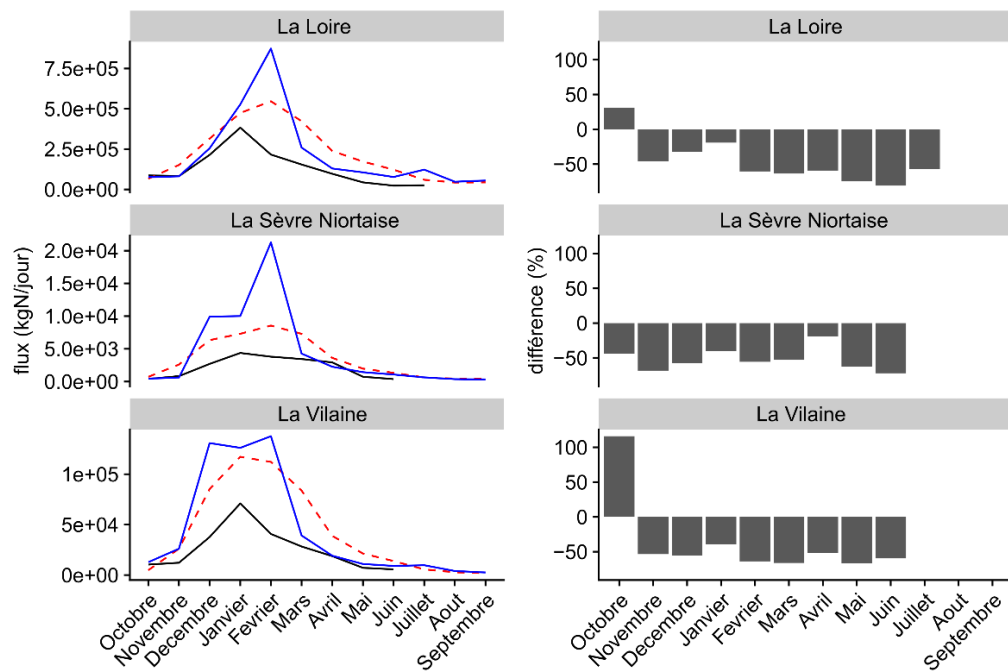


Figure 27 : A Gauche : Comparaison des flux azotés pour les saisons 2021/2022 (ligne noire trait plein) et 2020/2021 (ligne bleue trait plein) (d'octobre année n-1 à septembre année n) avec la moyenne des flux collectés pour les saisons précédentes (ligne rouge en pointillée). A droite : Différence de flux (en %) entre la saison 2021/2022 et la moyenne (2002/2003-2020/2021).



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 à la Figure 28. Les températures ont été collectées pour les mois de mars, avril et mai de 2003 à 2022 (Figure 29). 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.

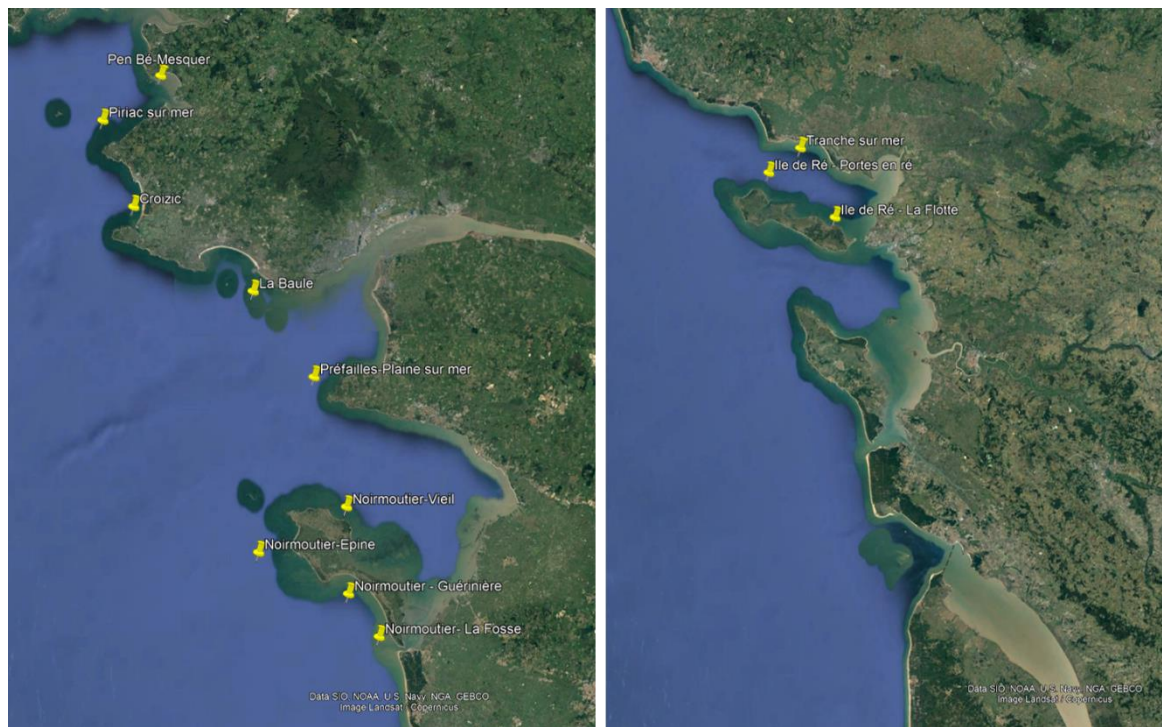


Figure 28 : Localisation des données SST à partir du satellite AQUA-MODIS.

La Figure 30 permet de mettre en évidence une anomalie positive de la température de surface de l'eau de mer en fin d'hiver/début de printemps (mois de mars, avril et mai) sur la façade Atlantique, du nord de l'estuaire de la Loire jusqu'à l'Ile de Ré pour l'année 2022 en comparaison avec les températures moyennes des années antérieures depuis 2003. En moyenne, les températures des mois de mars, avril et mai 2022 plus élevées que celles moyennées entre 2003 et 2021, respectivement de $0,8 \pm 0,3$ °C, $1,5 \pm 0,5$ °C et $0,6 \pm 0,6$ °C.

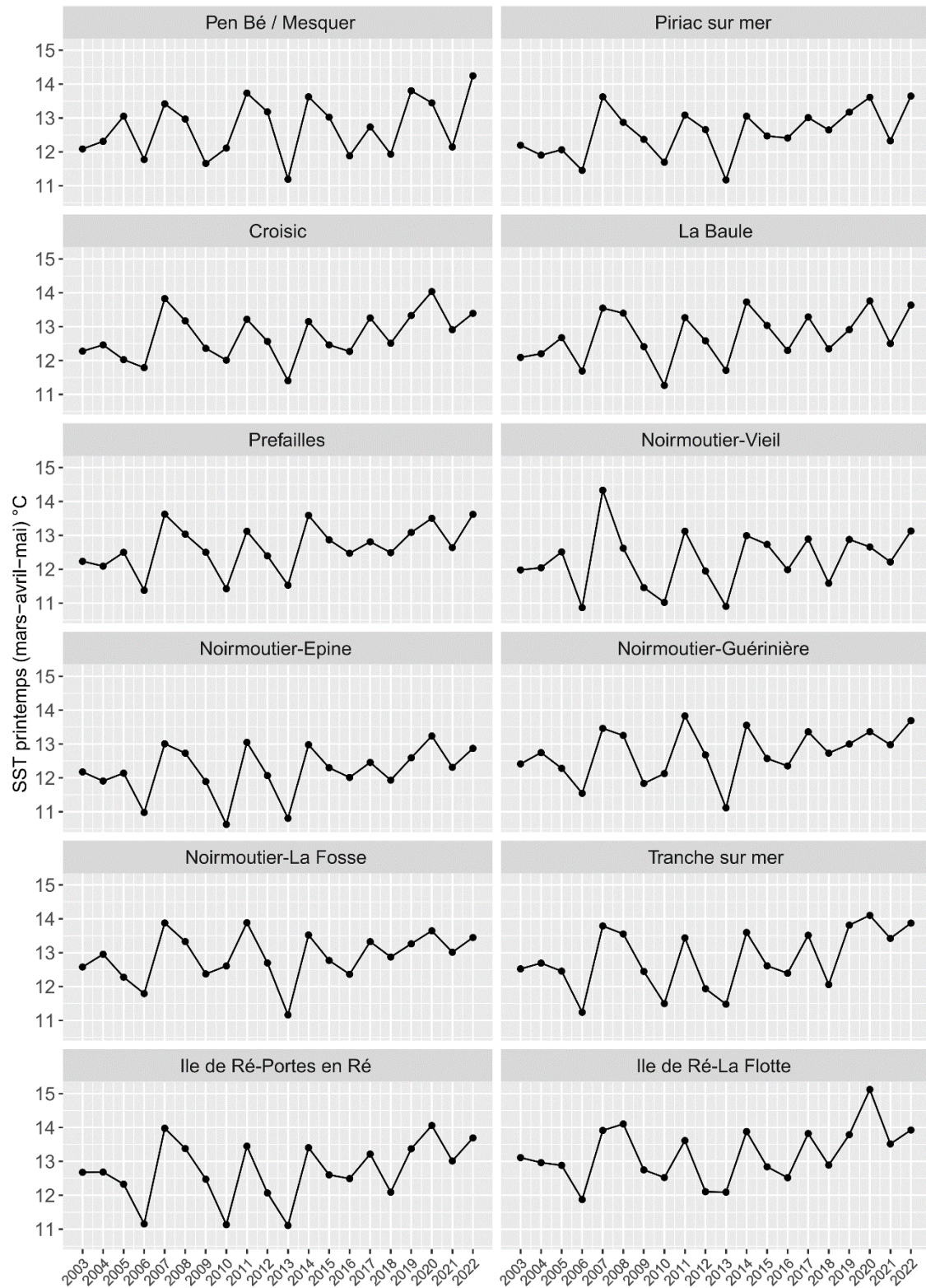


Figure 29 : Evolution des températures moyennes sur la période de mars à mai de surface de l'eau de mer (SST ; °C) de 2003 à 2022.

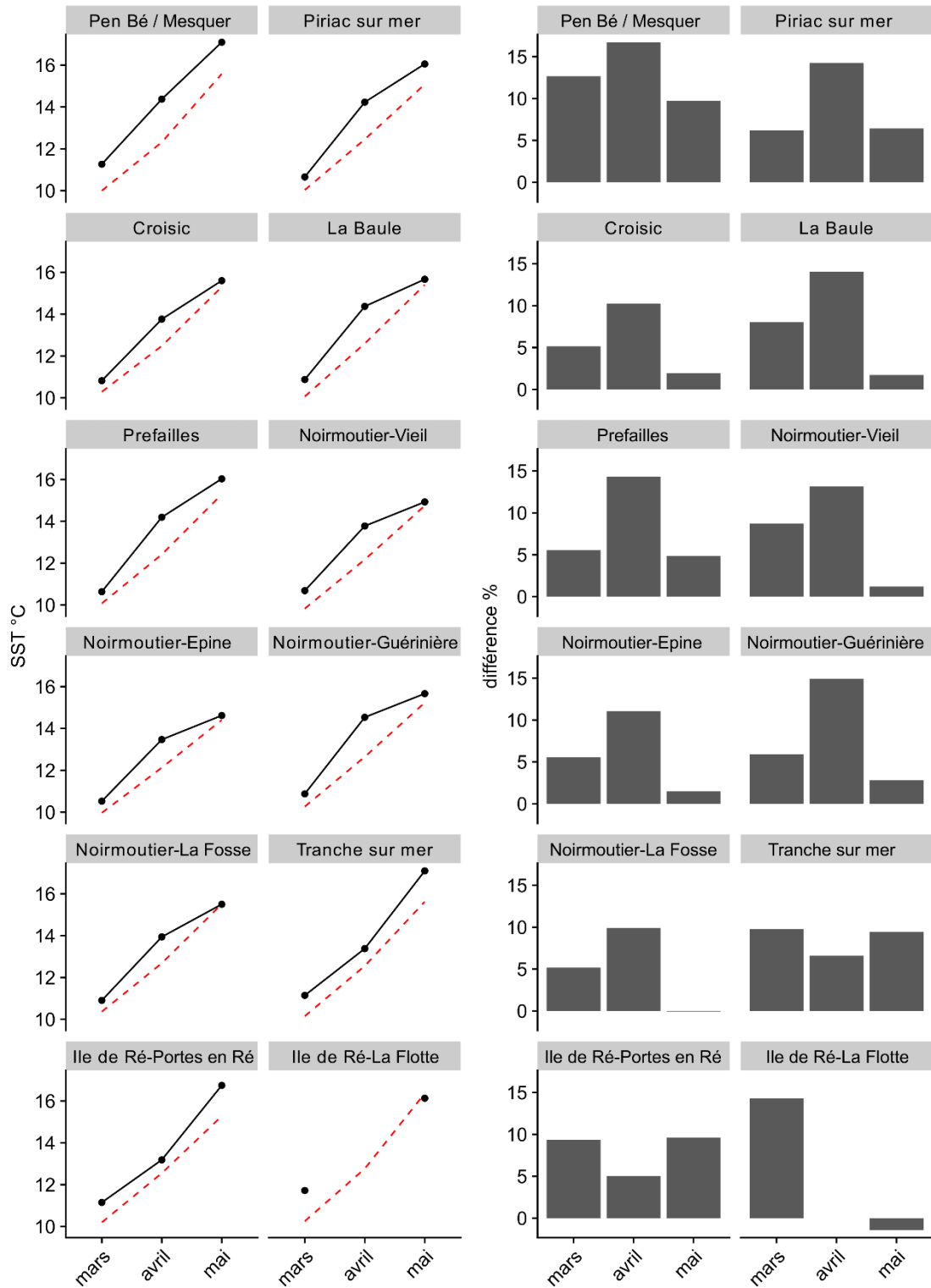


Figure 30 : Comparaison des températures de surface de l'eau de mer (SST ; °C) pour les mois de mars, avril et mai entre l'année 2022 et les années antérieures (de 2003 à 2021). A gauche : la ligne noire trait plein représente les températures pour l'année 2022 ; la ligne rouge en pointillée représente la moyenne des températures des années antérieures. A droite : Différence de température (en %) entre l'année 2022 et la moyenne (2003-2021).



3.3.3. Hauteur de la houle significative (Hs)

L'ensemble des données Hs associées aux sites d'échouages d'algues vertes correspondent aux stations localisées à la Figure 31. L'ensemble des données disponibles correspondent à la période de janvier 2012 à janvier 2023 (Figure 32).

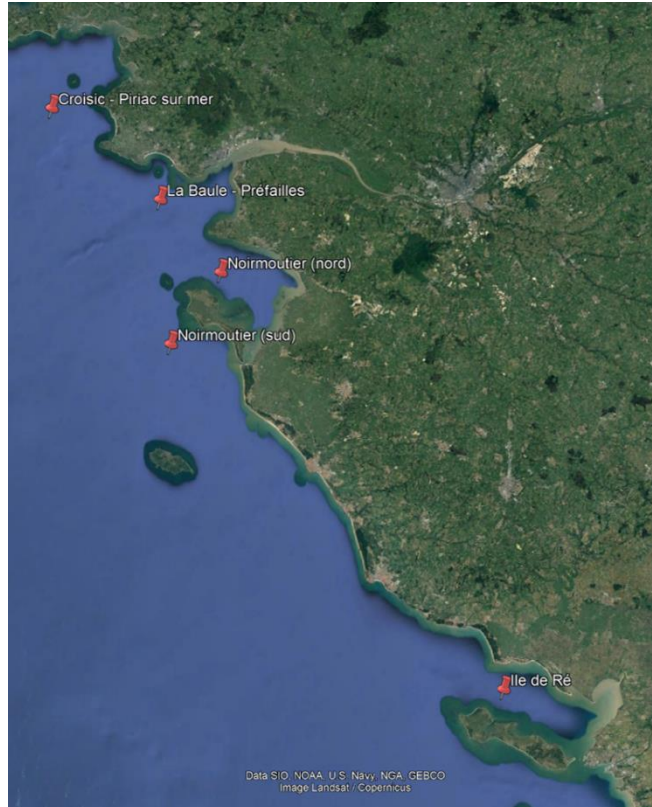


Figure 31 : Localisation des données Hs à partir du modèle MARC-WW3.

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 2021/2022 avec celle moyennée sur les saisons précédentes.

D'une manière générale, la période hivernale 2021-2022 était significativement moins tempétueuse que les années précédentes. La valeur moyenne Hs pour la période de novembre à mars pour « Le Croisic-Piriac sur mer » était de $1,0 \pm 0,3$ m (soit -20 ± 17 % inférieur à la moyenne 2013-2021), pour « Ile de Ré » de $0,6 \pm 0,1$ m (soit -23 ± 12 % inférieur à la moyenne 2013-2021), pour « La Baule-Préfailles » de $1,1 \pm 0,3$ m (soit -18 ± 14 % inférieur à la moyenne 2013-2021), pour « Noirmoutier-Nord » de $0,6 \pm 0,1$ m (soit -10 ± 13 % inférieur à la moyenne 2013-2021) et pour « Noirmoutier-Sud » de $1,6 \pm 0,3$ m (soit -20 ± 13 % inférieur à la moyenne 2013-2021).

Alors que la période printanière-estivale (d'avril à août) présentait un état de la mer relativement calme, l'année 2022 présentait un mois de septembre plus « dispersif » pour l'ensemble des 5 sites dont les données ont été collectées (Figure 33). Pour la période d'avril à août, et en comparaison aux années antérieures, la valeur moyenne Hs en 2022 était inférieure de -10 ± 18 % pour « Le Croisic-Piriac sur mer », -11 ± 9 % pour « Ile de Ré », -12 ± 14 % pour « La Baule-Préfailles », -5 ± 8 % pour « Noirmoutier-Nord », et -13 ± 11 % pour « Noirmoutier-Sud ». Pour le mois de septembre, la valeur mensuelle Hs en 2022 était supérieure de 25 %, 5 %, 19 %, 16 % et 6 % à la moyenne 2013-2021 pour respectivement « Le Croisic-Piriac sur mer », « Ile de Ré », « La Baule-Préfailles », « Noirmoutier-Nord » et « Noirmoutier-Sud ».

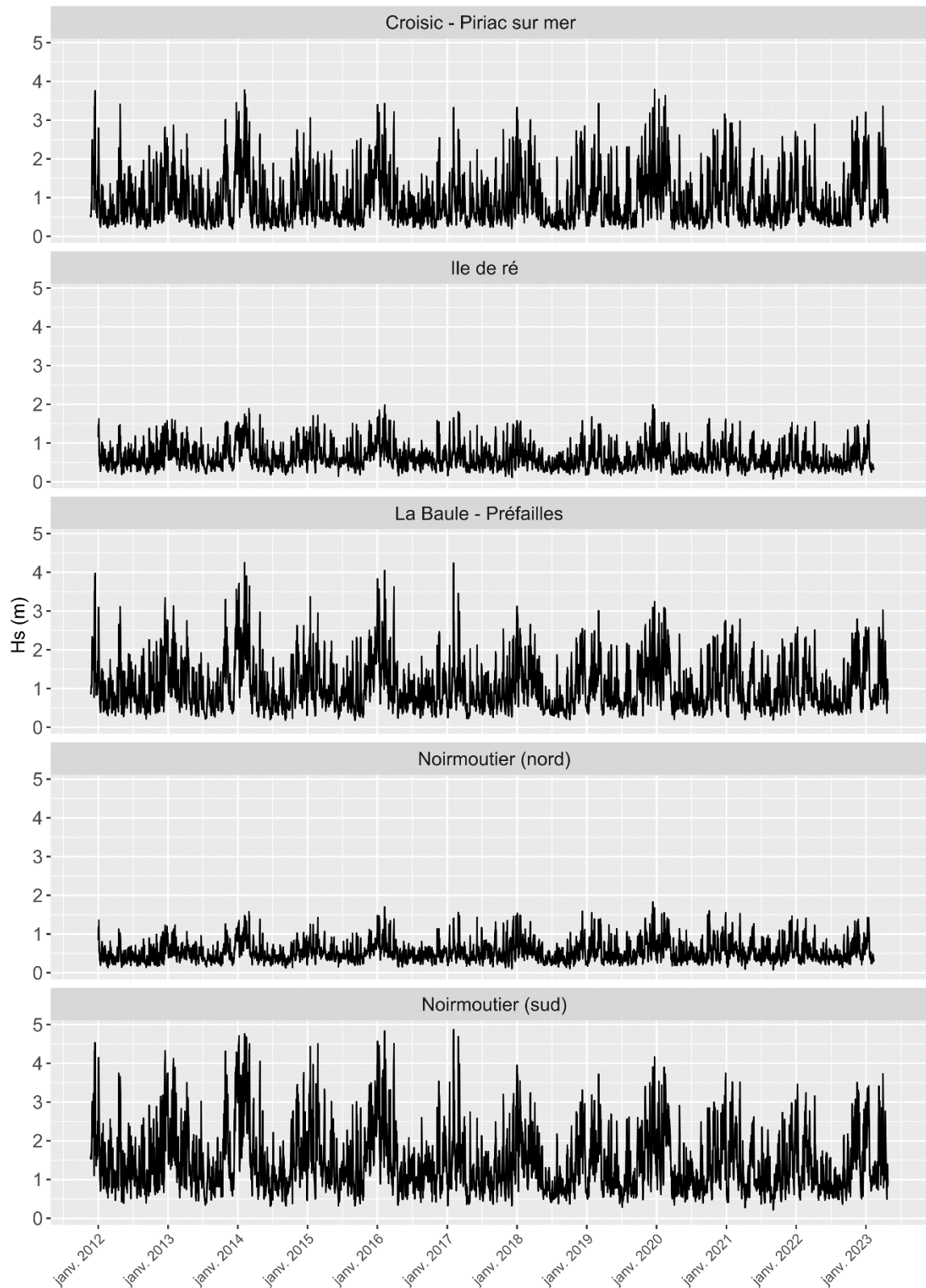


Figure 32 : Evolution de la houle significative (Hs; m) de janvier 2012 à janvier 2023 à partir du modèle MARC-WW3.

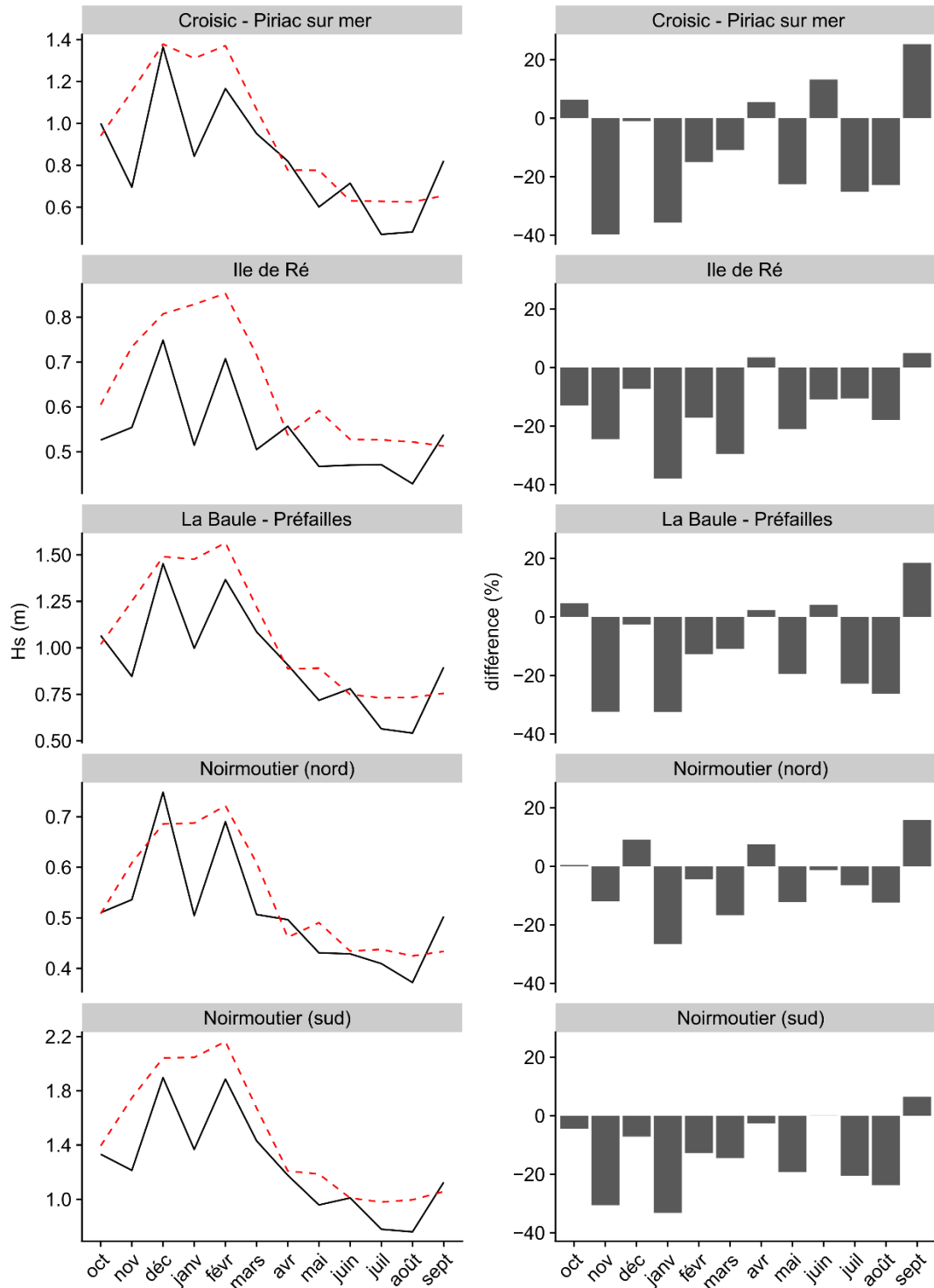


Figure 33 : Comparaison de la houle significative (Hs : m) pour la saison 2021/2022 (d'octobre année n-1 à septembre année n) avec celle moyennée pour les saisons précédentes (2012/2013 à 2020/2021). A gauche : la ligne noire trait plein représente la moyenne mensuelle Hs pour la saison 2021/2022 ; la ligne rouge en pointillée représente la moyenne mensuelle Hs pour les saisons précédentes. A droite : Différence (en %) entre la saison 2021/2022 et la moyenne (2012/2013-2020/2021).



4. Interprétations

L'année 2022 se caractérise par des débits et des flux azotés de La Loire et de La Vilaine très faibles en comparaison avec les années précédentes (Figure 25 ; Figure 27). Les flux azotés de mars à juin 2022 pour La Loire et La Vilaine étaient respectivement 69,6 % et 61,0 % inférieurs à la moyenne 2003-2021. Ce bas niveau d'apport nutritif en 2022 se reflète sur les surfaces d'échouage et contenus tissulaires des ulves mesurés pour les sites « Pen-Bé », « Mesquer », « Piriac-sur-mer », « Croisic », « La Baule » et « Préfailles-Plaine-sur-mer ». Les teneurs internes en azote des ulves, montrent une limitation précoce et intense de la croissance des ulves en azote durant la période estivale en 2022 pour l'ensemble de ces sites. On relève même que, les sites de « Pen-Bé » et « La Baule » n'ont pas été classés comme site touché par les échouages d'ulves en 2022 et ce, pour la première fois depuis le début des suivis. Pour les sites « Mesquer » et « Croisic », l'année 2022 présentait les surfaces annuelles d'échouage les plus faibles mesurées depuis le début des suivis.

Les sites de Noirmoutier semblent également influencés par les apports provenant de La Loire à proximité. Les faibles apports nutritifs de La Loire se sont traduits par une limitation de la croissance des ulves en azote de manière précoce et constante durant la période estivale pour les 4 sites de Noirmoutier. Pour les sites « Noirmoutier-Epine », « Noirmoutier-Vieil » et « Noirmoutier-Guérinière », les échouages d'ulves significatifs concernaient uniquement l'inventaire du mois de mai. En revanche pour le site « Noirmoutier-La-Fosse », les 5 inventaires étaient marqués par des échouages d'ulves significatifs (particulièrement en mai et juin), avec une surface annuelle estimée étant la 4^{ème} valeur la plus importante depuis le début des suivis (2016 : 110,6 ha ; 2021 : 82,6 ha ; 2017 : 65,5 ha ; 2022 : 64,5 ha). On peut supposer que les échouages d'ulves de ce site étant en grande partie issus d'arrachage. Des conditions particulières (vent, courants...) pourraient alors expliquer l'accumulation de quantités importantes même en 2022. La forte croissance printanière observée en mai et juin ainsi que la baisse des apports fluviaux sur la période estivale, expliquent la chute des quotas internes observés pour ce site.

Pour les trois sites du RCO de l'île de Ré, l'année 2022 était marquée par une limitation de la croissance des ulves en azote relativement précoce et intense sur la période estivale. Cela peut être lié à des flux azotés relativement faibles aux trois exutoires de La Charente, La Gironde (Dordogne + Garonne) et La Sèvre Niortaise pour l'année 2022. A titre d'exemple, les flux d'azote de La Sèvre Niortaise de mars à juin 2022 étaient 52 % inférieurs à la moyenne 2003-2021. Les débits de la Gironde et de la Charente (a priori conditionnant largement les flux) étaient, en moyenne, de -38 % inférieurs aux normales sur les mois de mars à juillet. Globalement les surfaces annuelles d'échouage d'ulves en 2022 pour les trois sites de l'île de Ré étaient inférieures à la moyenne 2012-2021 (-49 %, -33 % et -11% respectivement pour les sites « Ré-Portes-en-Ré », « Ré-la Flotte », et « Ré-Saint-Martin-en-Ré »). La particularité de l'année 2022 a résidé principalement pour le site « Ré-Portes-en-Ré » avec des surfaces d'échouage d'ulves relativement faibles pour les inventaires de juillet et août et l'absence d'échouage significatif pour l'inventaire de septembre.



5. Conclusion

L'analyse des données a mis en évidence :

- ✓ Une année 2022 comme étant l'année avec la plus faible surface annuelle d'échouage d'ulves cumulée sur les sites du RCO (147,6 ha).
- ✓ Une année 2022 précoce avec plus d'un tiers des échouages observé lors de l'inventaire de mai.
- ✓ Trois 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 « La Baule » et ce pour la première fois depuis le début des suivis, et le site « Tranche sur mer ».
- ✓ L'influence de débits anormalement bas sur le printemps et l'été 2022 pour La Loire, La Vilaine, La Charente, La Gironde et La Sèvre Niortaise en 2022 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 en azote de manière plus précoce et intense durant la période estivale.
- ✓ La particularité de sites d'arrachage sur ce linéaire (donc croissance en partie sur platiers) peut expliquer la subsistance sur certains secteurs (par ex. « Noirmoutier la Fosse ») d'échouages relativement importants qui peuvent être expliqués par l'accumulation d'algues ayant fait leur croissance à distance du secteur d'échouage.

Cette onzième 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 2022 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

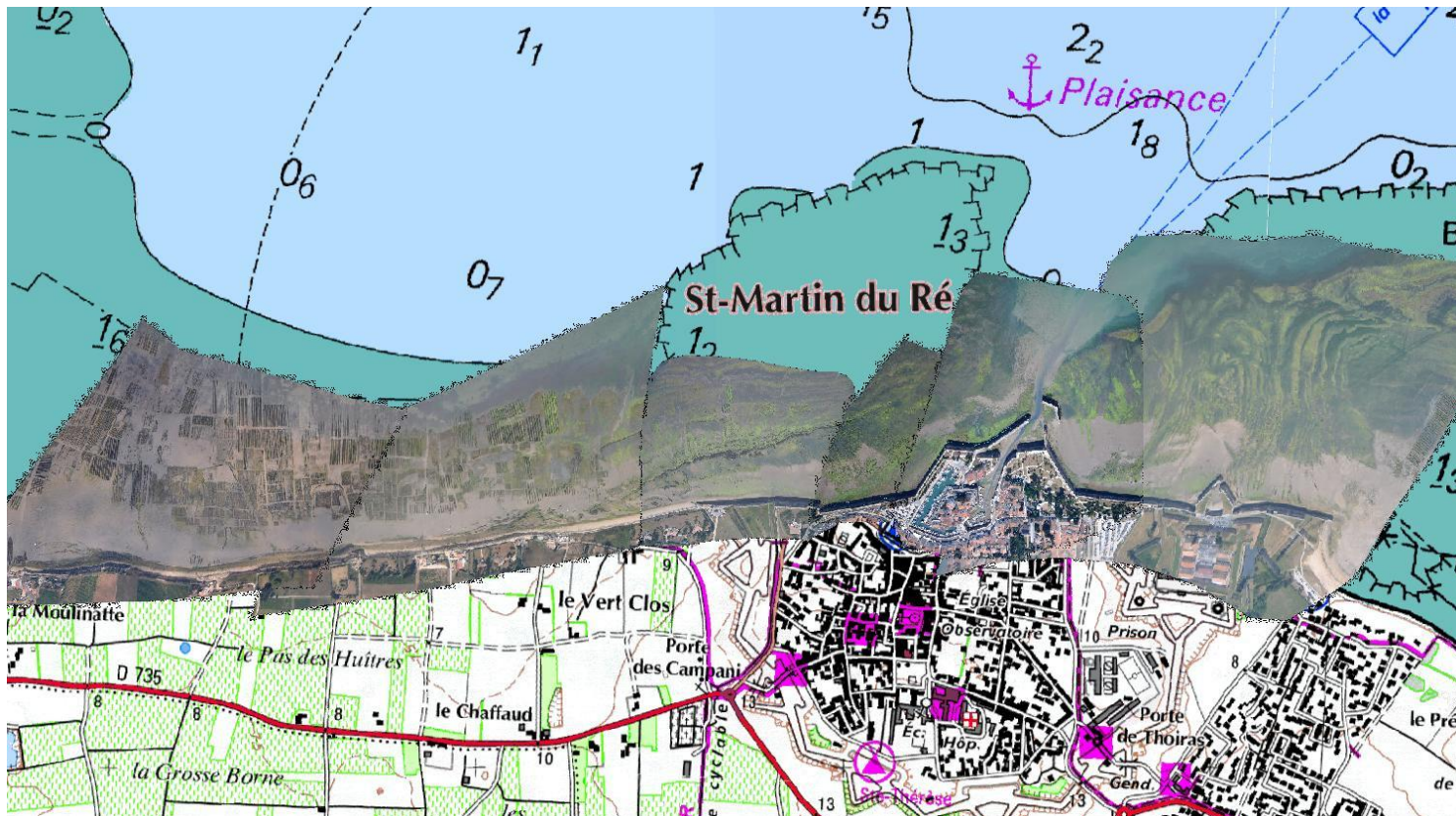
ANNEXE 1 :

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

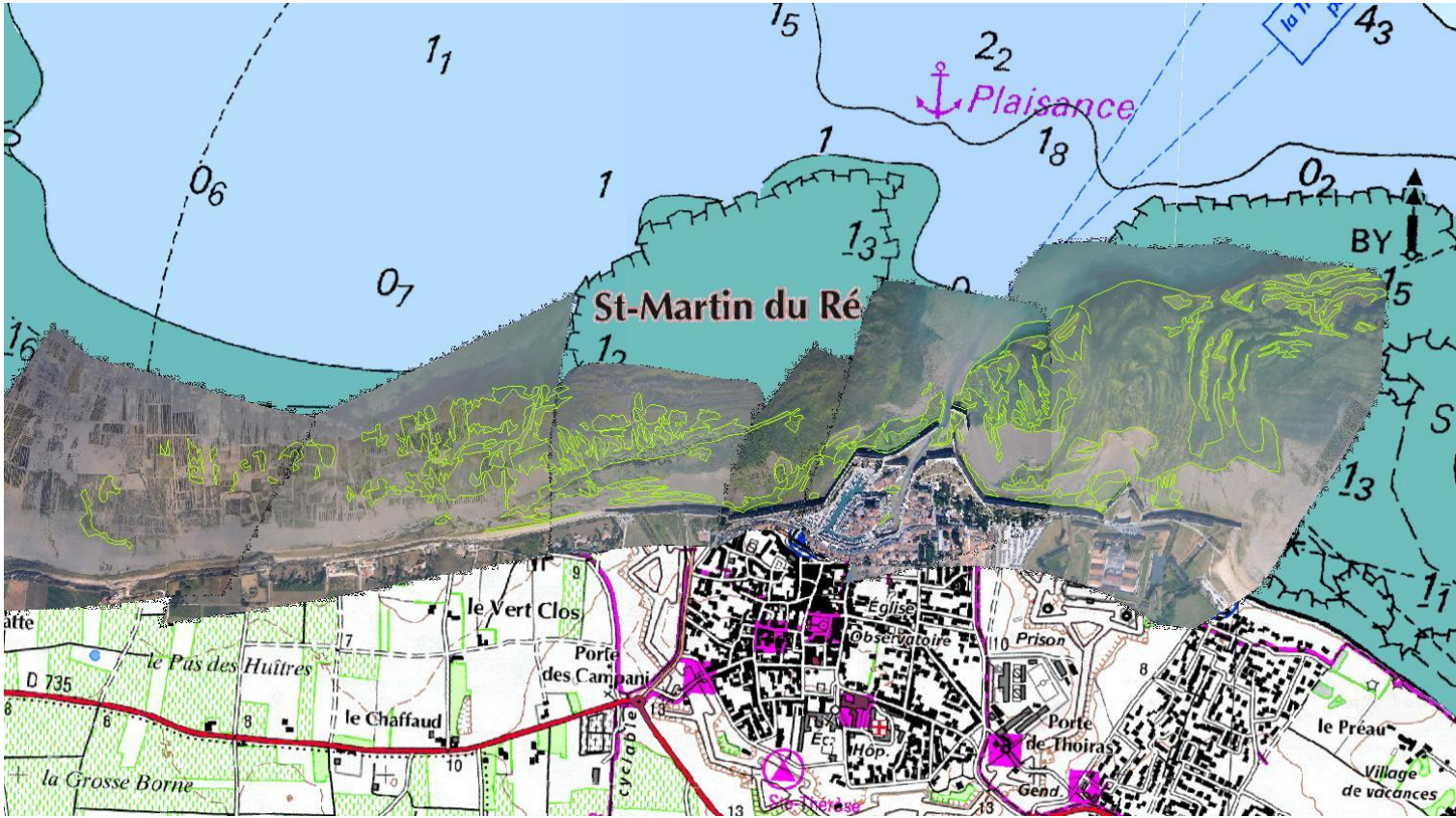
1. Prise d'une photographie du site et des échouages d'ulves aux environs de la basse mer



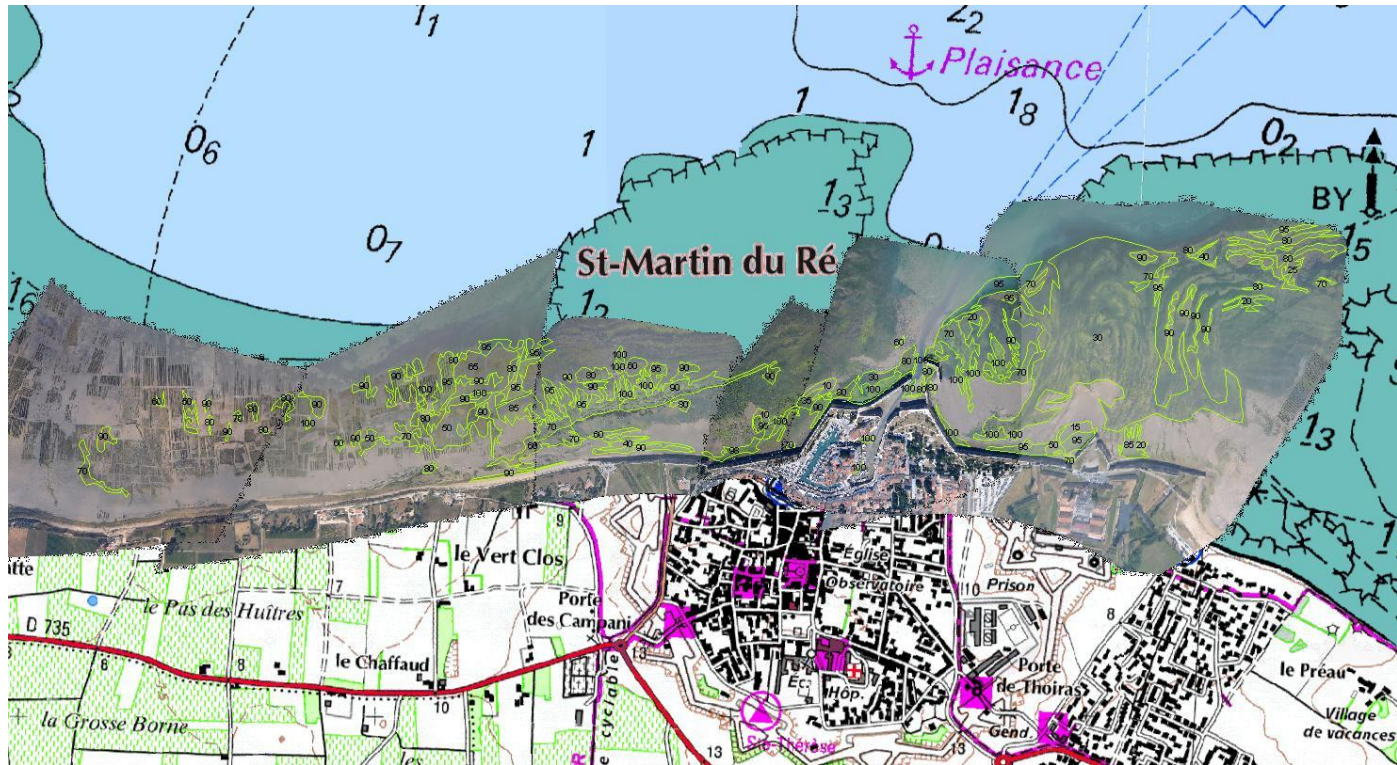
2. Géoréférencement des clichés aériens et création d'une mosaïque sous SIG (Système d'Information Géographique)



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 2022
- Vol d'août 2022

RCO LB

Inventaire de Juin 2022 :

Fiches de synthèse des observations terrain

CEVA

Suivi des algues vertes sur le littoral Loire-Bretagne
JUIN 2022

Aérien le 14/06/2022

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

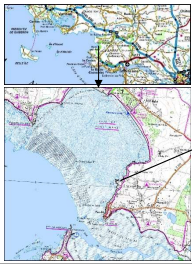

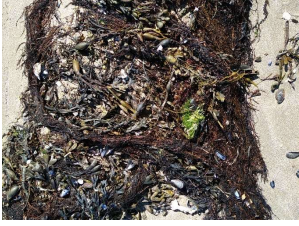






Photo n°3189

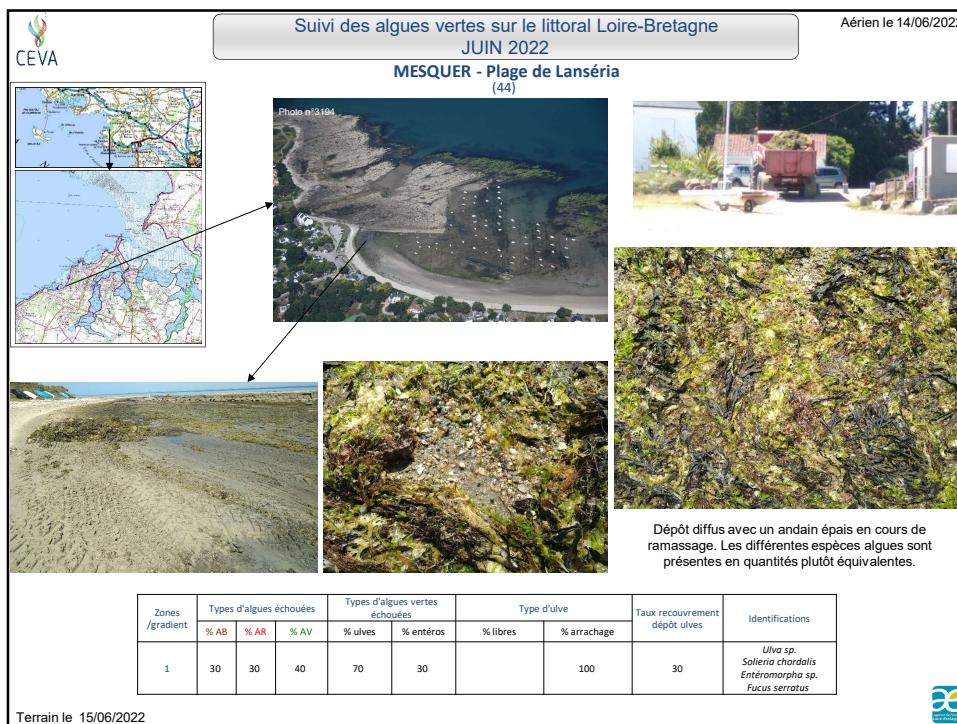
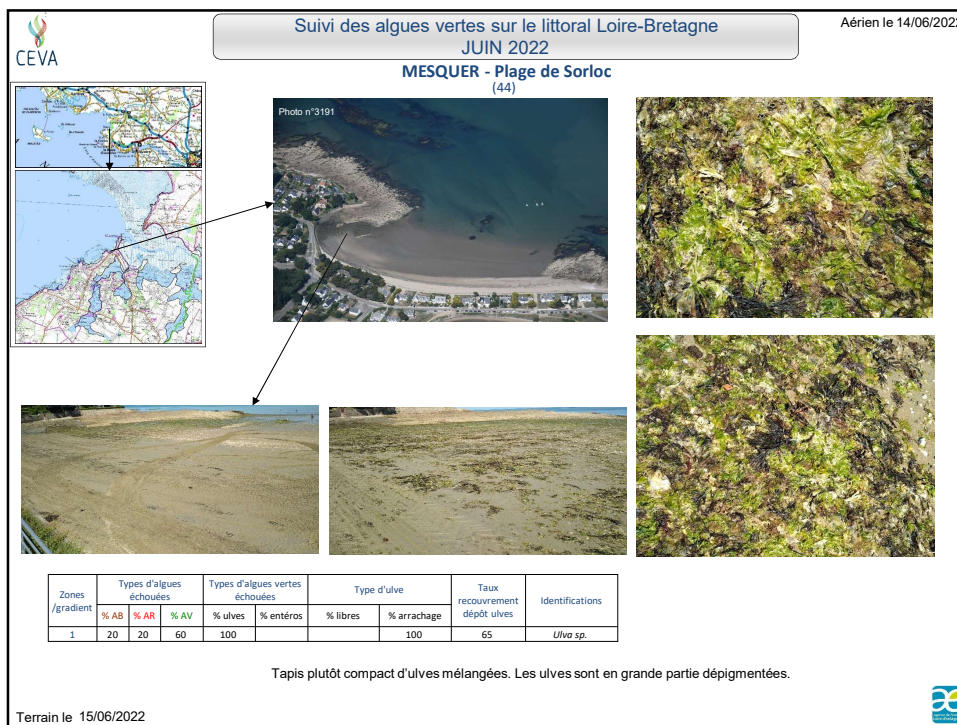






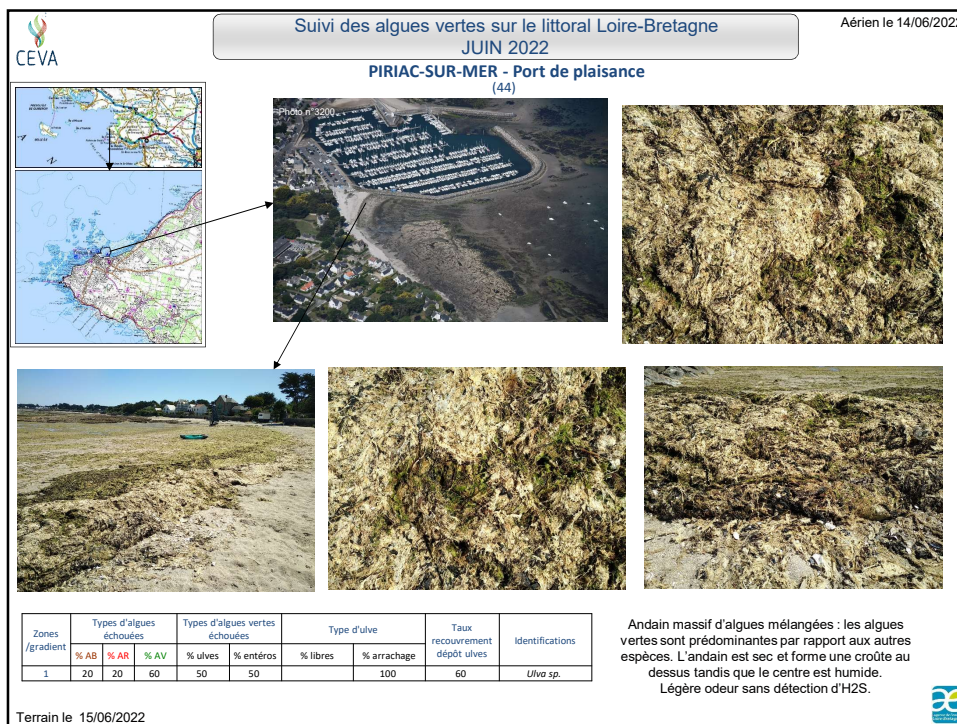
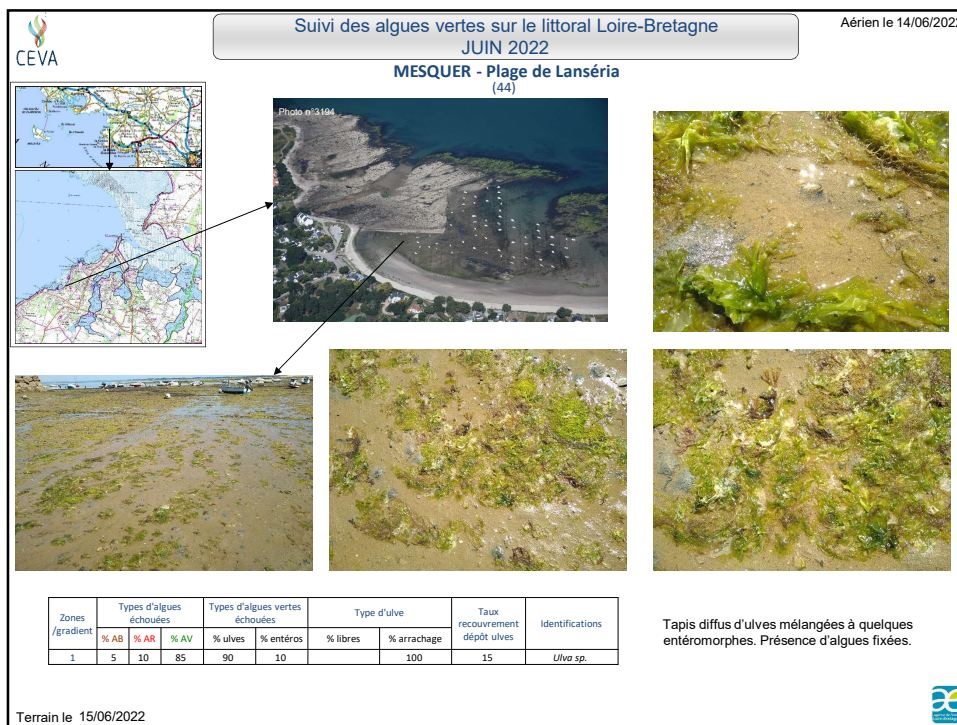
Zones /gradient	Types d'algues échouées			Types d'algues vertes échouées		Type d'ulve		Taux recouvrement dépôt ulves	Identifications
	% AB	% AR	% AV	% ulves	% entéros	% libres	% arrachage		
1	85	5	10	10	90		100		<i>Fucus</i> sp. <i>Sargassum muticum</i>

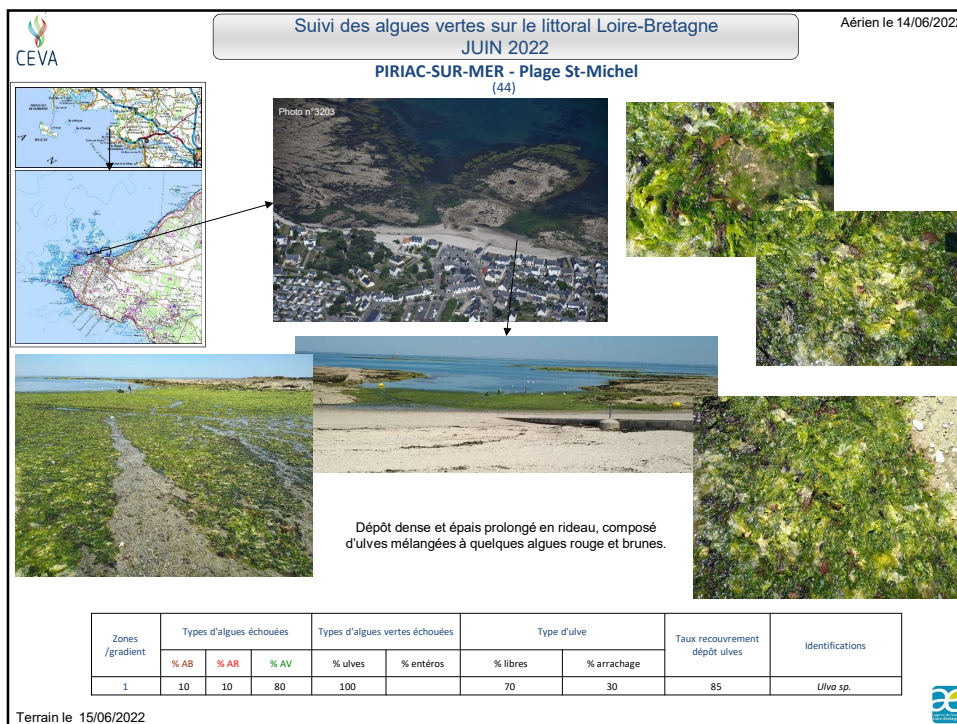
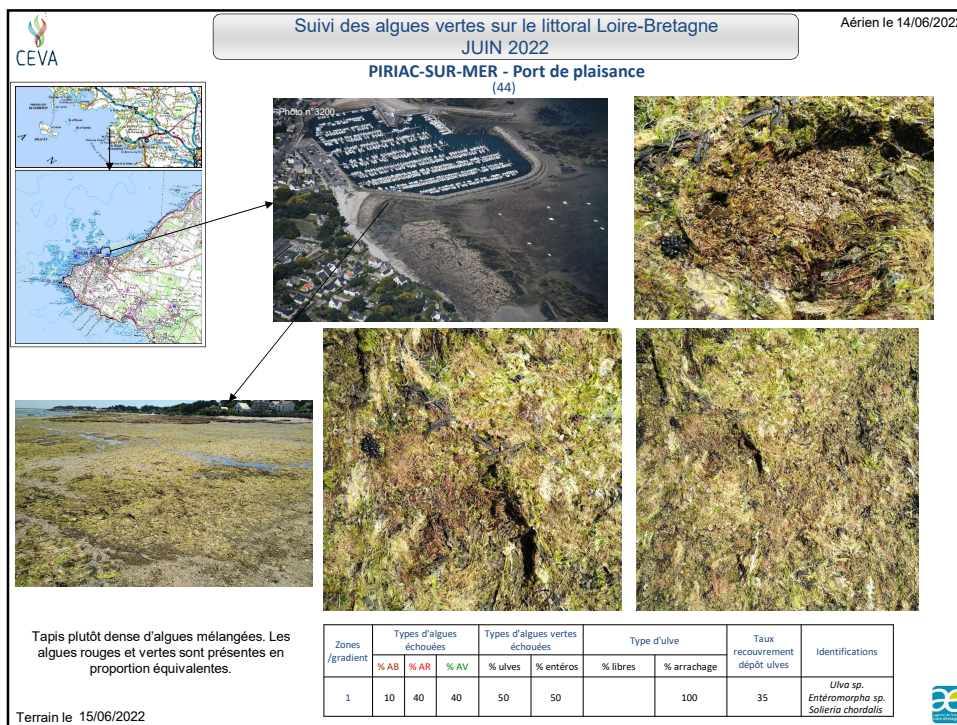
tapis diffus d'algues brunes, de surface réduite, en mélange avec quelques entéromorphes et quelques ulves arrachées.

Terrain le 15/06/2022















Suivi des algues vertes sur le littoral Loire-Bretagne
JUN 2022

Aérien le 14/06/2022

PIRIAC-SUR-MER - Plage St-Michel
(44)

Dépôt compact d'ulves mélangées à quelques algues rouge et brunes.







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	10	80	100		70	30	80	<i>Ulva sp.</i>

Terrain le 15/06/2022

Suivi des algues vertes sur le littoral Loire-Bretagne
JUN 2022

Aérien le 14/06/2022

PIRIAC-SUR-MER - Plage du Closillot
(44)

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	90		10	10	90		100	5	

Tapis compact composé d'algues brunes presque exclusivement. Les algues brunes commencent à se décomposer en fragments.

Terrain le 15/06/2022

CEVA

Suivi des algues vertes sur le littoral Loire-Bretagne
JUN 2022

Aérien le 14/06/2022

PIRIAC-SUR-MER - Plage du Closillot
(44)

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	20	20	60	90	10		100	80	<i>Ulva sp.</i>

A proximité du dépôt d'algues brunes en décomposition on observe un tapis compact d'ulves : ces ulves sont mélangées à quelques algues brunes et rouges.

Terrain le 15/06/2022

CEVA

Suivi des algues vertes sur le littoral Loire-Bretagne
JUN 2022

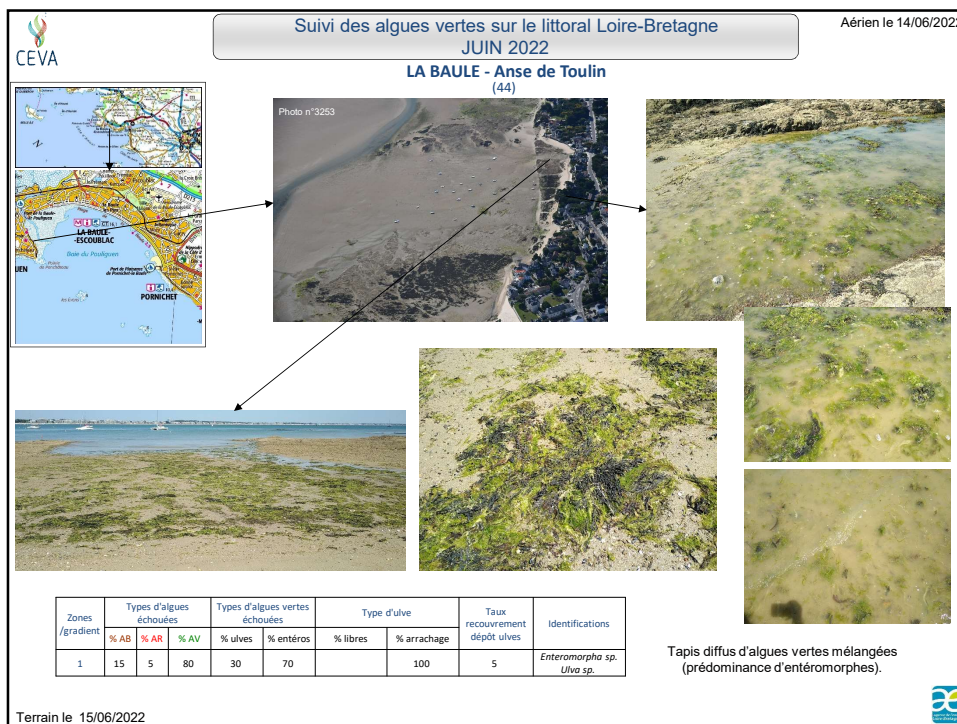
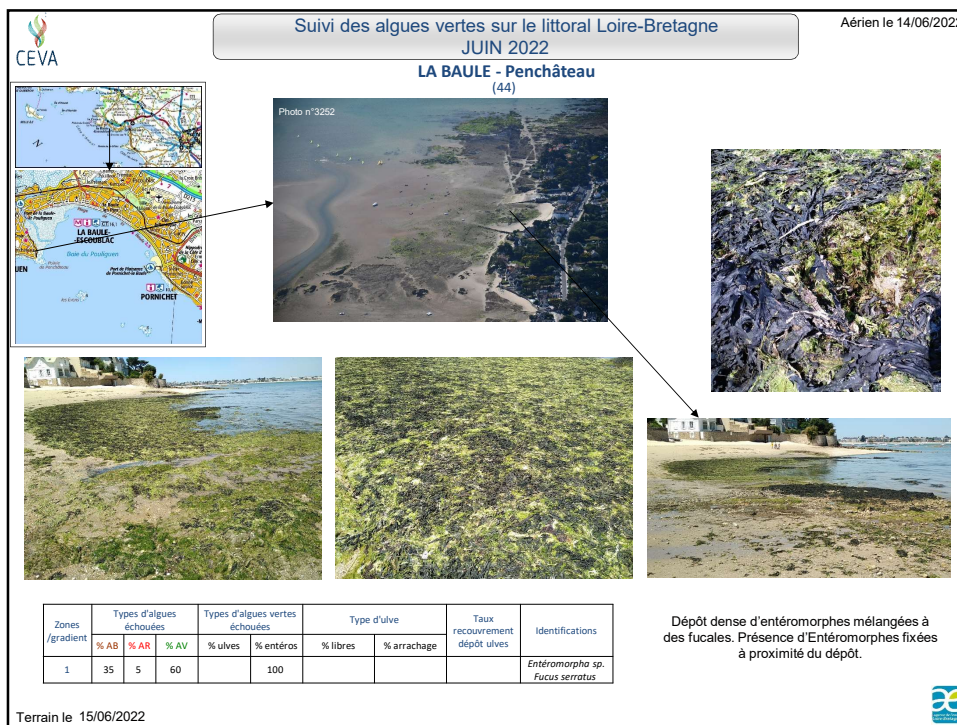
Aérien le 14/06/2022

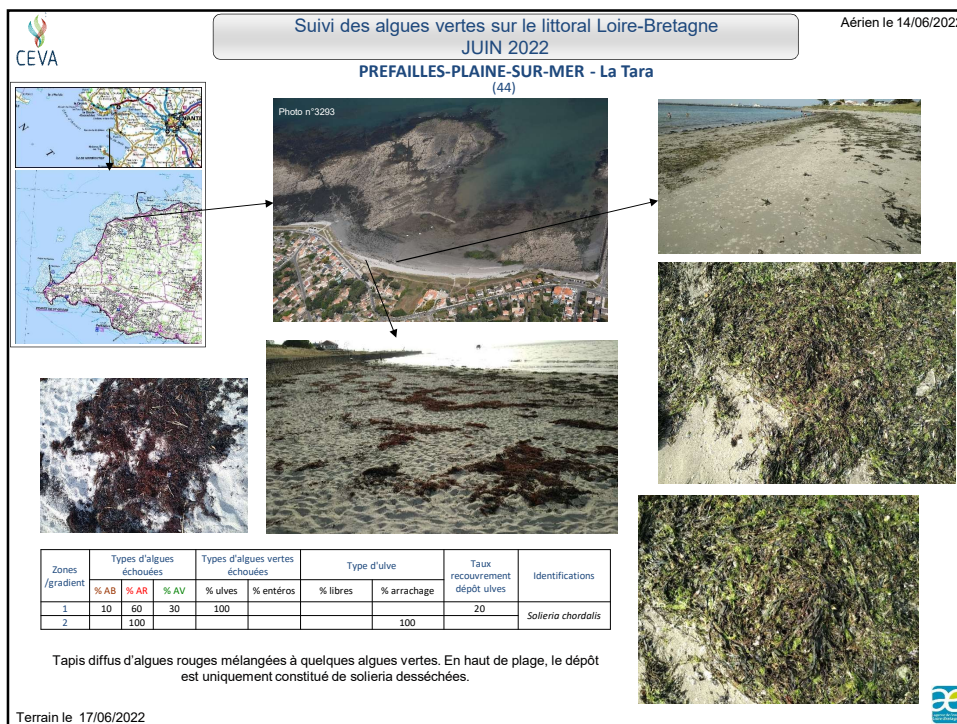
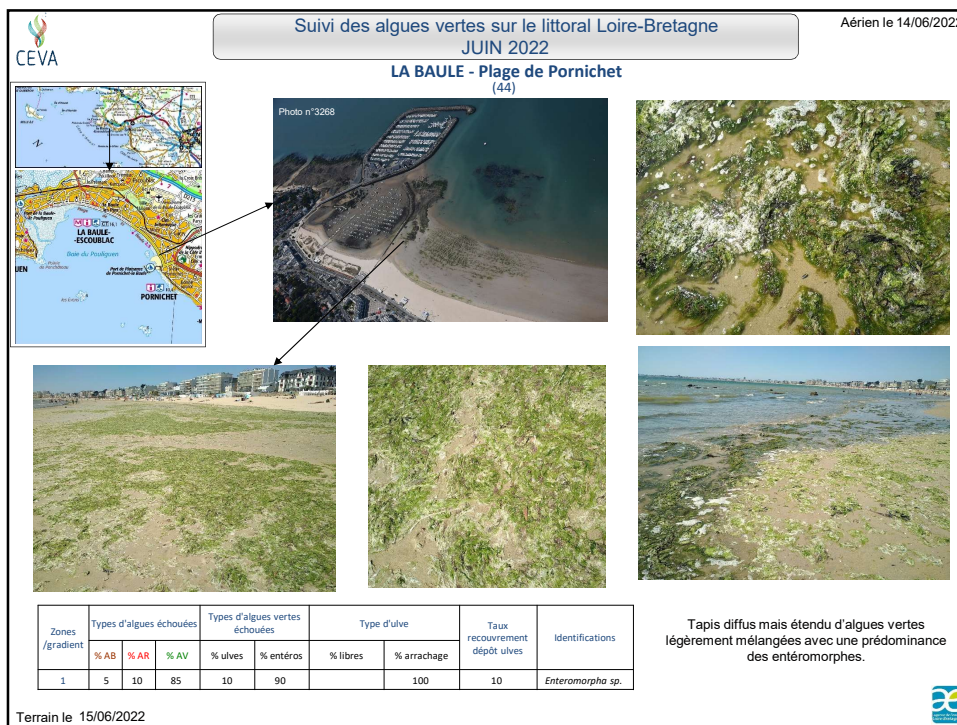
CROISIC - Baie de St-Goustan
(44)

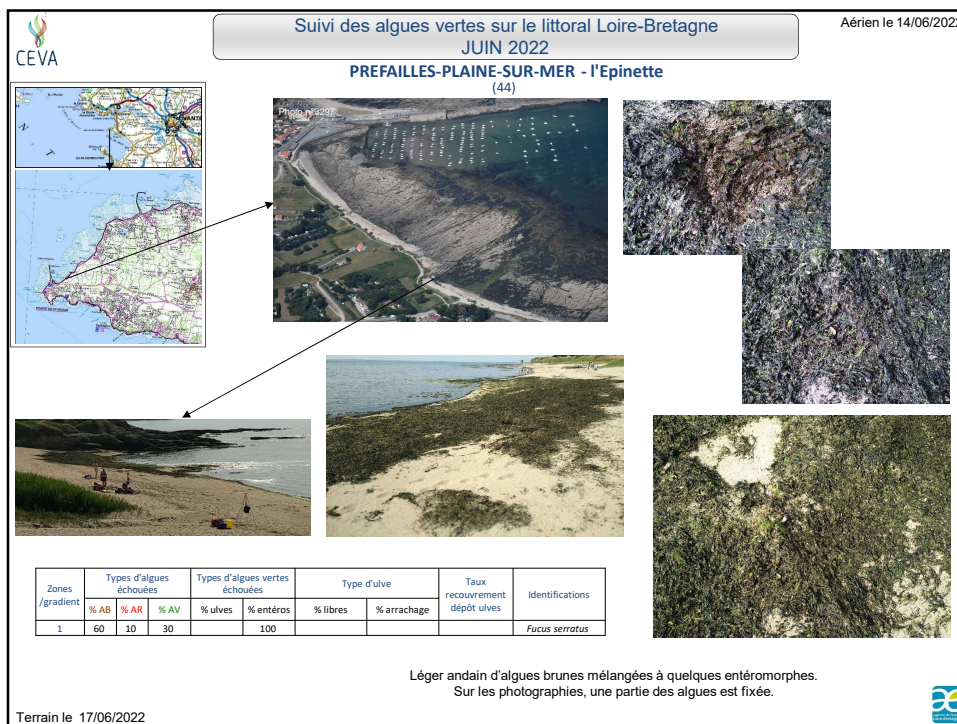
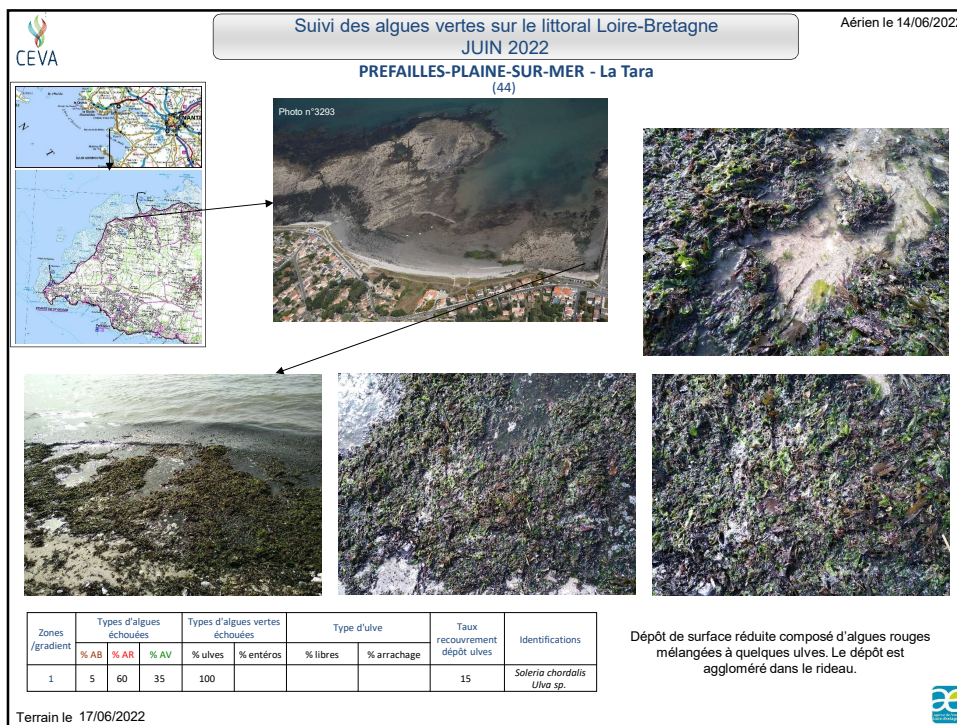
Zones /gradient	Types d'algues échouées			Types d'algues vertes échouées		Type d'ulve		Taux recouvrement dépôt ulves	Identifications
	% AB	% AR	% AV	% ulves	% entéros	% libres	% arrachage		
1	80	10	10	100			100	5	<i>Sargassum muticum</i>

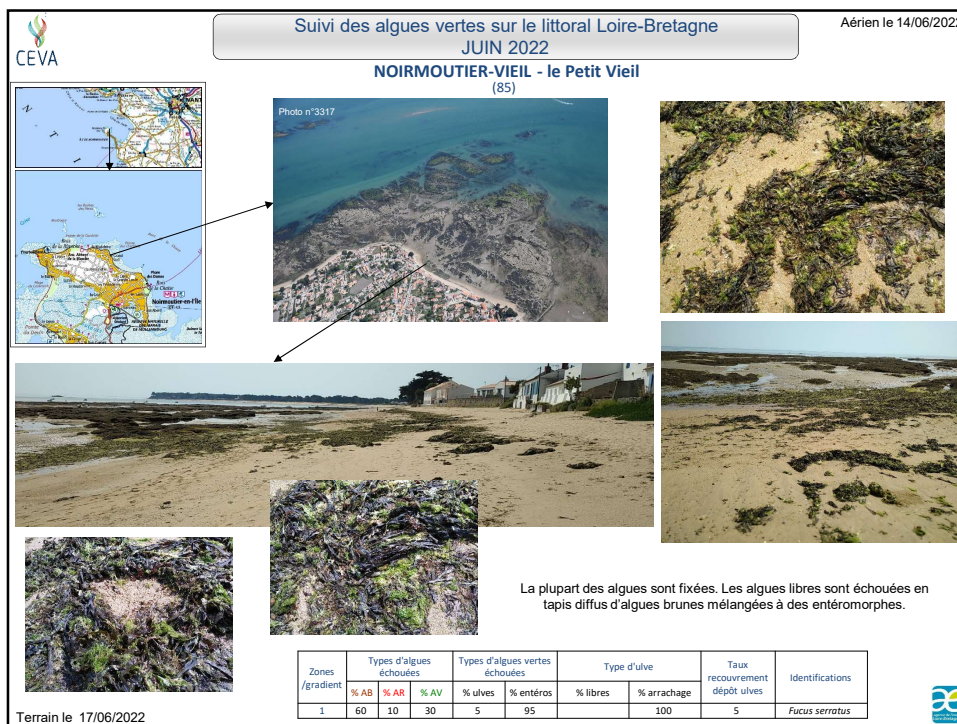
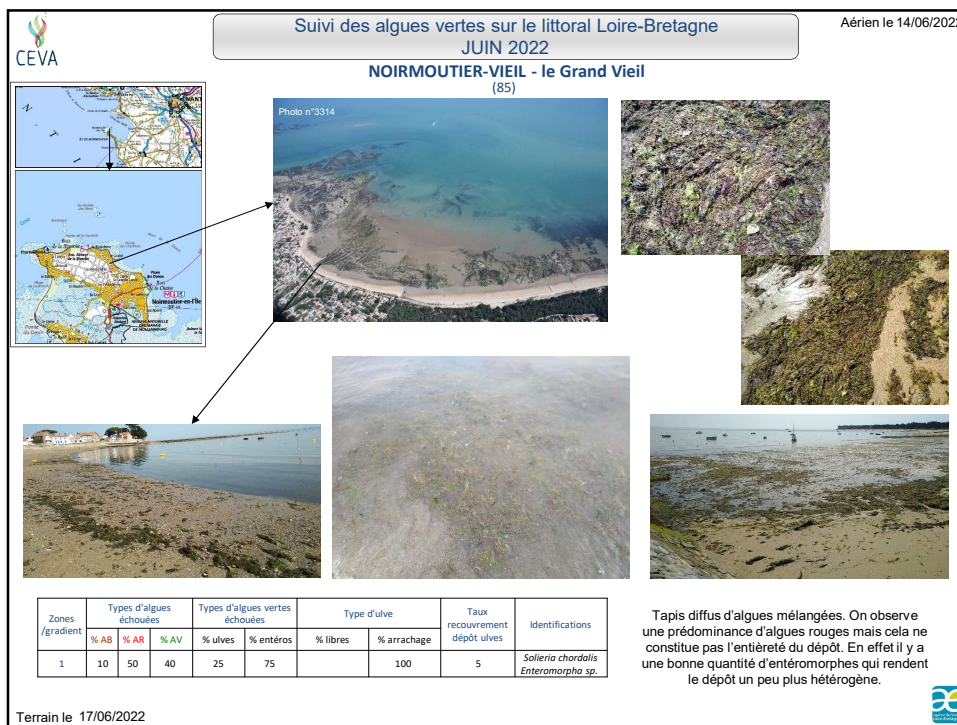
Léger tapis d'algues brunes mélangées, avec une prédominance de sargasses.

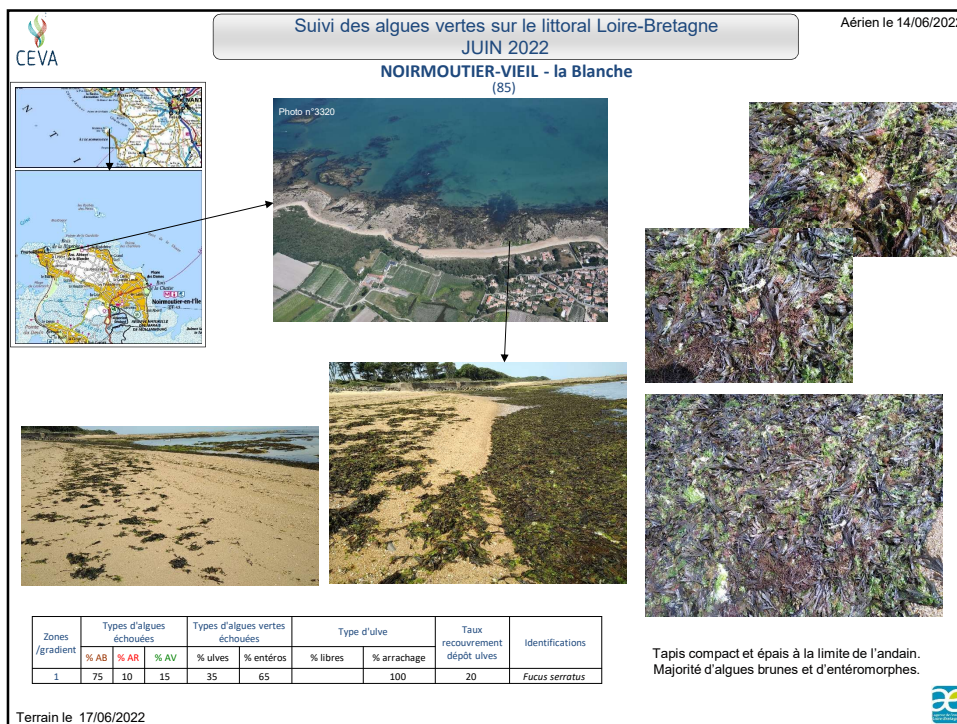
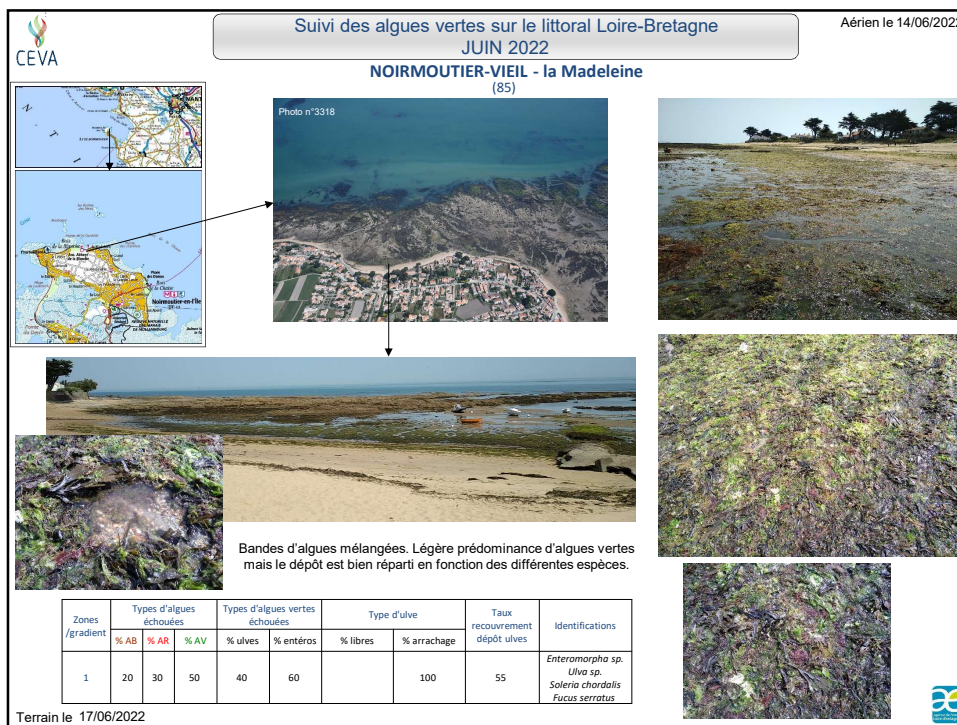
Terrain le 15/06/2022

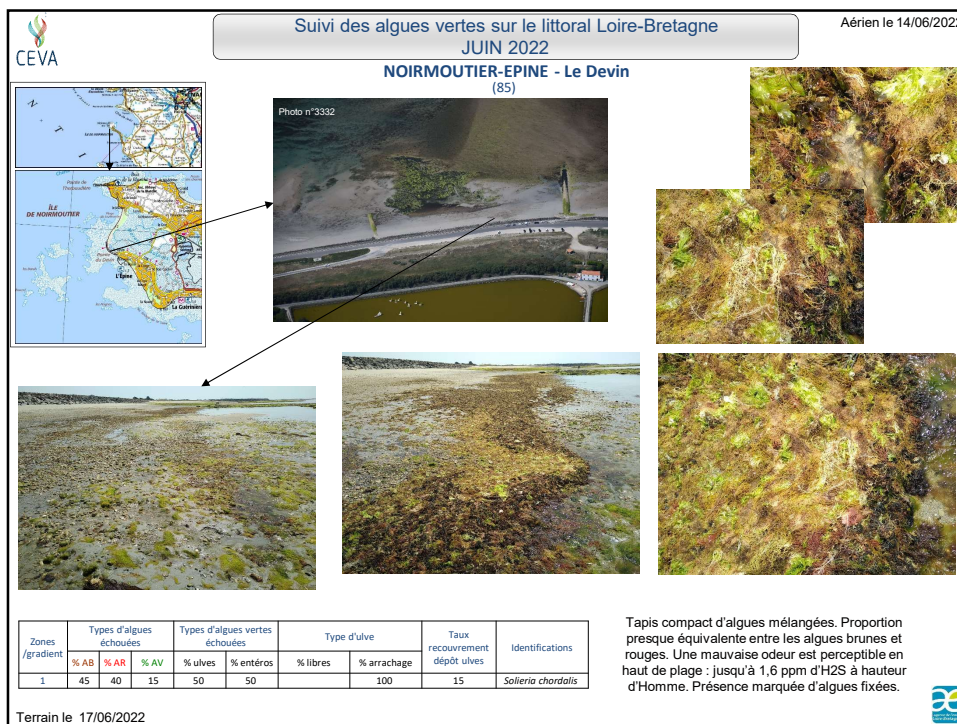
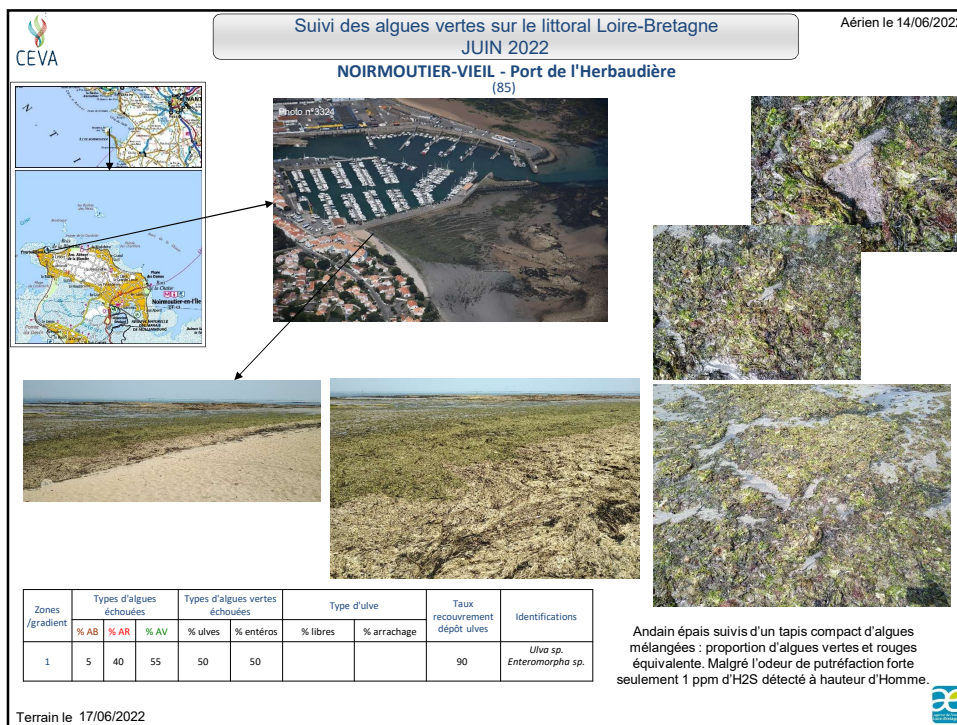


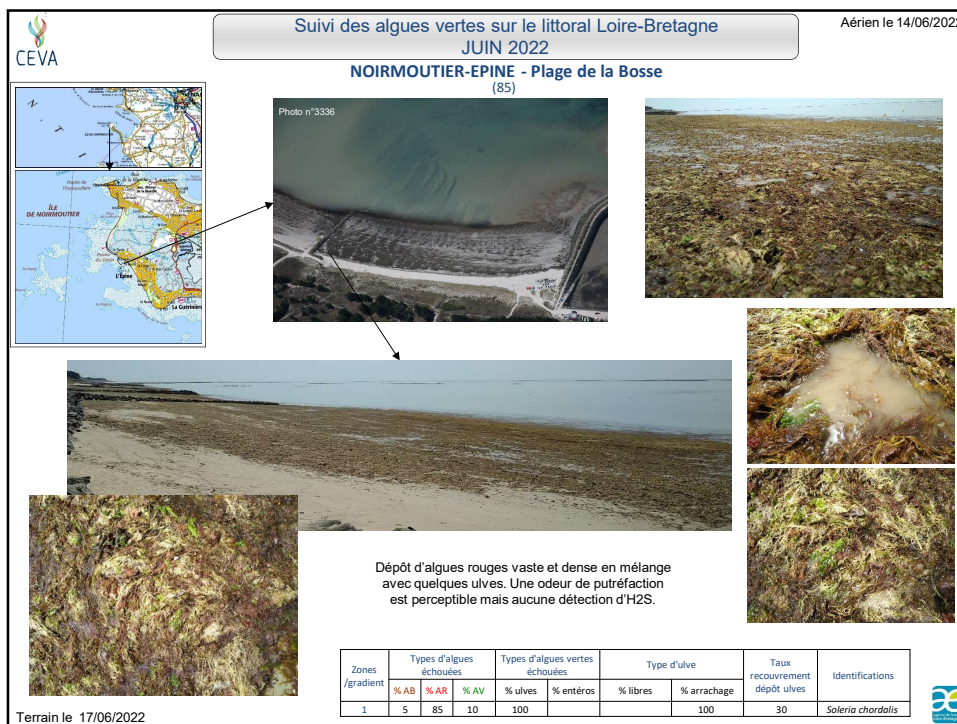
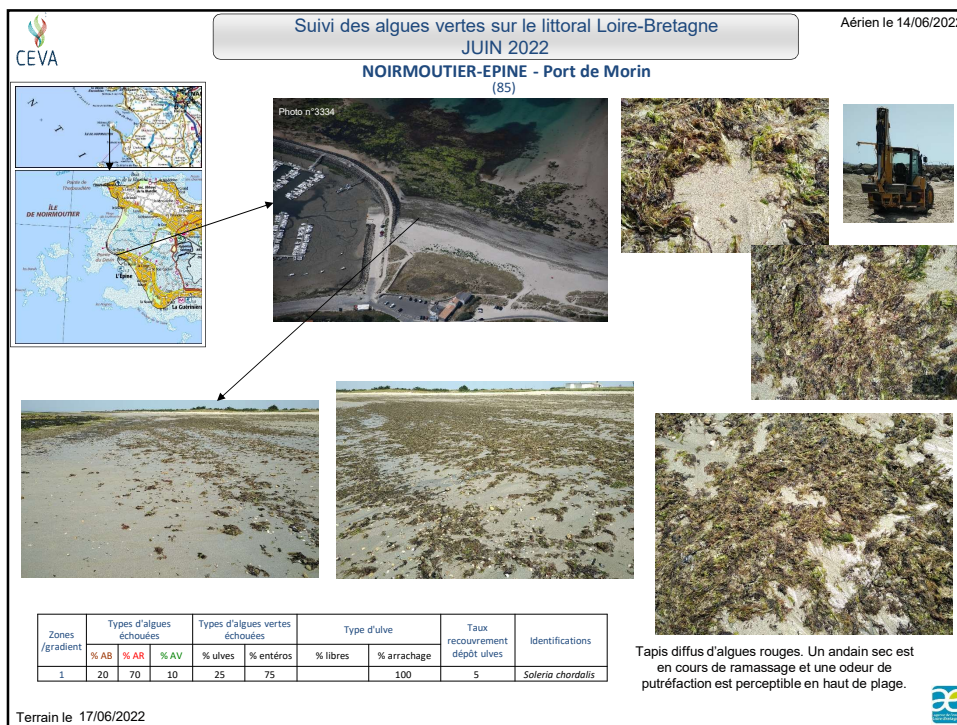


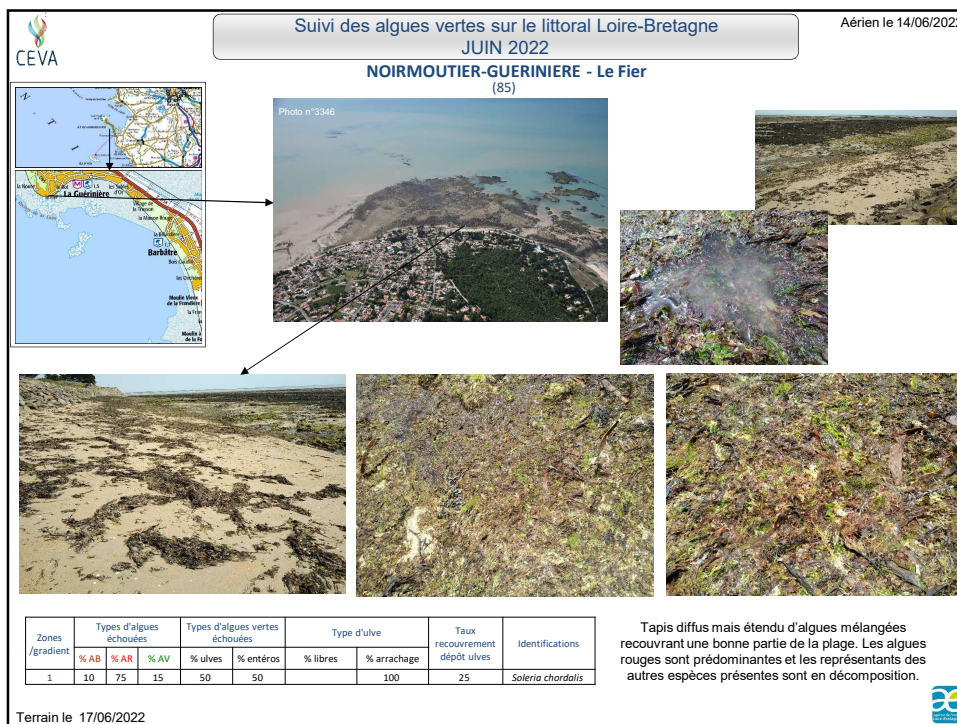
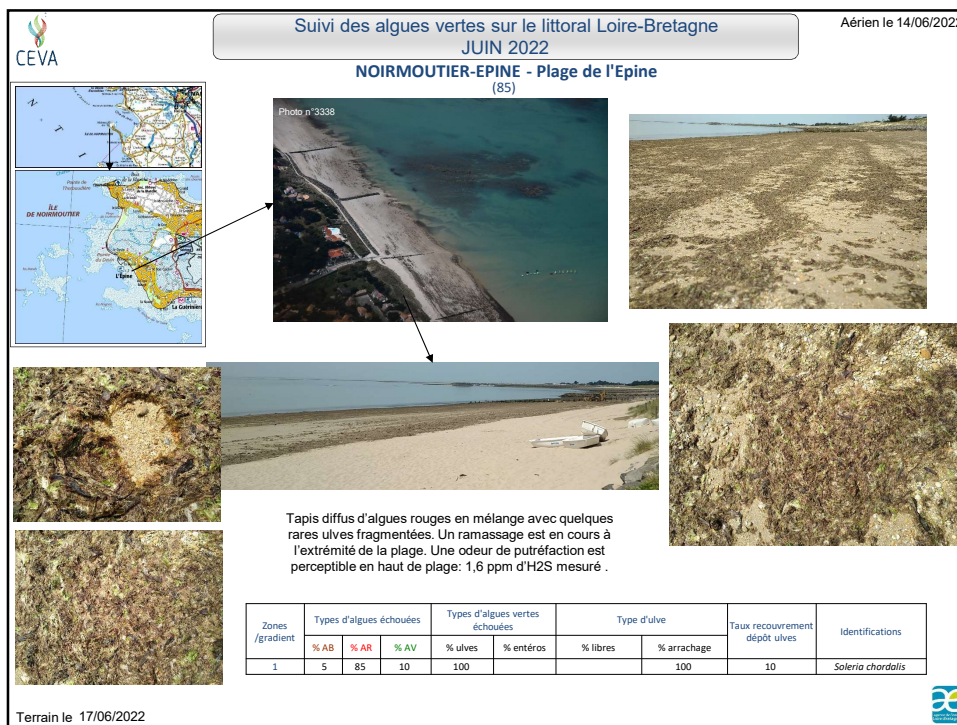


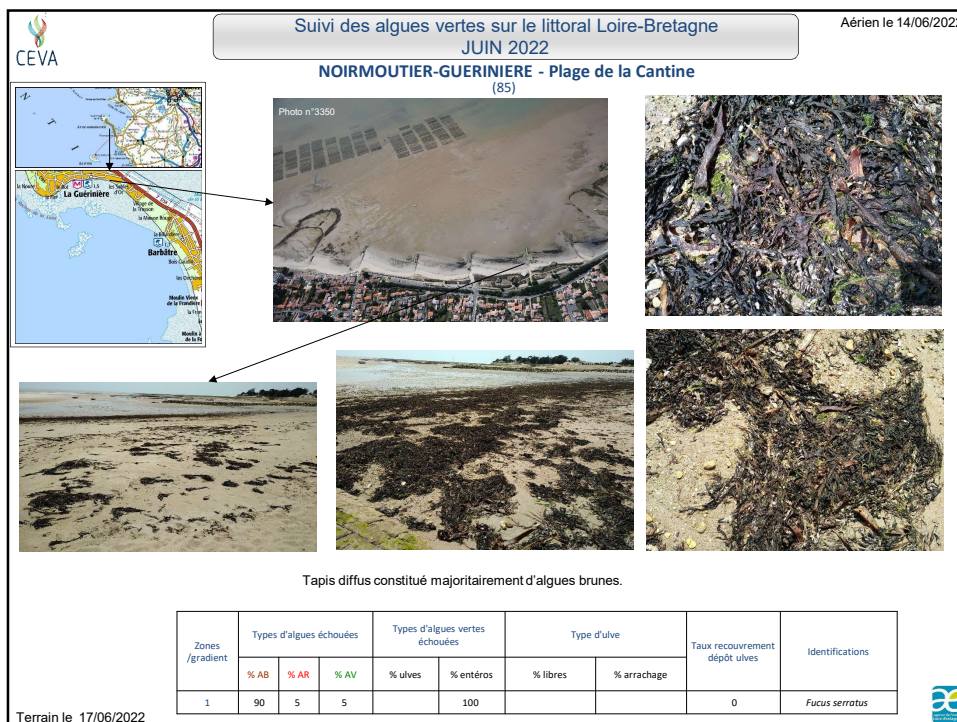
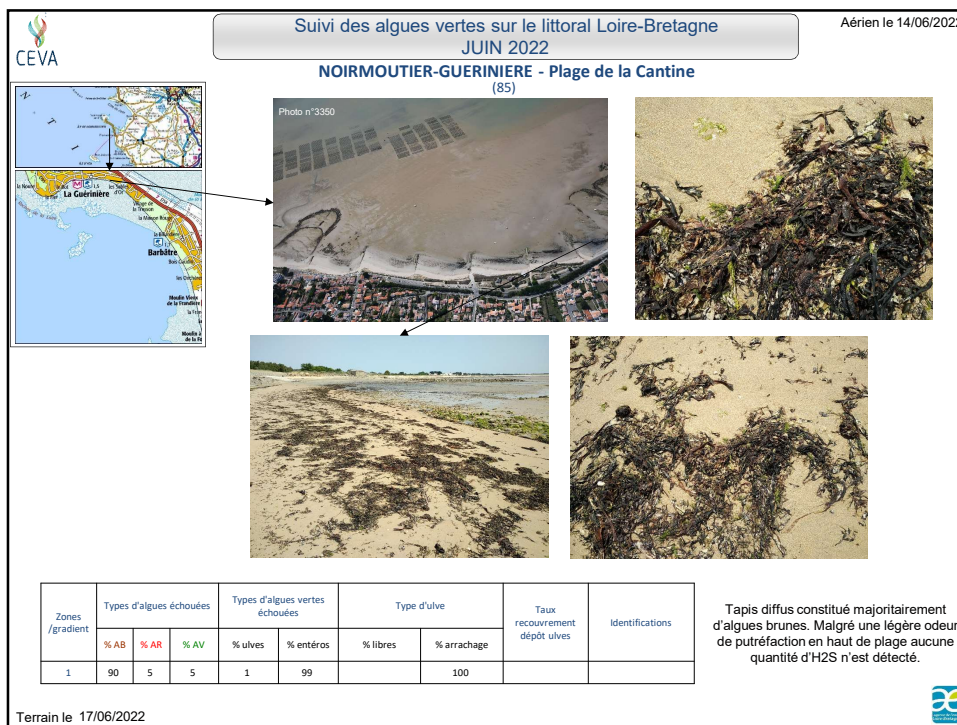


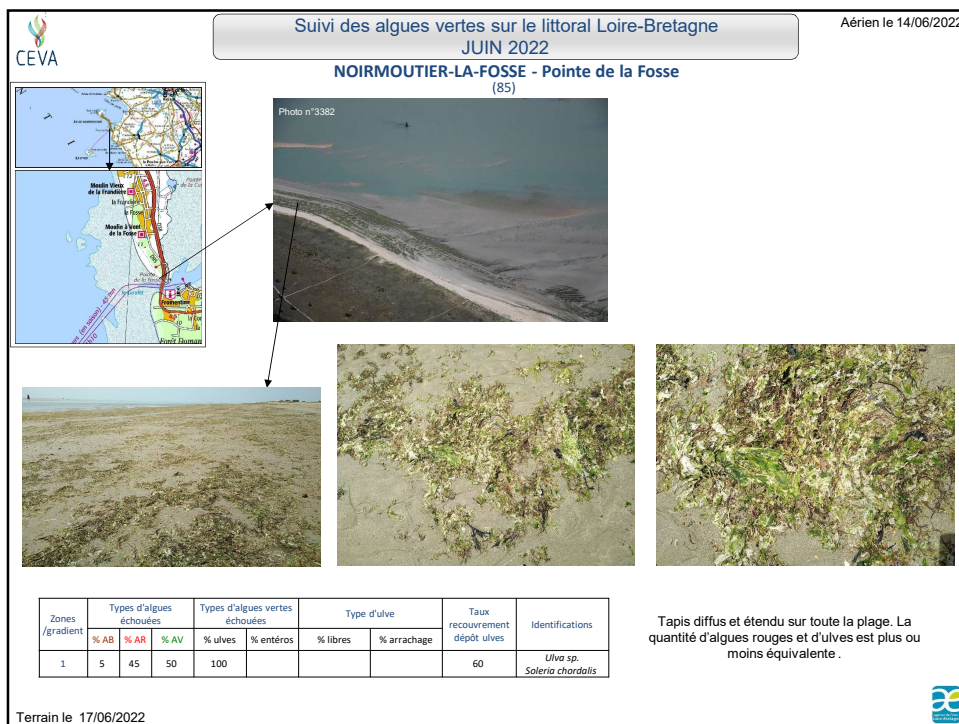
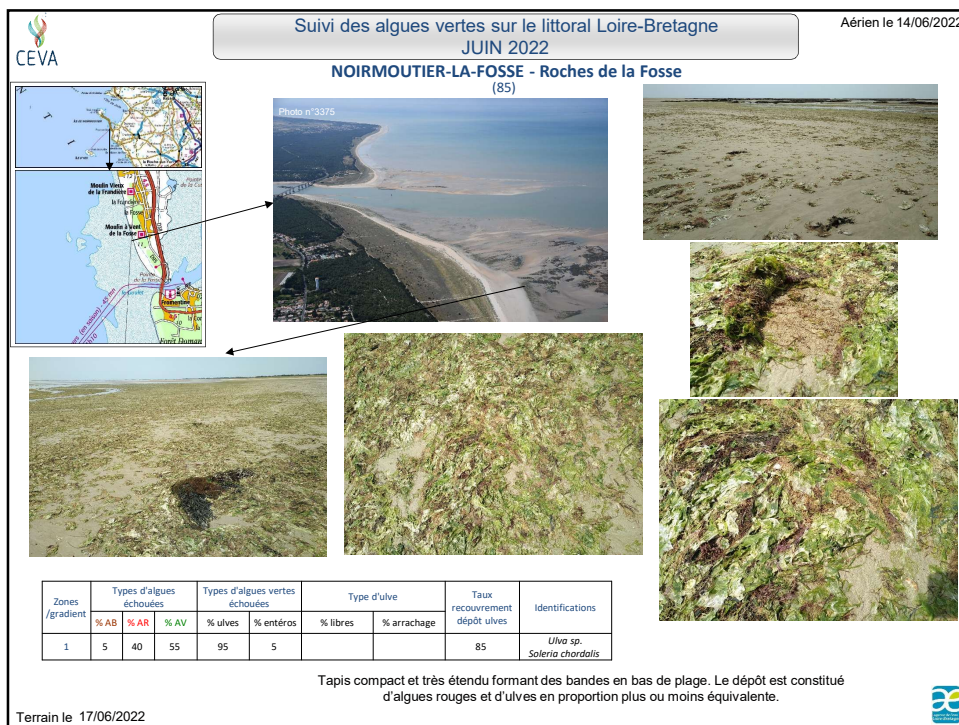








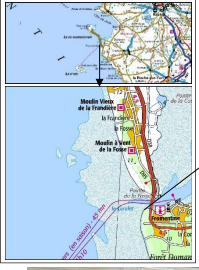










**Suivi des algues vertes sur le littoral Loire-Bretagne
JUN 2022**

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

Aérien le 14/06/2022

Marée déjà haute, dépôt immergé : les algues échouées encore visibles sont des sargasses, des ulves et des entéromorphes.

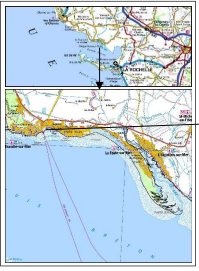
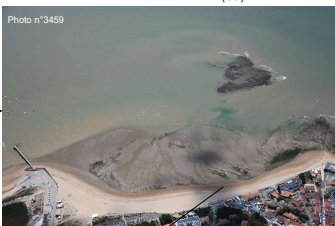

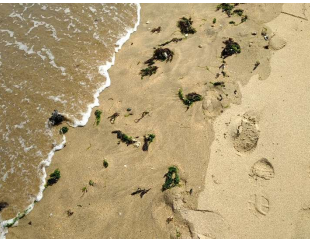
Zones /gradient	Types d'algues échouées			Types d'algues vertes échouées		Type d'ulve		Taux recouvrement dépôt ulves	Identifications
	% AB	% AR	% AV	% ulves	% entéros	% libres	% arrachage		
1	60		40	50	50		100		<i>Sargassum muticum</i>

Terrain le 17/06/2022

**Suivi des algues vertes sur le littoral Loire-Bretagne
JUN 2022**

TRANCHE SUR MER - Grande Plage
(85)

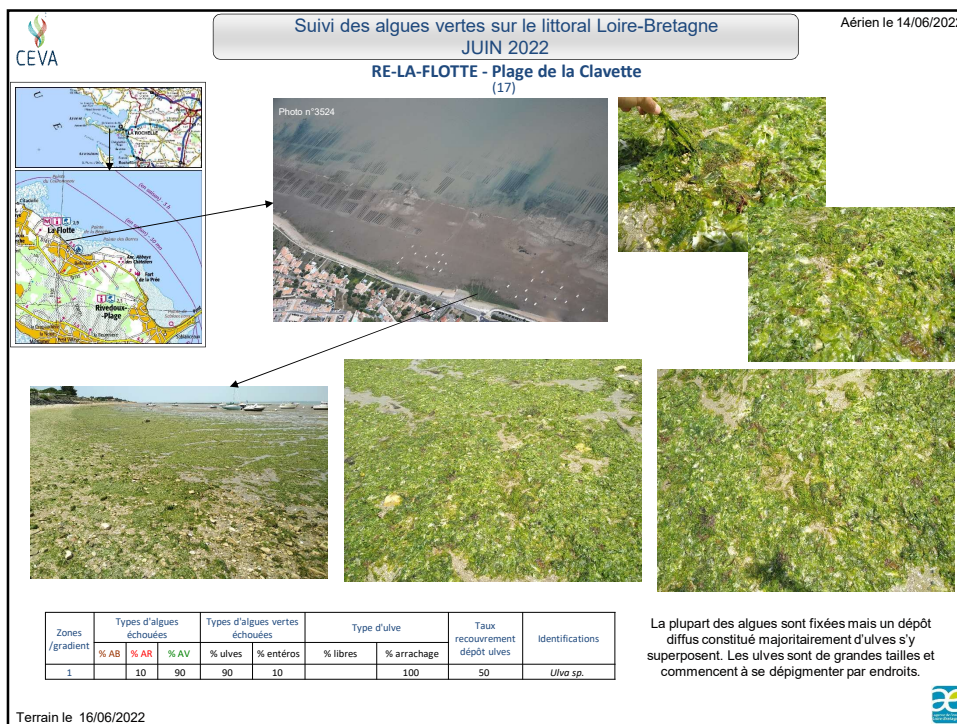
Aérien le 14/06/2022

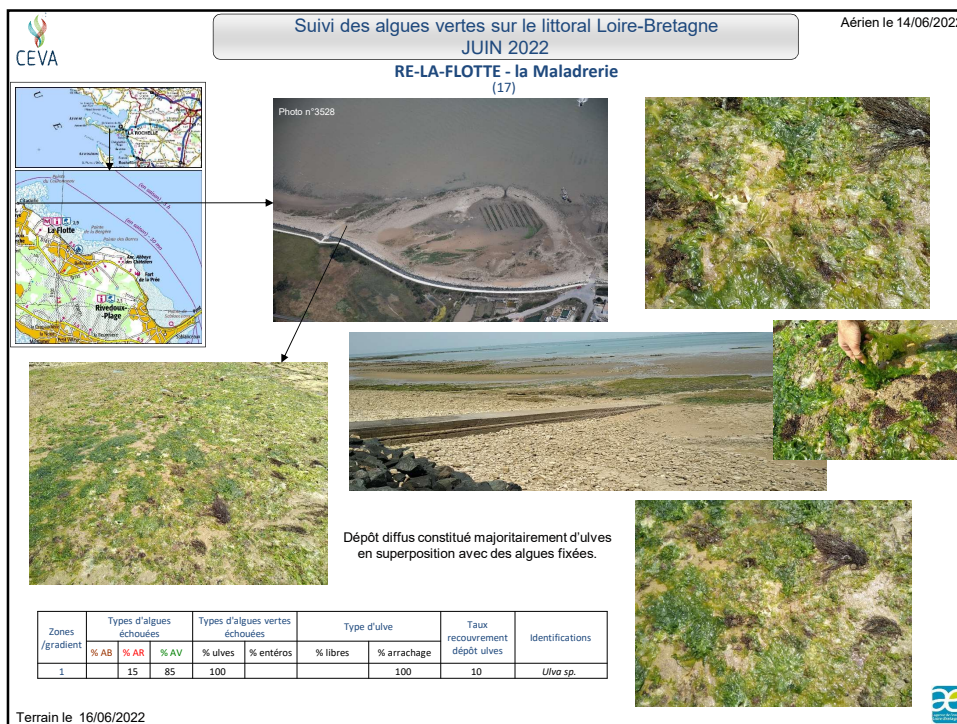
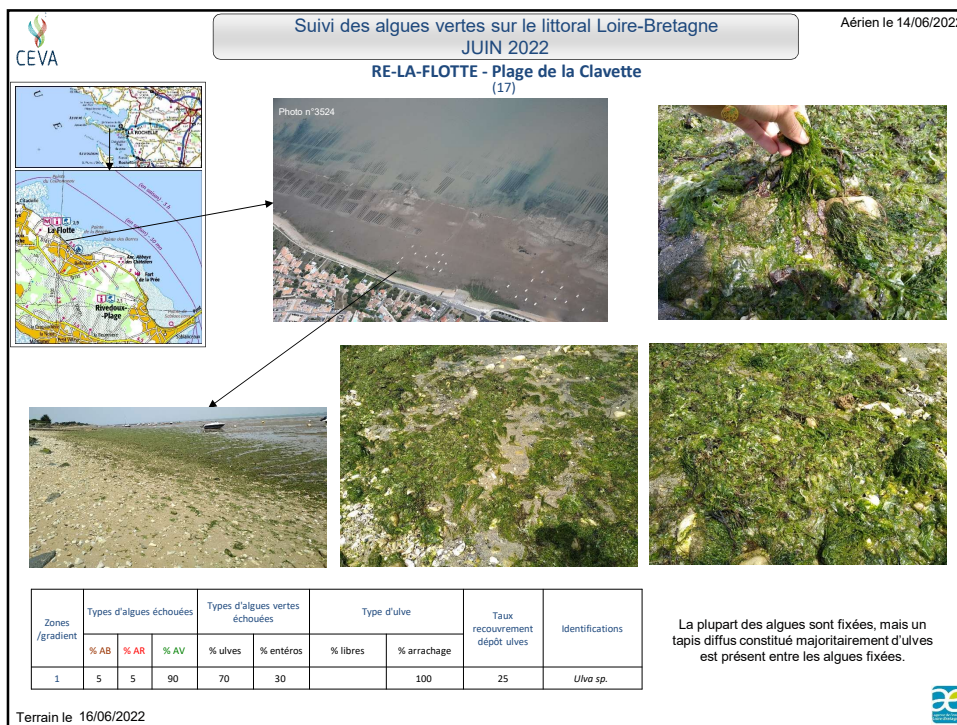





Marée déjà haute : seulement quelques algues éparses échouées, mais pas d'ulves.

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	75		25		100				

Terrain le 16/06/2022





Suivi des algues vertes sur le littoral Loire-Bretagne
JUIN 2022

Aérien le 14/06/2022

RE-LA-FLOTTE - Plage de la Cible
(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	5	5	90	100			100	10	<i>Ulva sp.</i>

Echouage épars d'algues : prédominance d'ulves et seulement quelques pieds de gigartinales et de fucales.

Terrain le 16/06/2022

Suivi des algues vertes sur le littoral Loire-Bretagne
JUIN 2022

Aérien le 14/06/2022

RE-SAINT-MARTIN-EN-RE - port de la Citadelle
(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	5		95	100			100	75-80	<i>(Ulva sp.)</i>


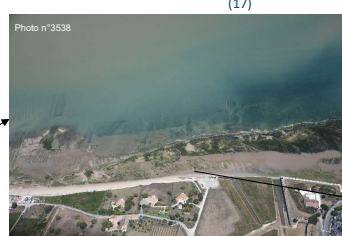




Observations réalisées à distance (pas d'accès) : vaste dépôt d'ulves en partie dépigmentées.

Terrain le 16/06/2022

**Suivi des algues vertes sur le littoral Loire-Bretagne
JUN 2022**

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

Aérien le 14/06/2022

Tapis compact d'ulves : les ulves ont beaucoup de parties dépigmentées et semblent être en début de décomposition. Une zone d'algues fixées est présente à proximité du dépôt.


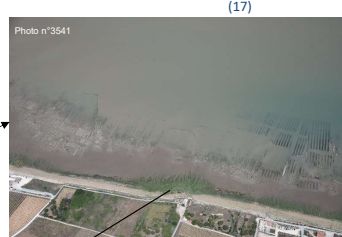


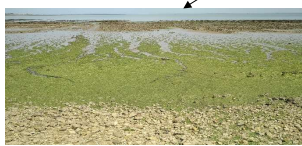


Zones /gradient	Types d'algues échouées			Types d'algues vertes échouées		Type d'ulve		Taux recouvrement dépôt ulves	Identifications
	% AB	% AR	% AV	% ulves	% entéros	% libres	% arrachage		
1	10	10	80	100			100	75	<i>Ulva sp.</i>

Terrain le 16/06/2022

**Suivi des algues vertes sur le littoral Loire-Bretagne
JUN 2022**

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

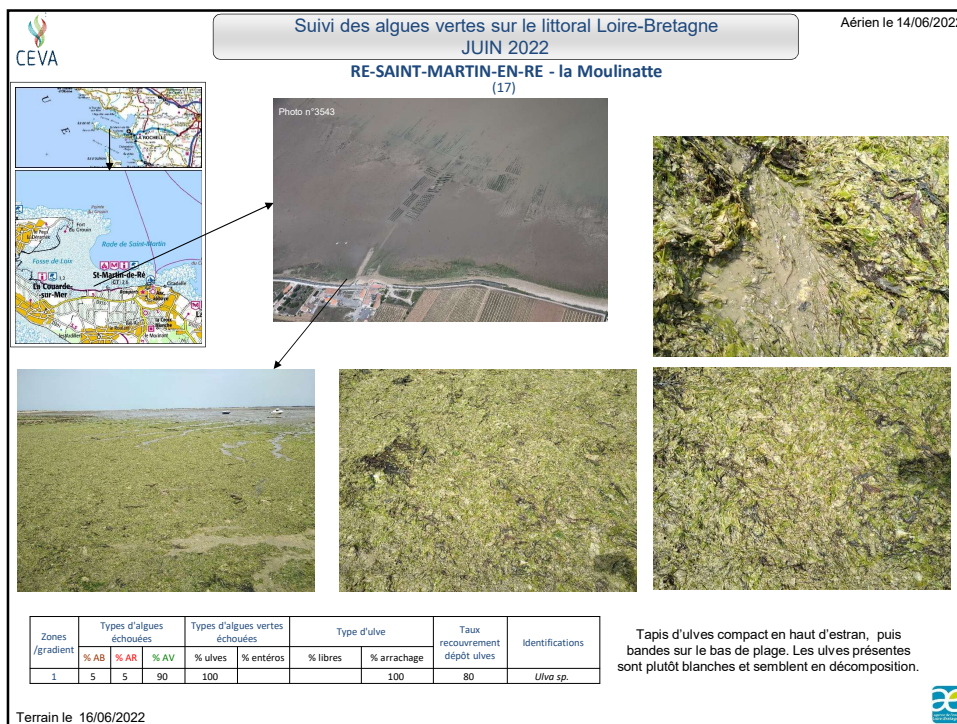
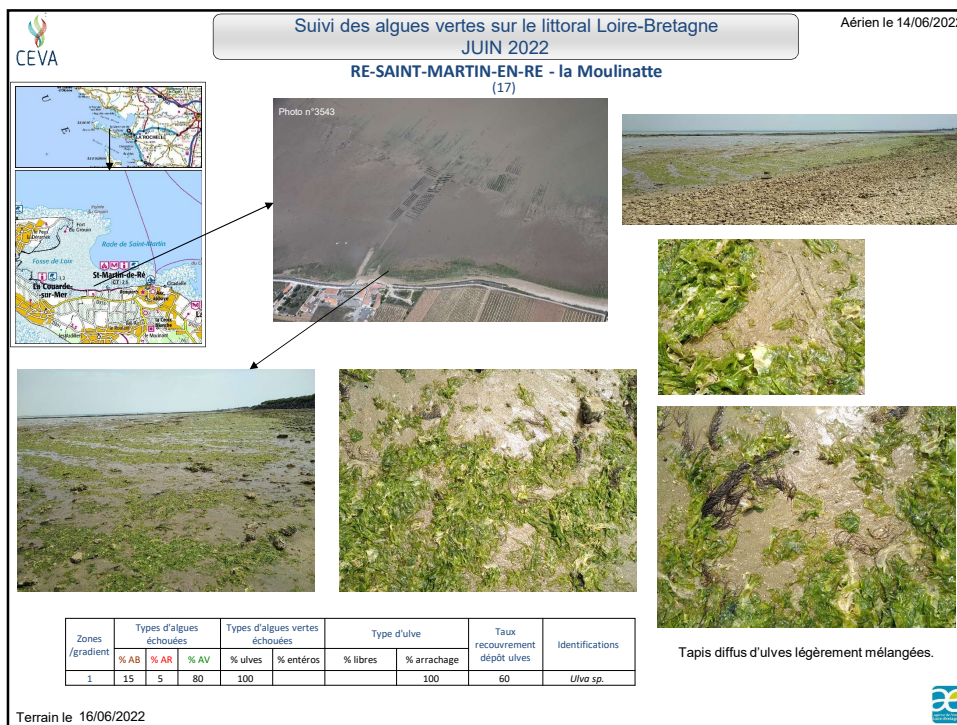
Aérien le 14/06/2022

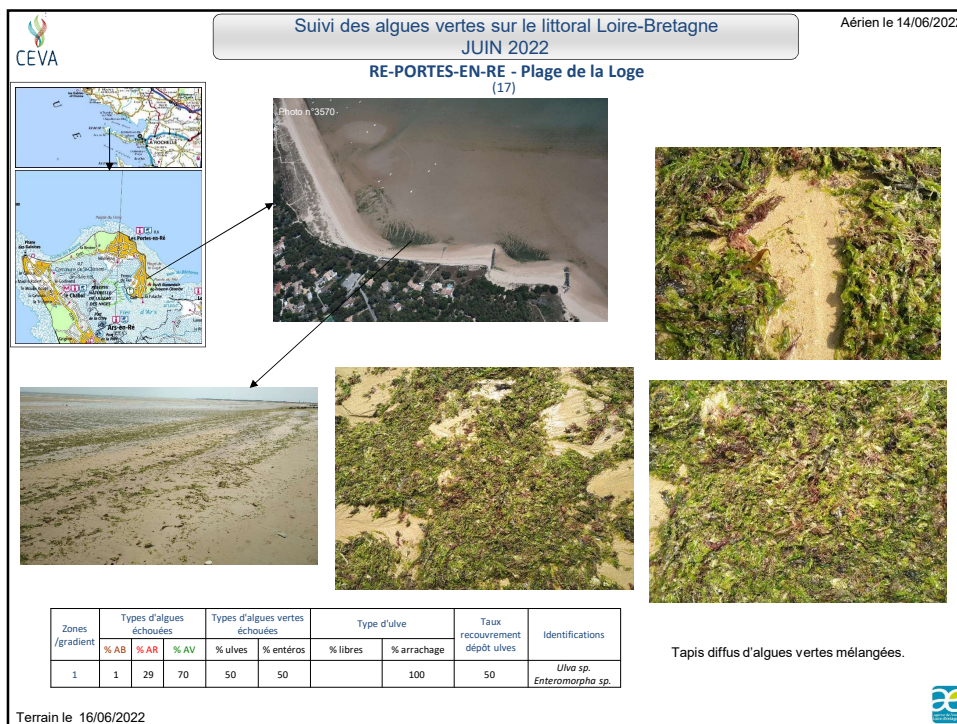
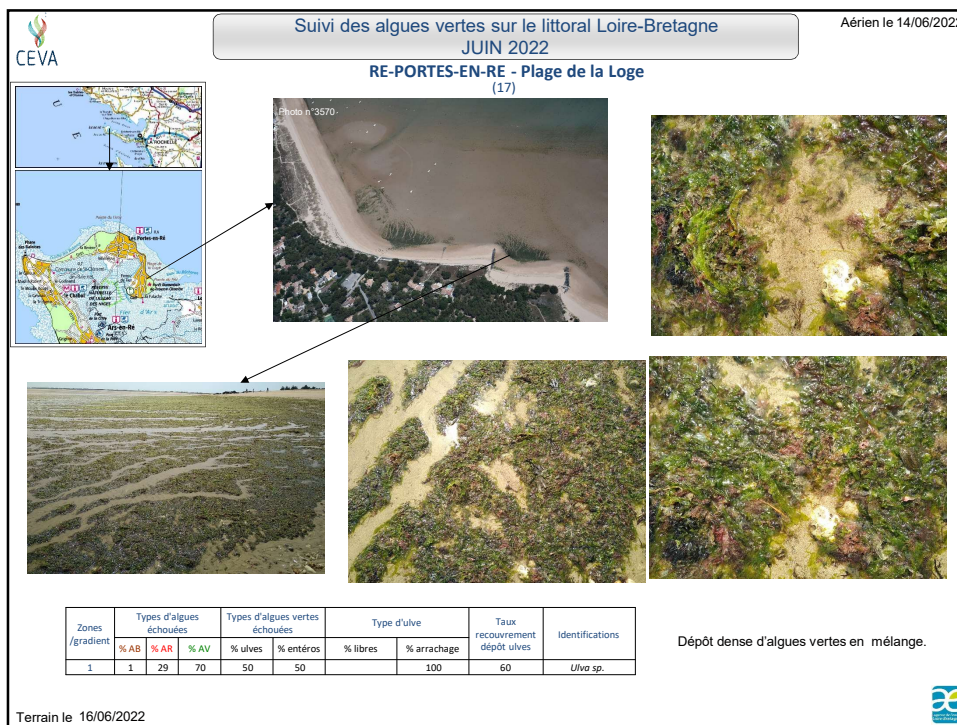








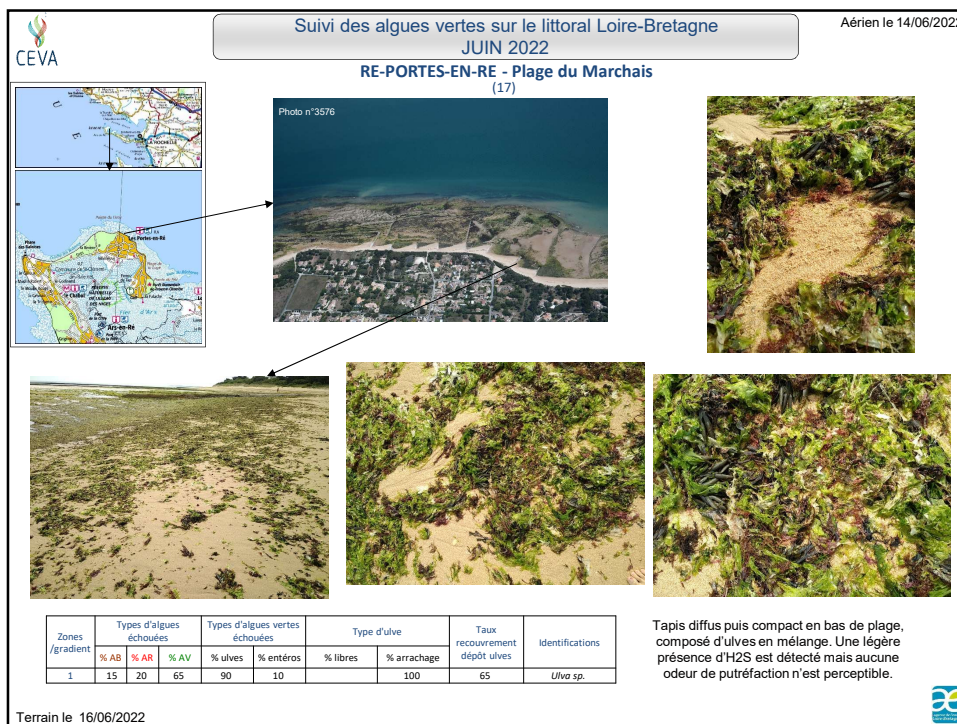
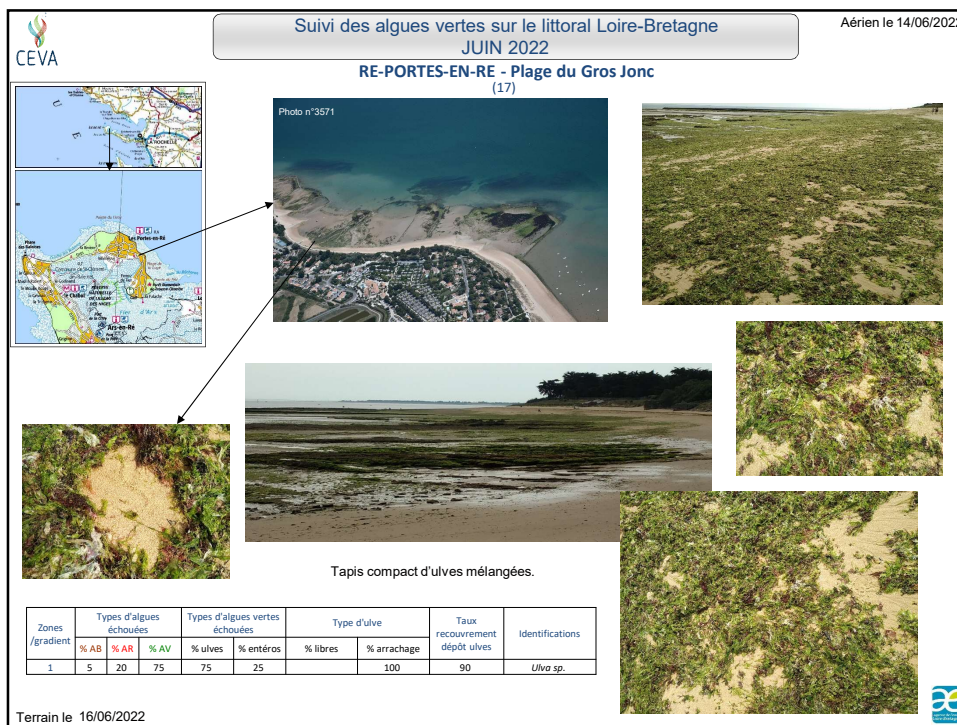
Tapis continu d'ulves se transformant en bandes, en bas de plage. une légère odeur de putréfaction est présente :seulement 1 ppm d'H2S détecté.

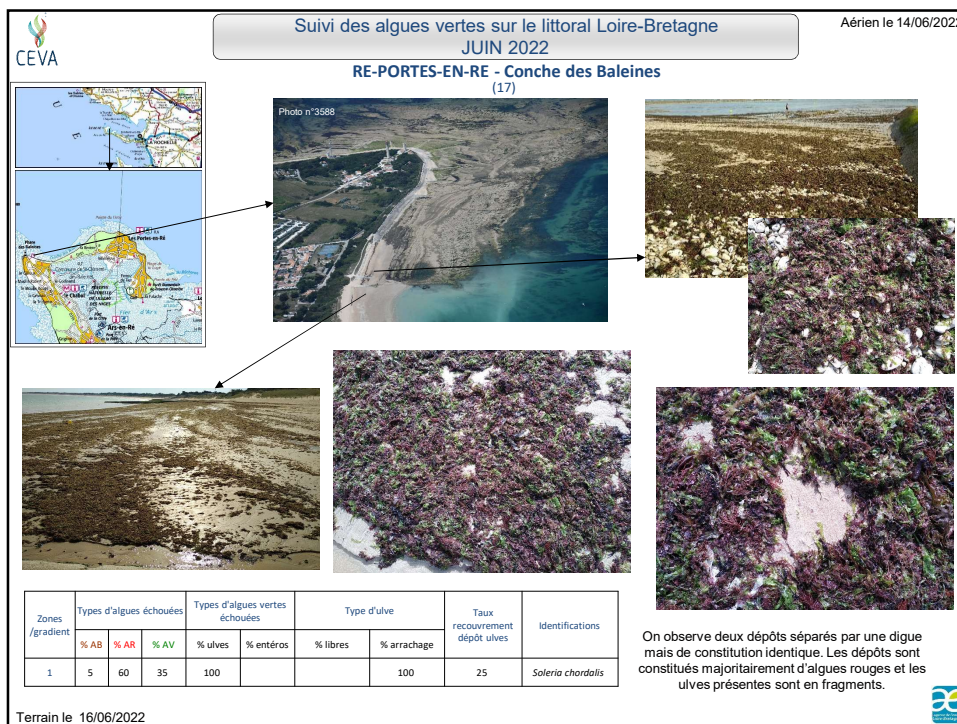
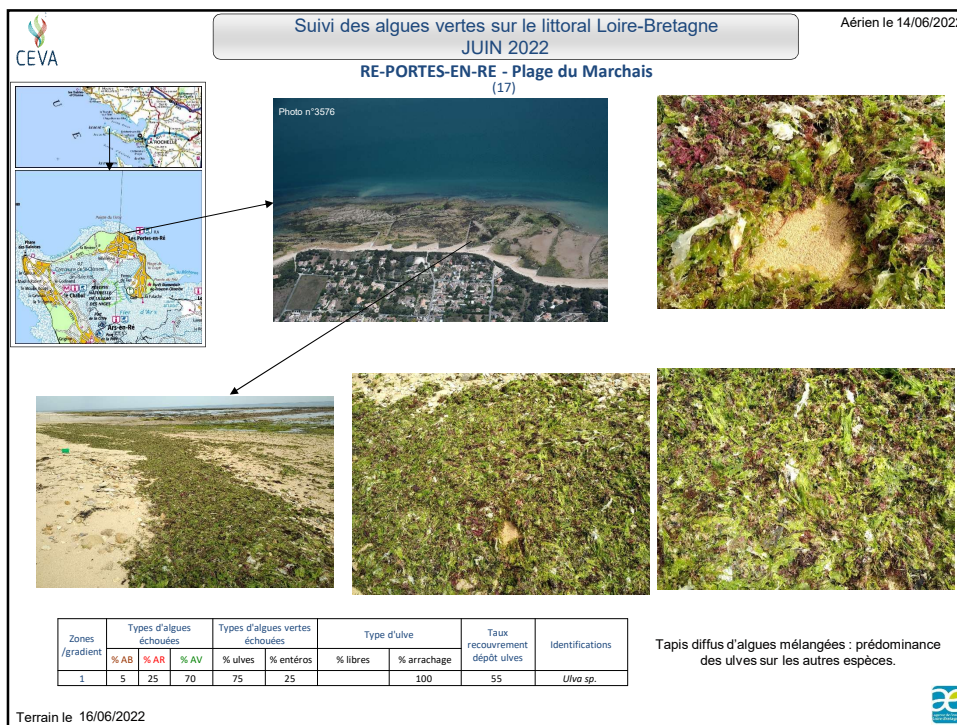
Zones /gradient	Types d'algues échouées			Types d'algues vertes échouées		Type d'ulve		Taux recouvrement dépôt ulves	Identifications
	% AB	% AR	% AV	% ulves	% entéros	% libres	% arrachage		
1	1		99	100			100	85	<i>Ulva sp.</i>

Terrain le 16/06/2022





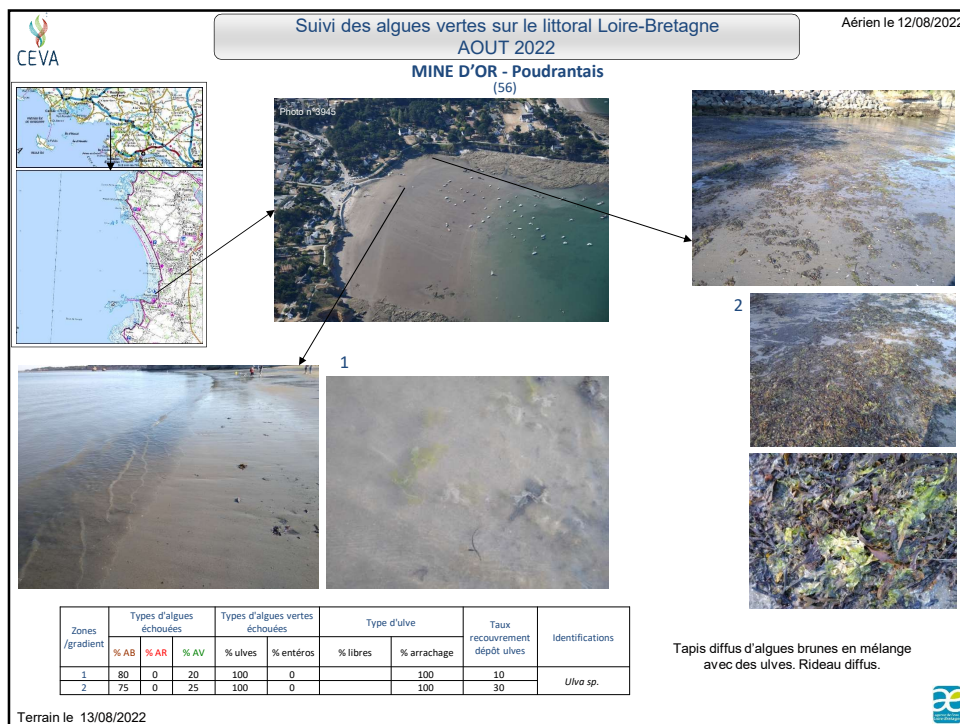


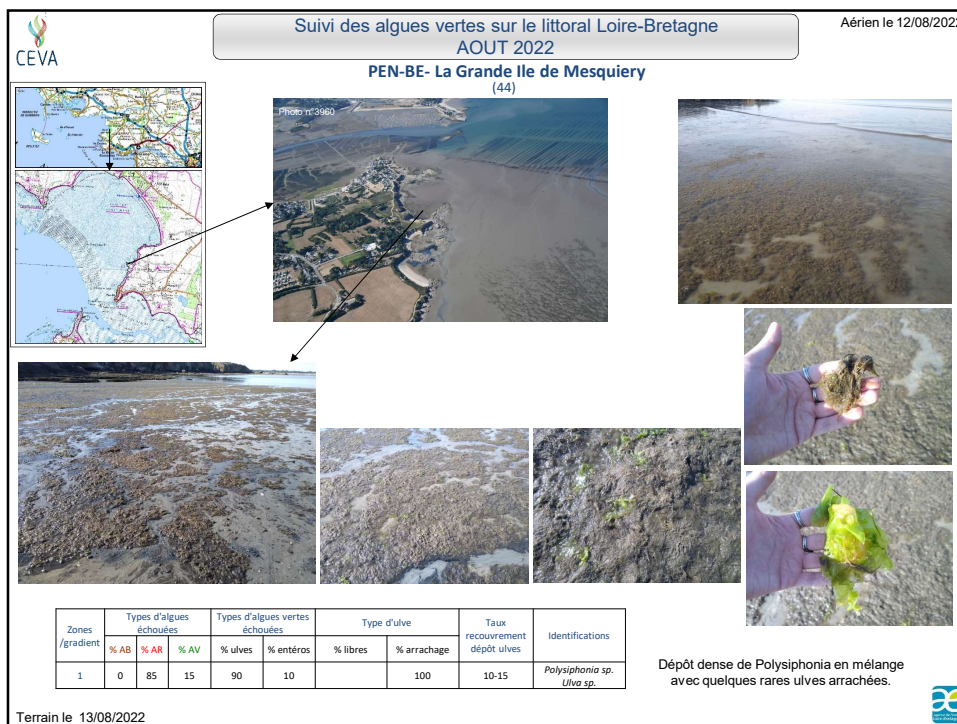
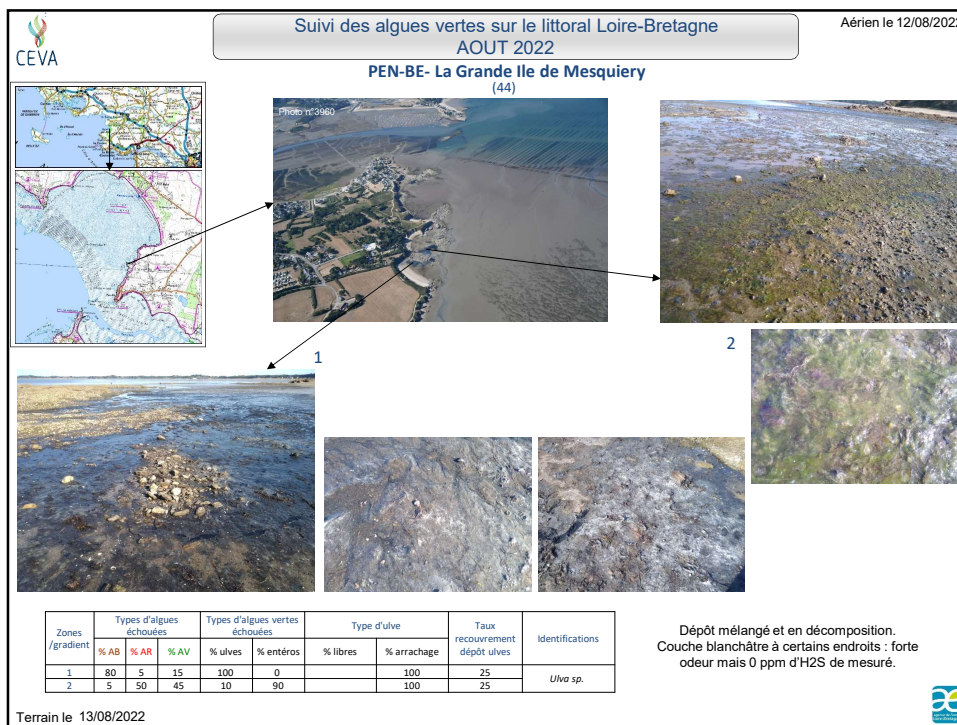


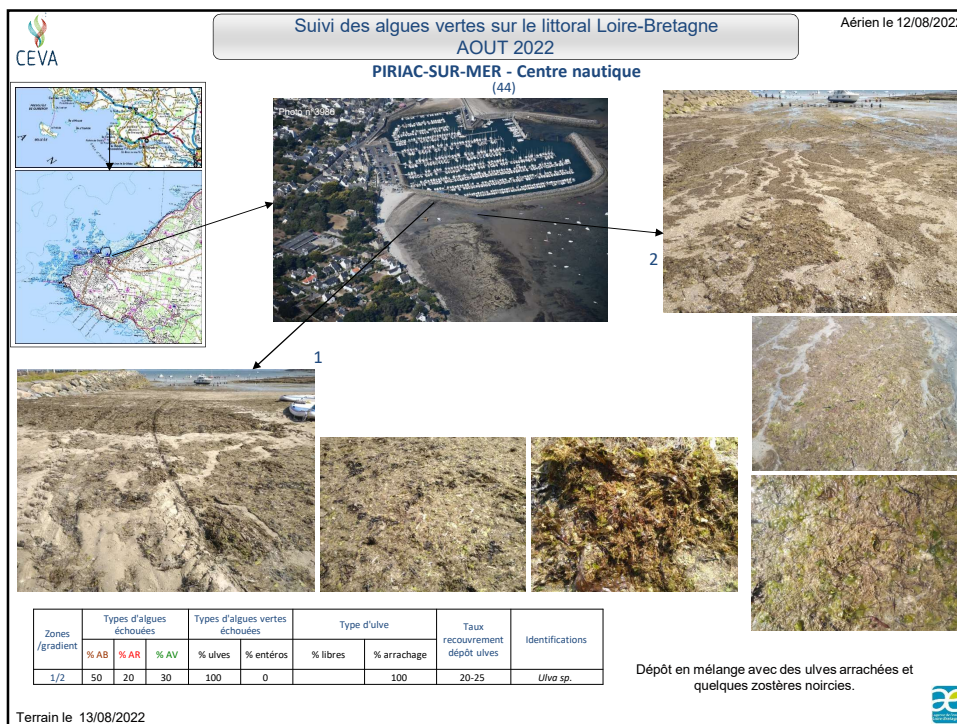
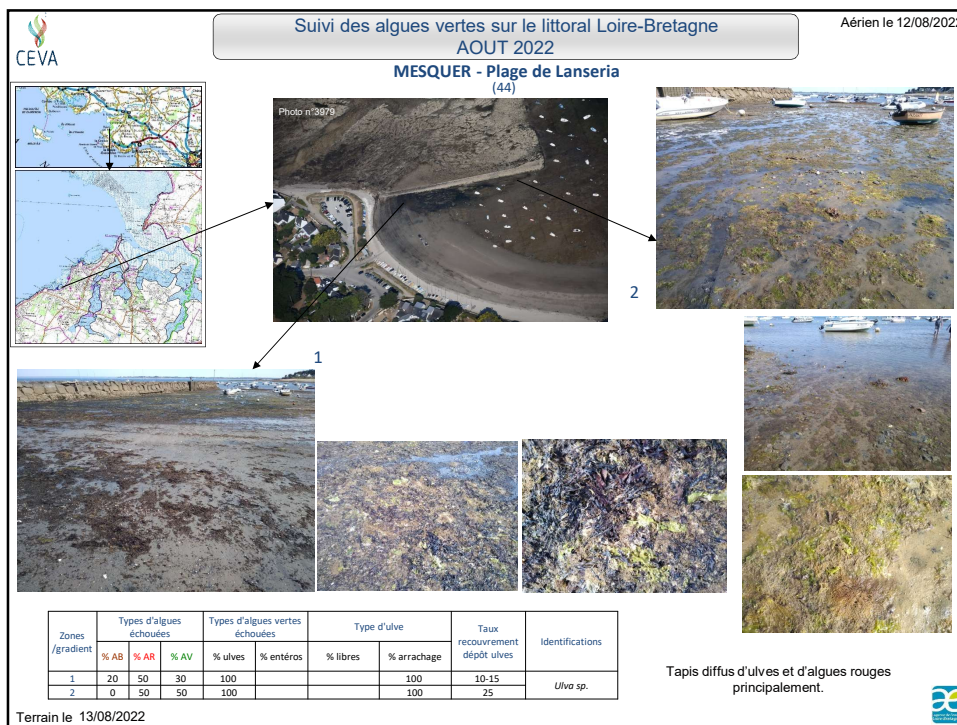
RCO LB (PL-Ré)

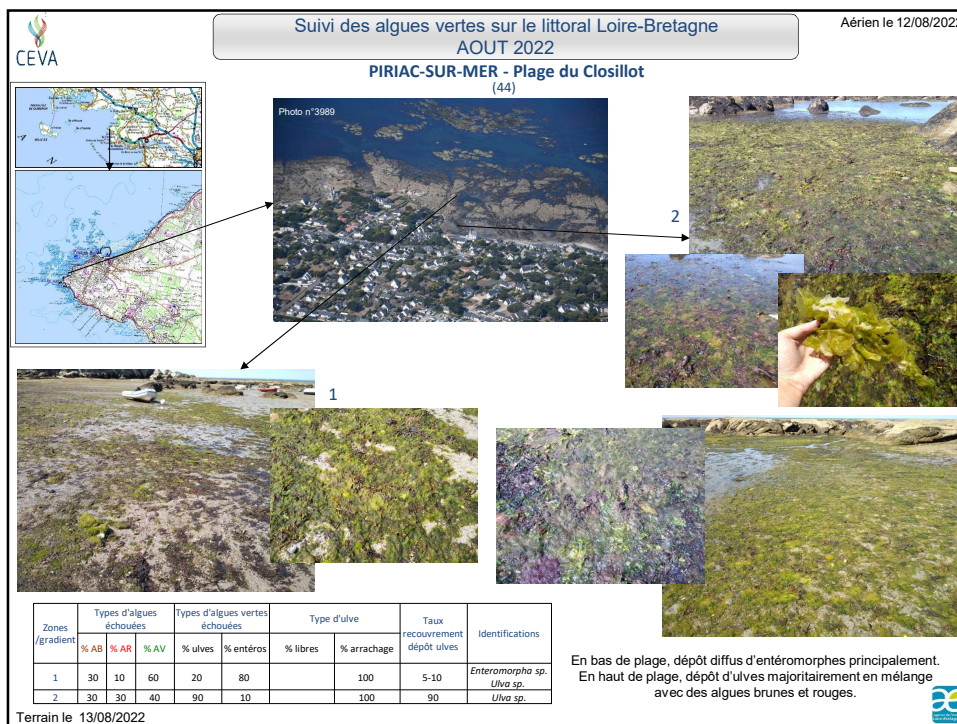
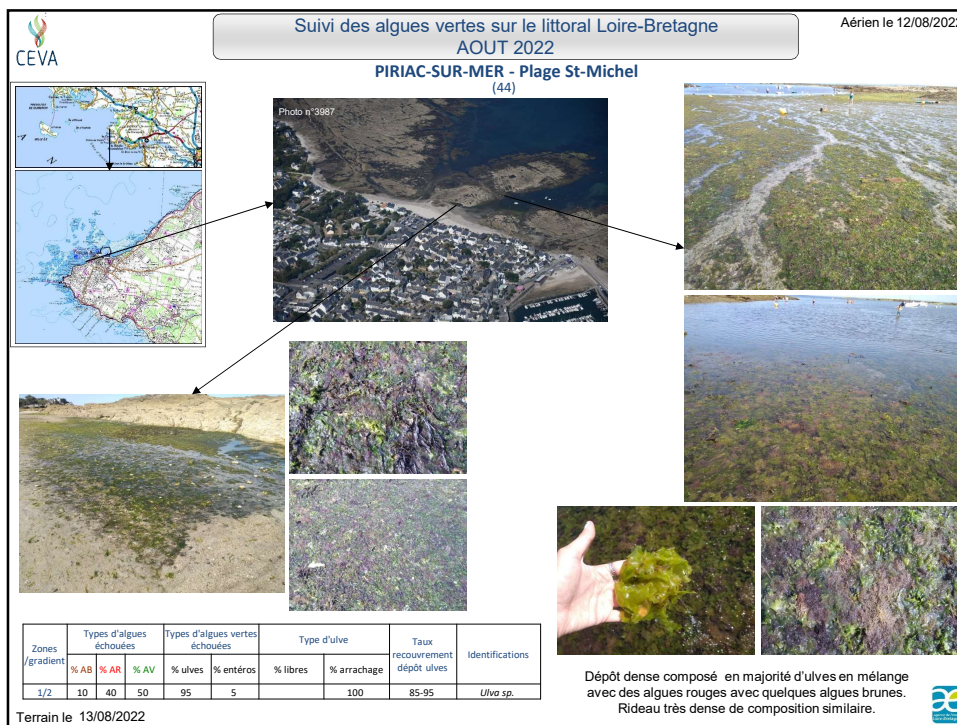
Inventaire de Août 2022 :

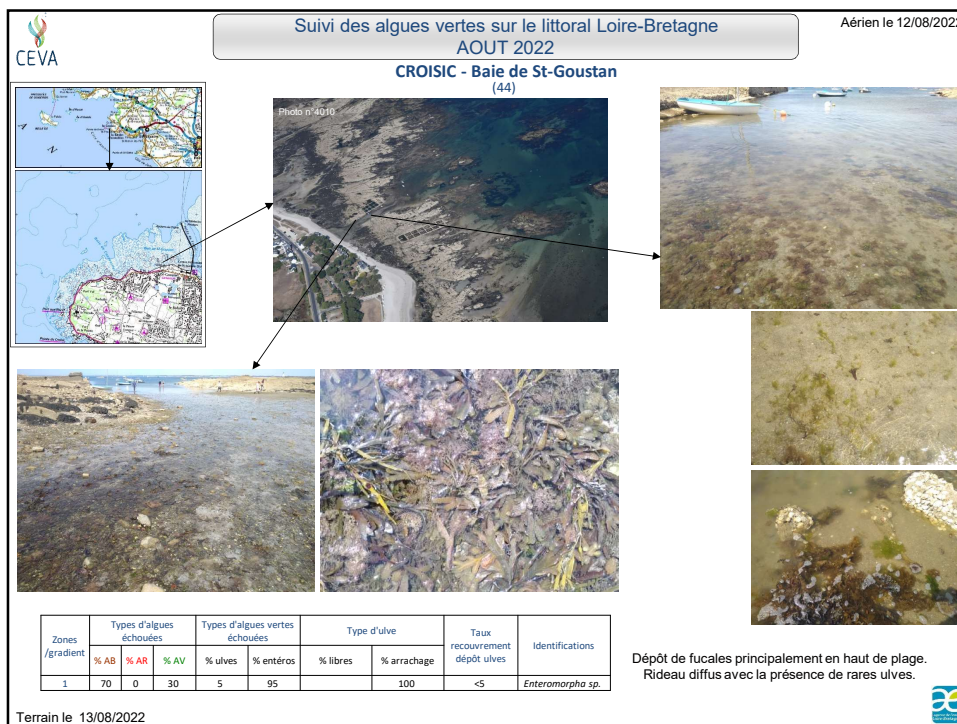
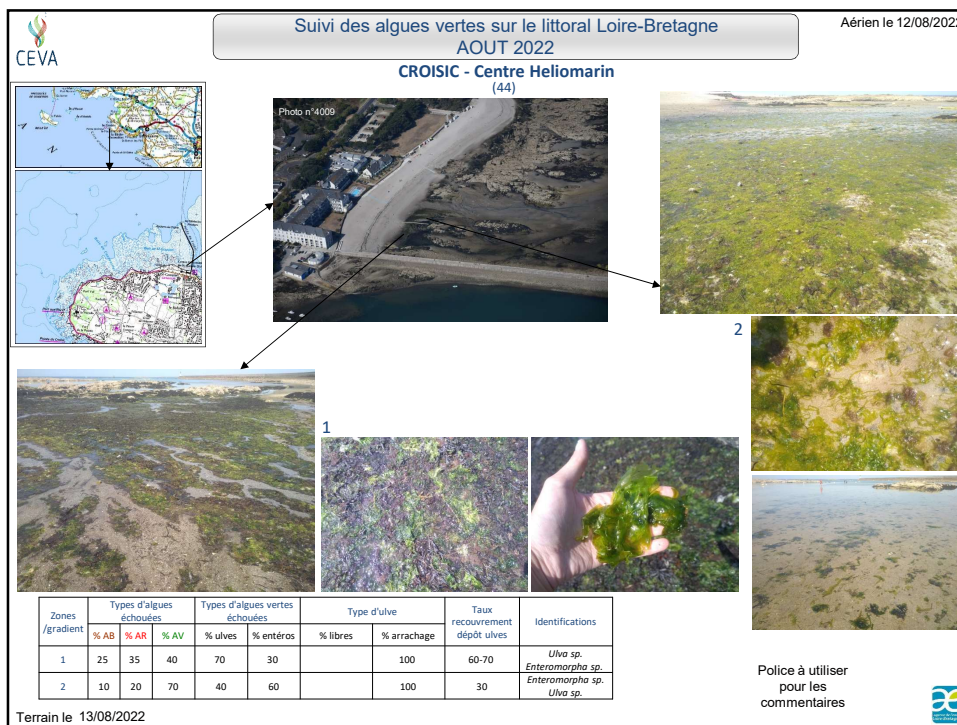
Fiches de synthèse des observations terrain

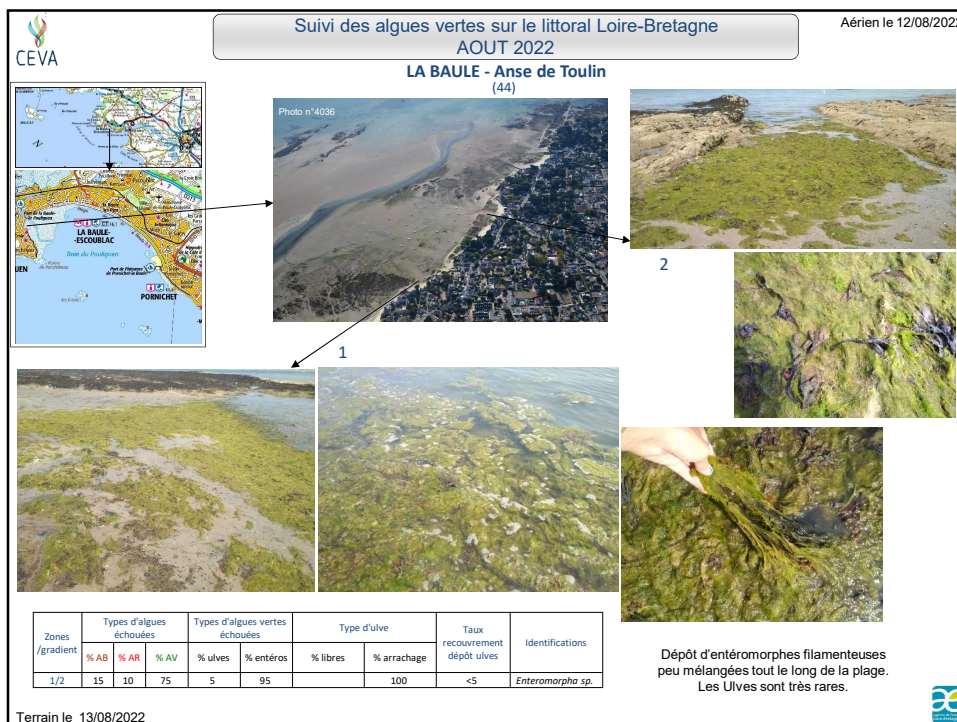
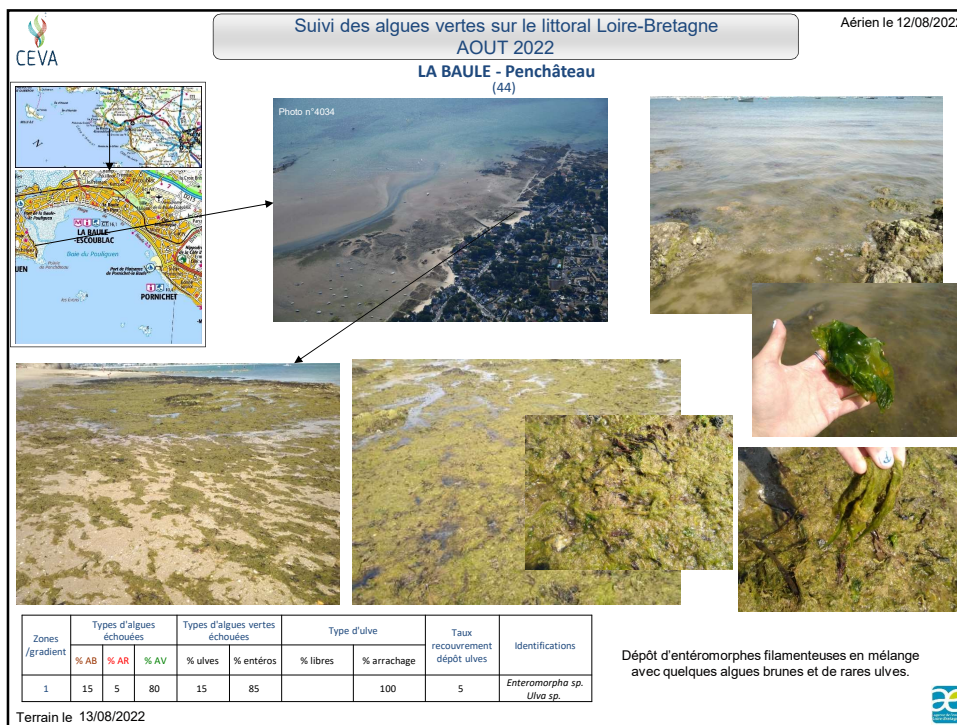


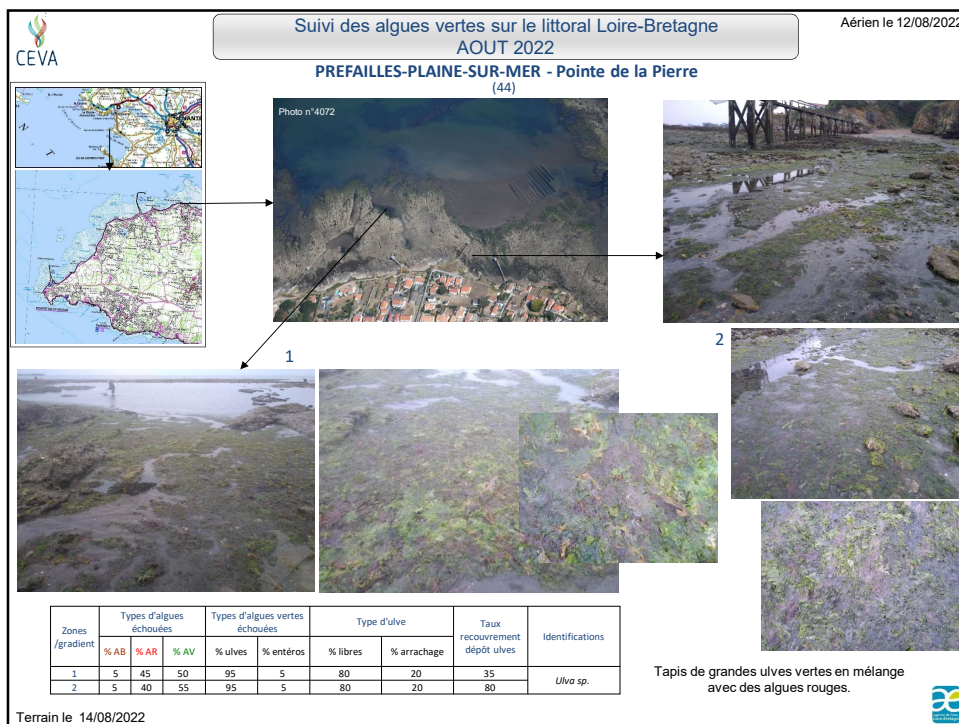
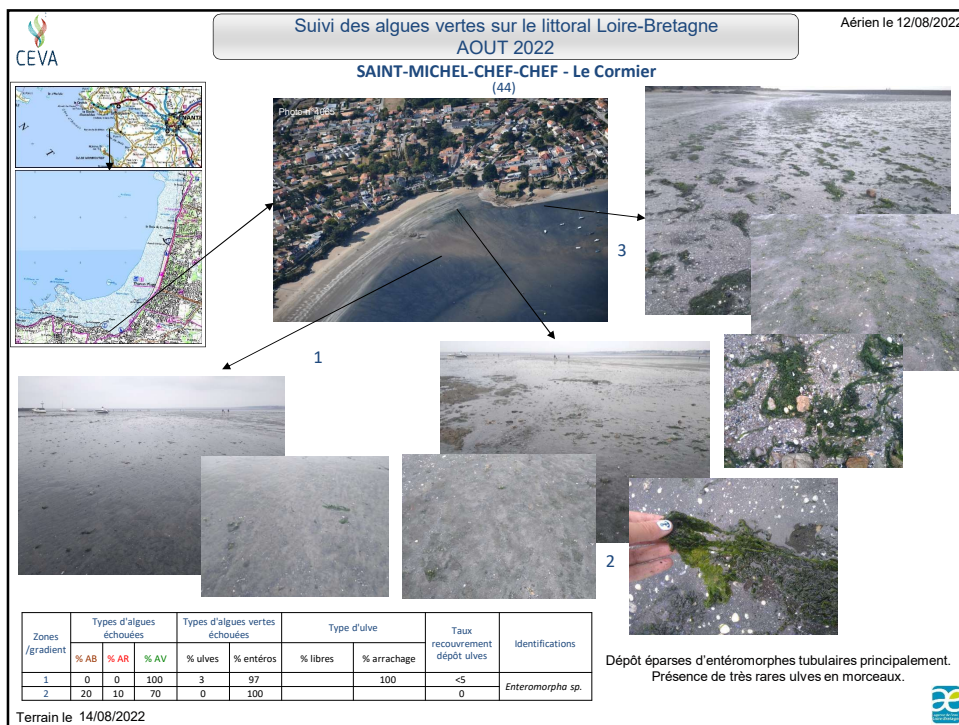


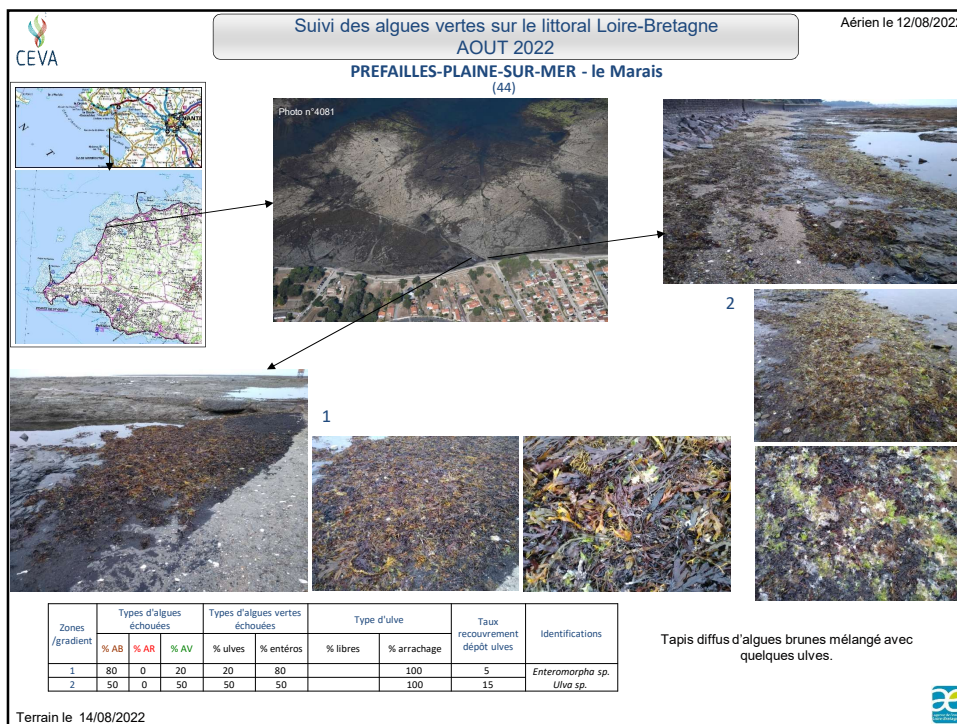
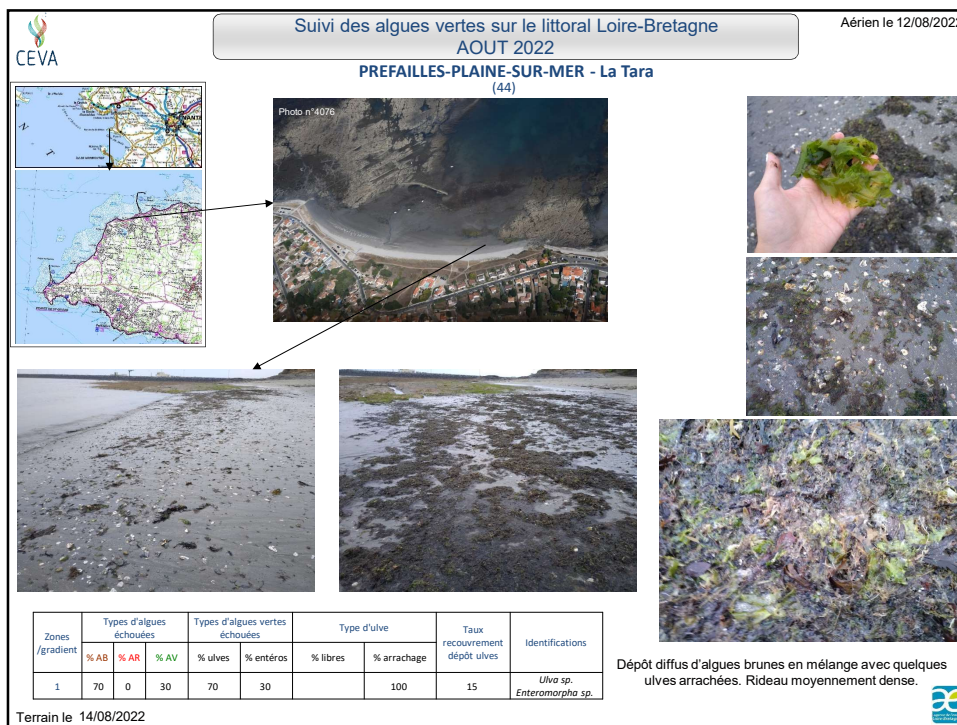


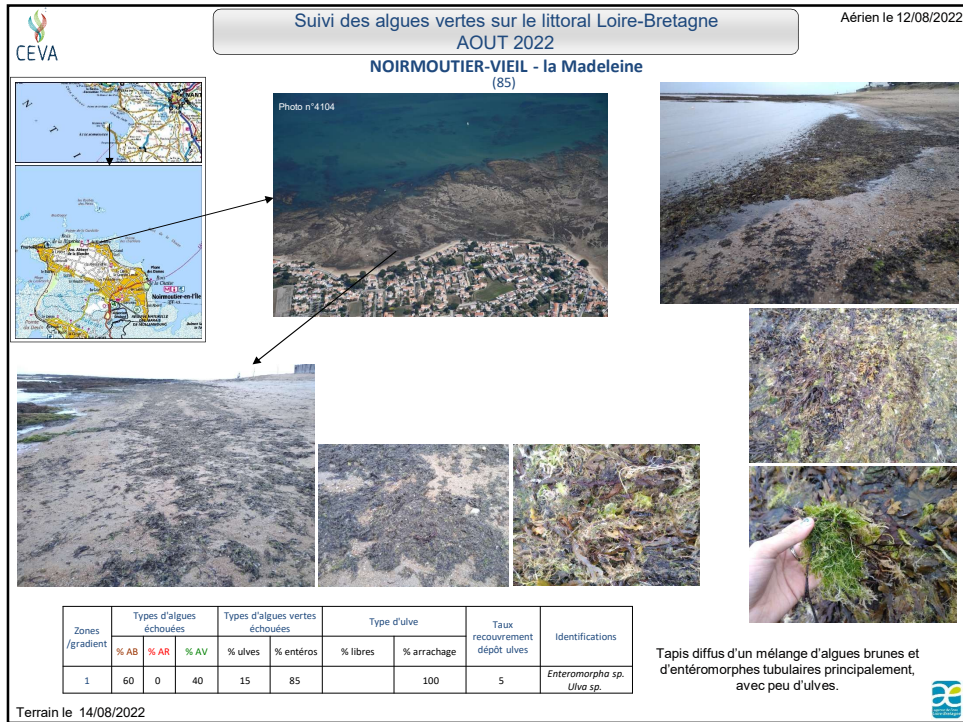
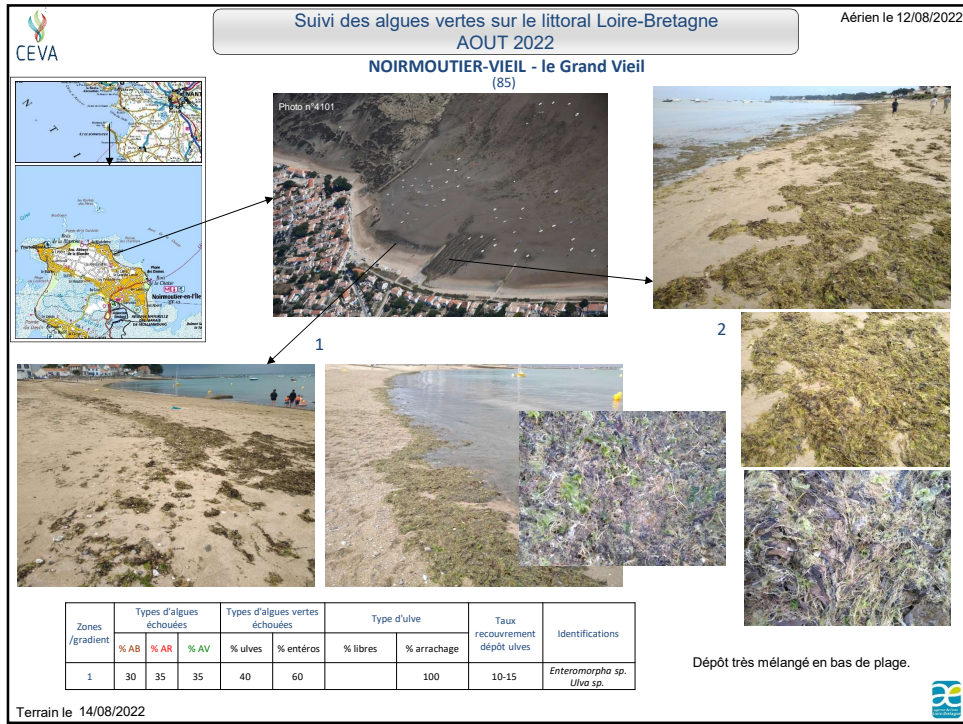


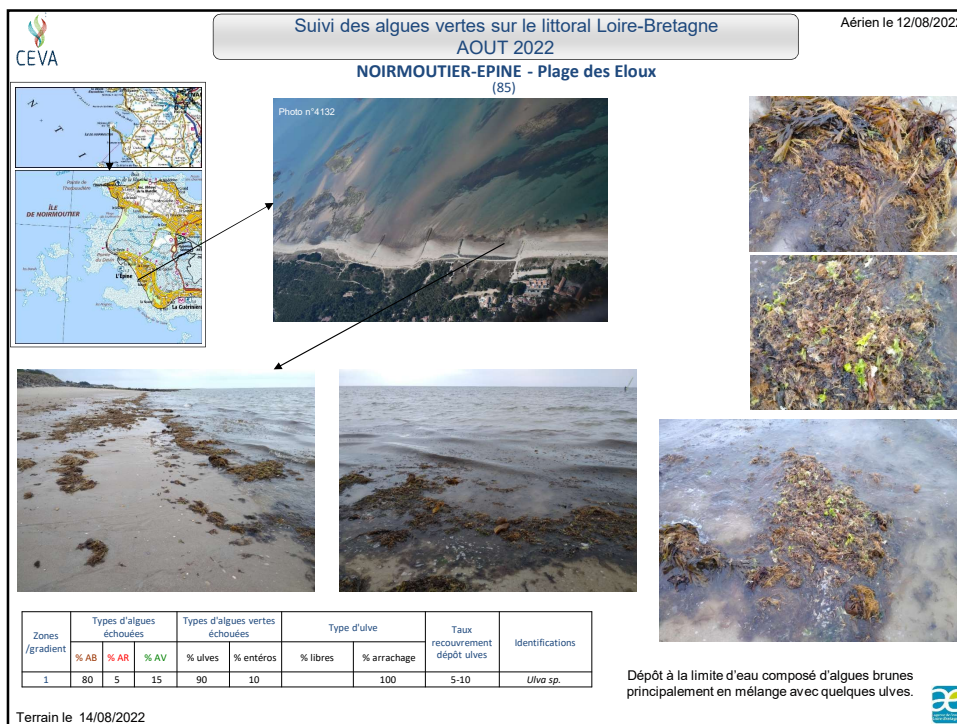
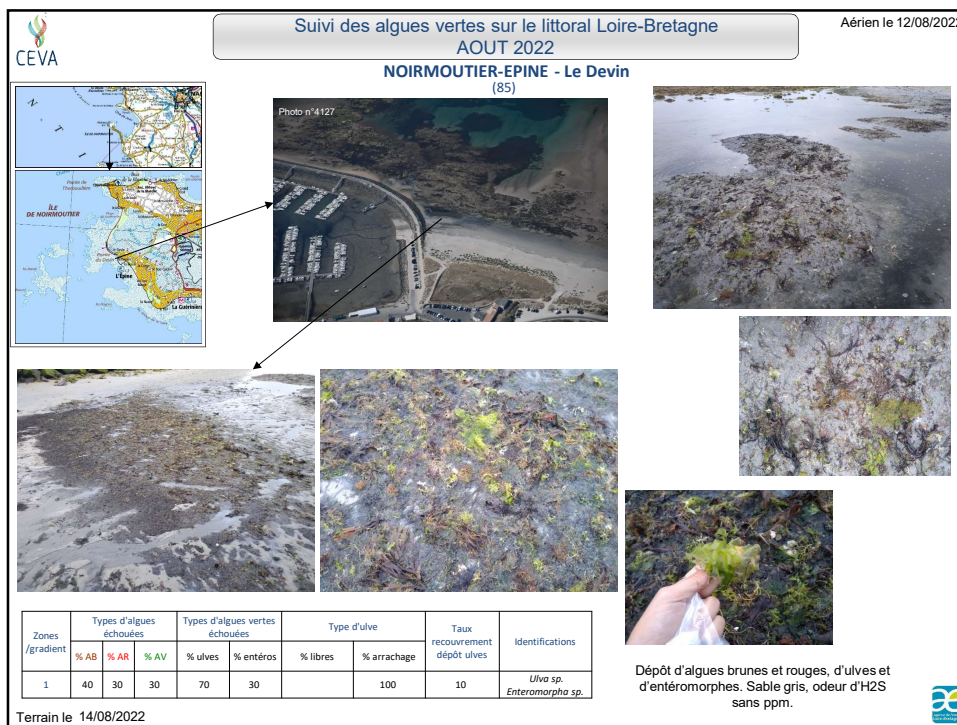


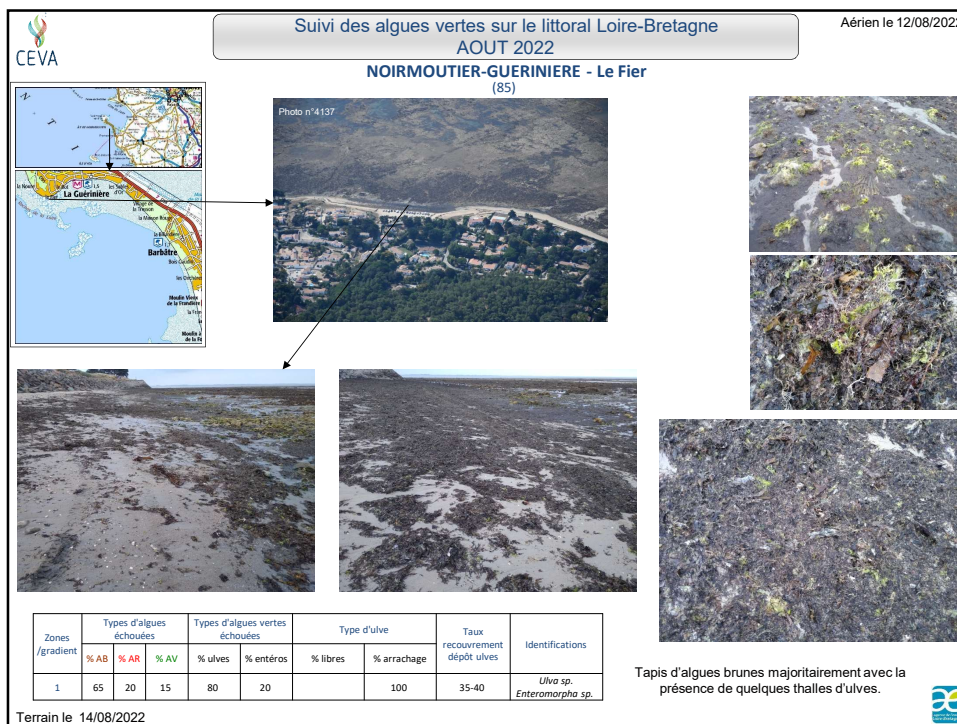
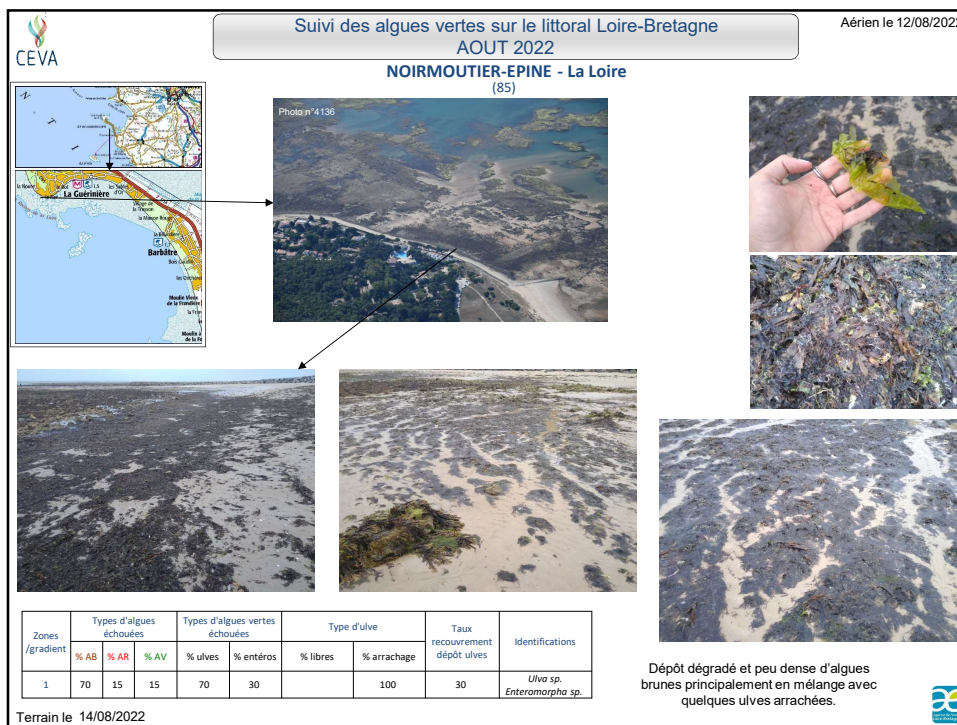


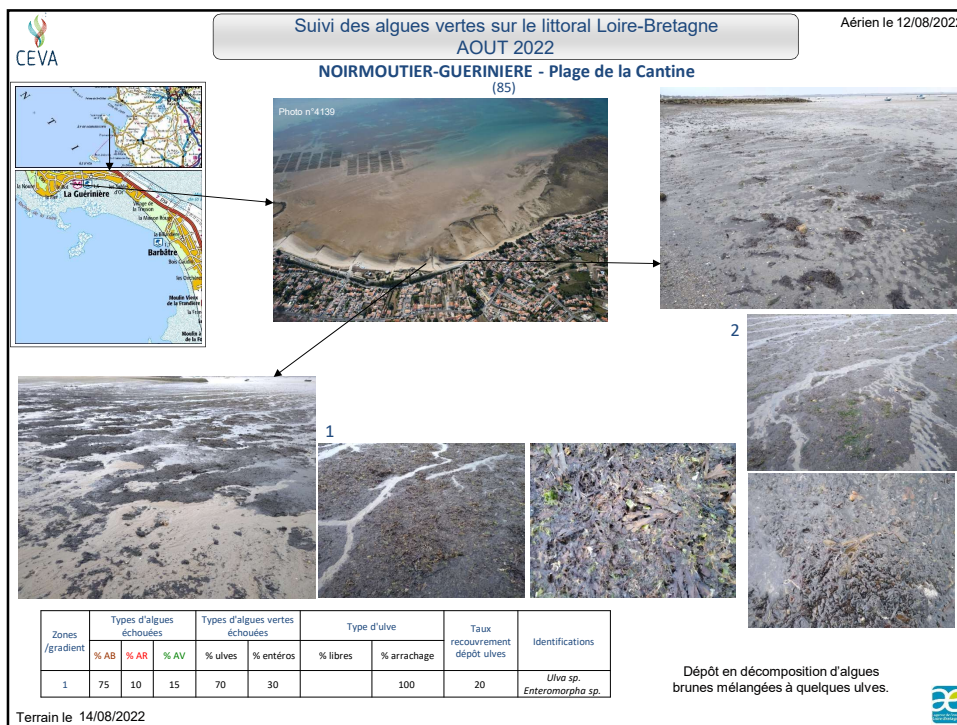




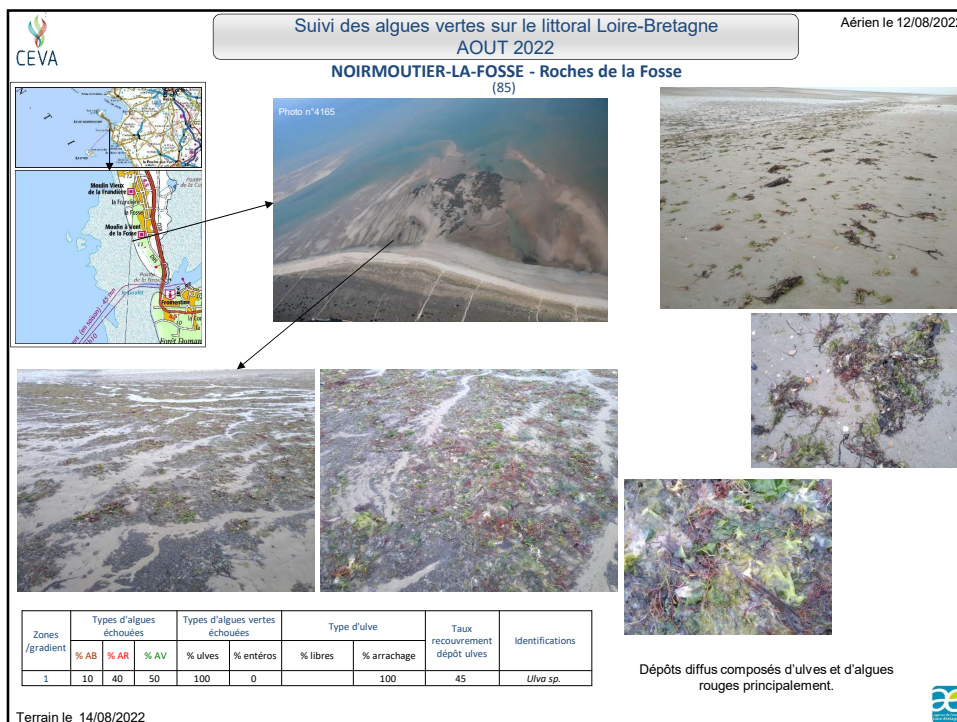




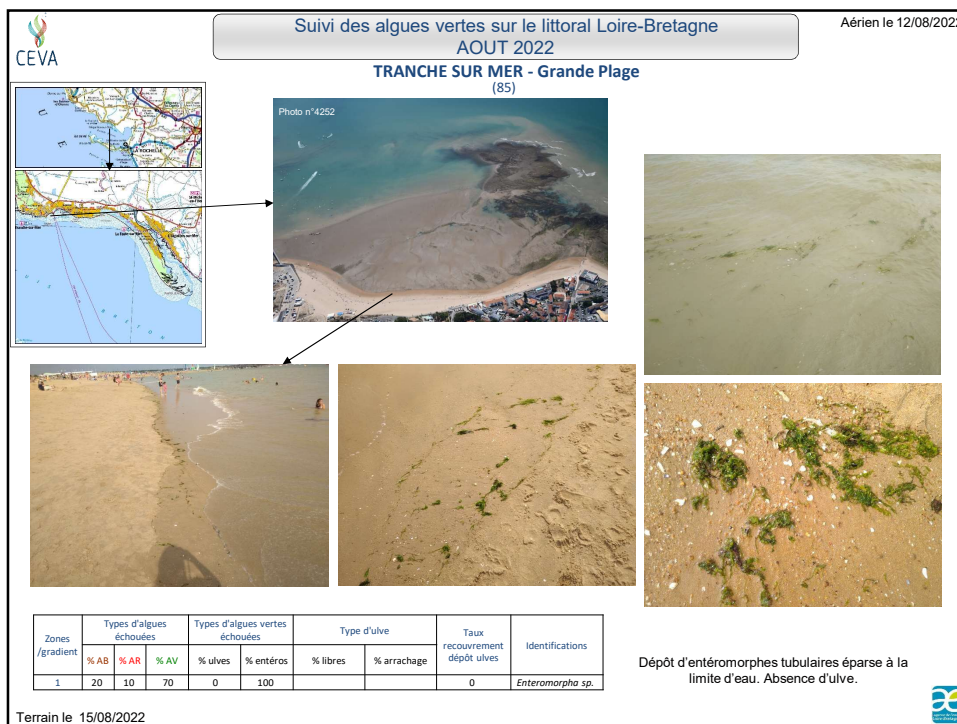
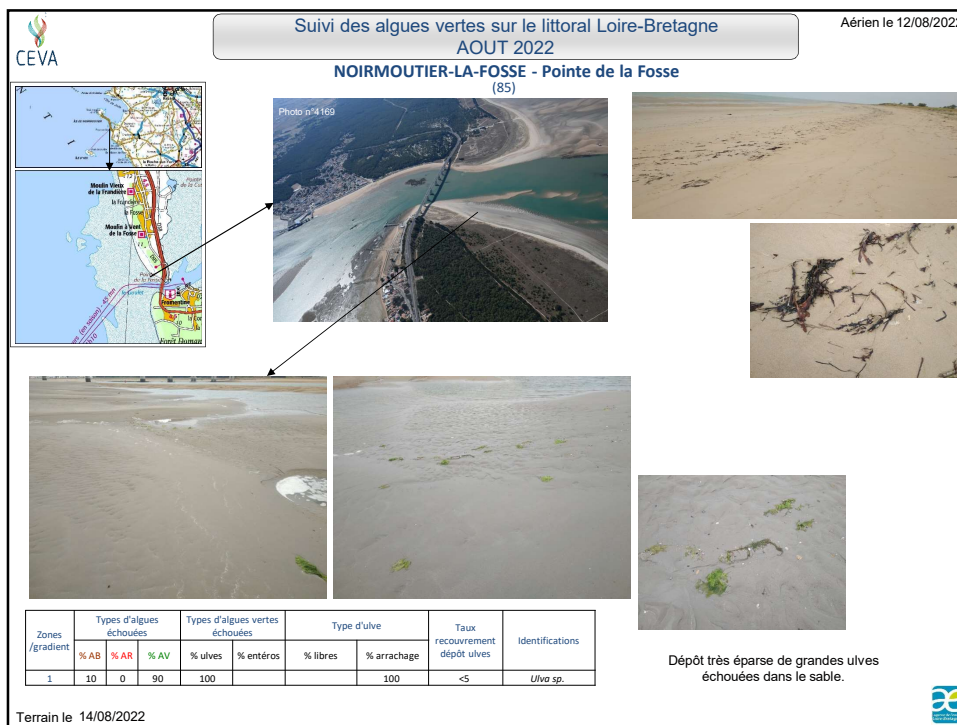


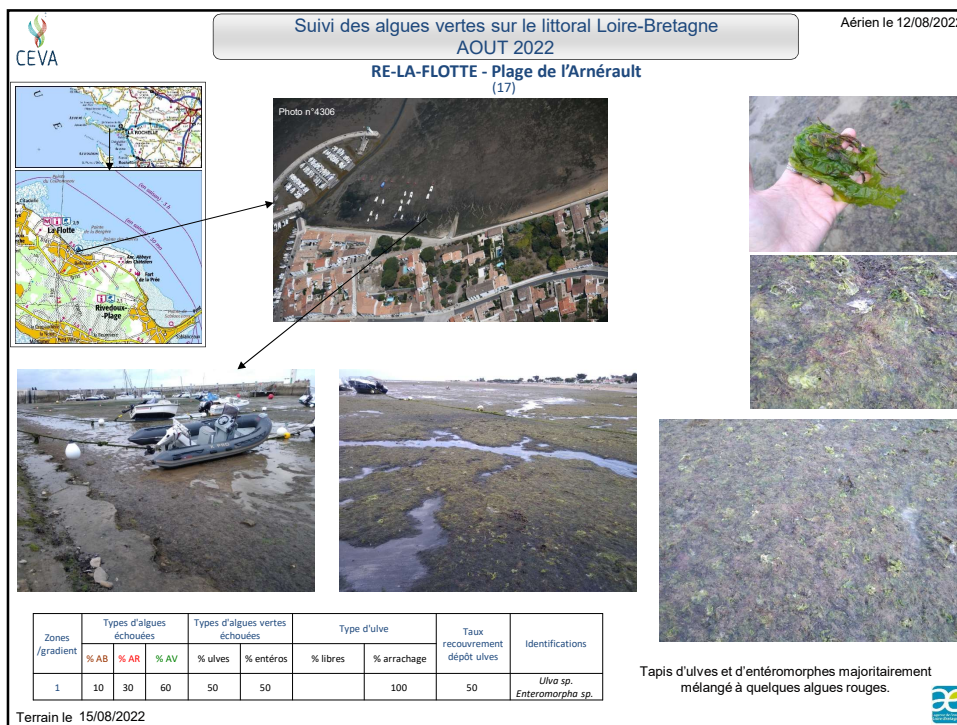


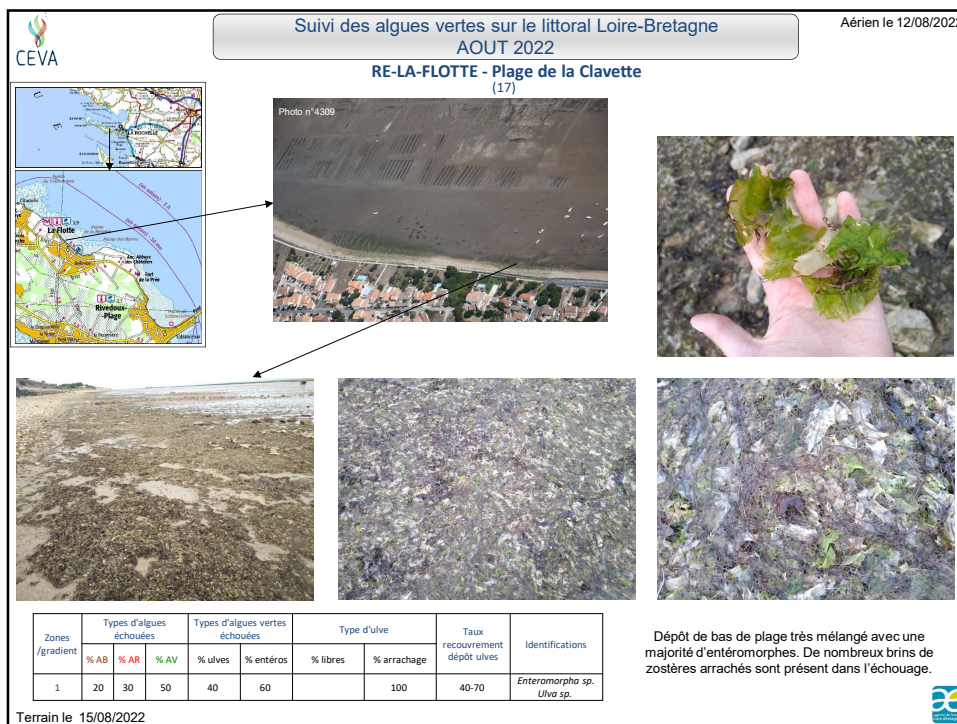
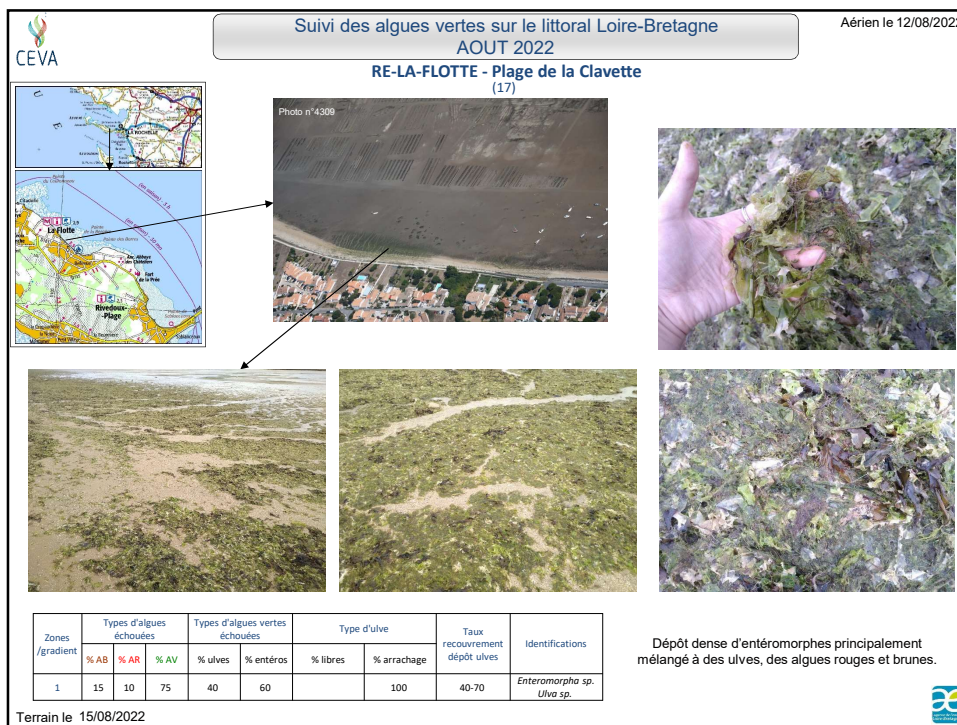
Terrain le 14/08/2022

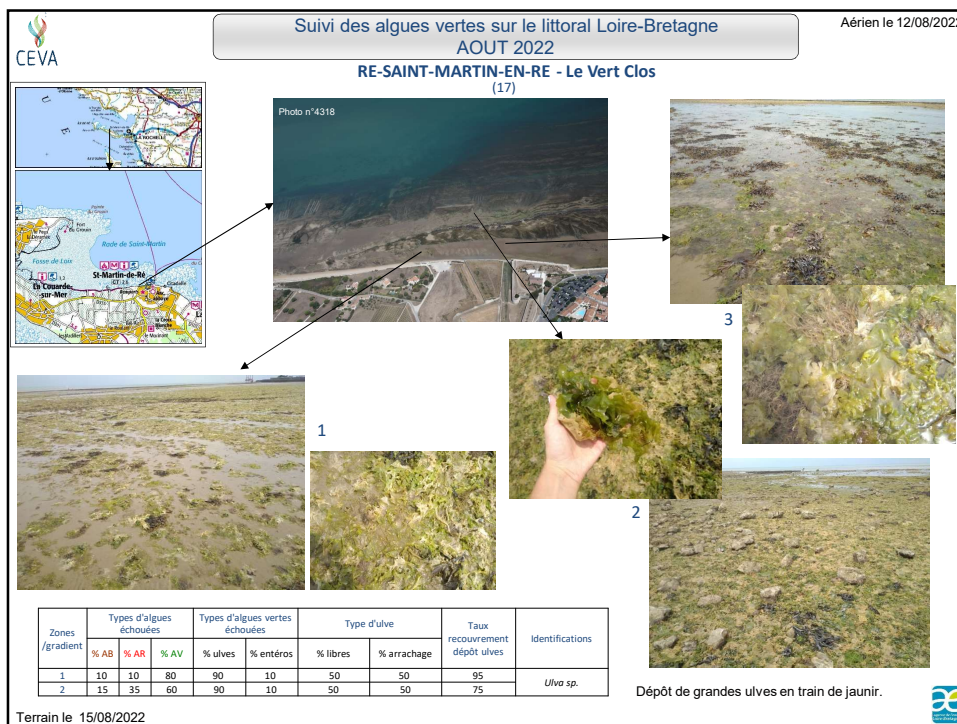
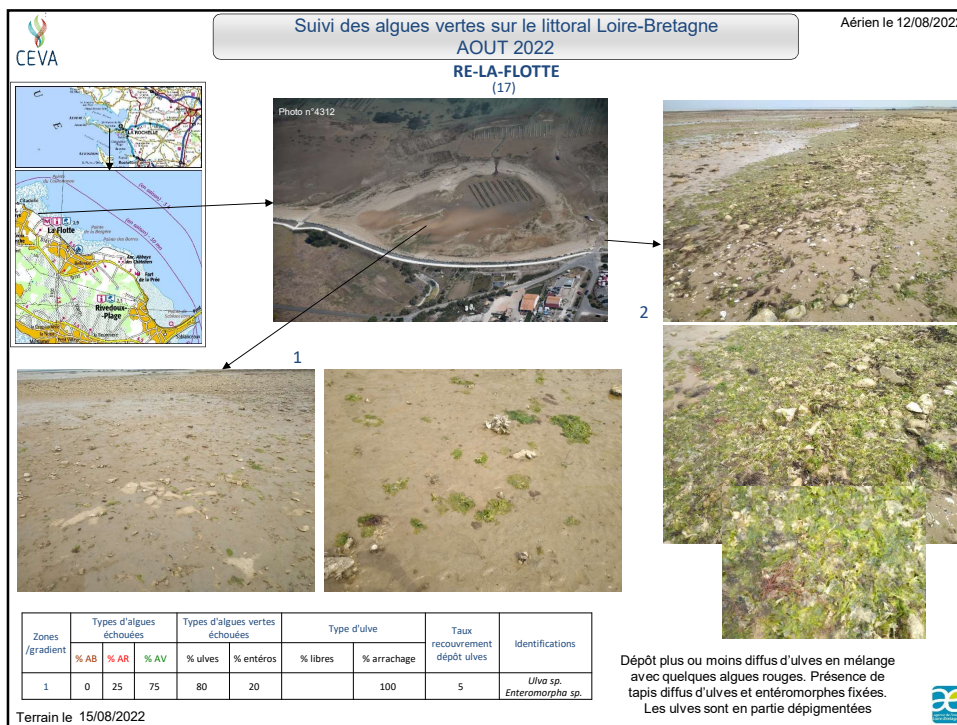


Terrain le 14/08/2022















Suivi des algues vertes sur le littoral Loire-Bretagne
AOÛT 2022
RE-SAINT-MARTIN-EN-RE - Le Vert Clos
 (17)

Aérien le 12/08/2022

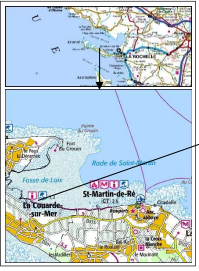




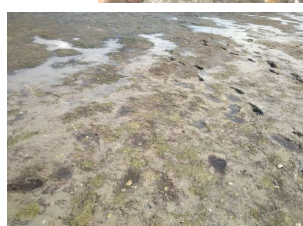
Zones /gradient	Types d'algues échouées			Types d'algues vertes échouées		Type d'ulve		Taux recouvrement dépôt ulves	Identifications
	% AB	% AR	% AV	% ulves	% entéros	% libres	% arrachage		
1	10	10	80	90	10		100	80	<i>Ulva sp.</i>

Tapis de grandes ulves vert pâle.

Terrain le 15/08/2022

Suivi des algues vertes sur le littoral Loire-Bretagne
AOÛT 2022
RE-SAINT-MARTIN-EN-RE - Plage de la Charge Neuve
 (17)

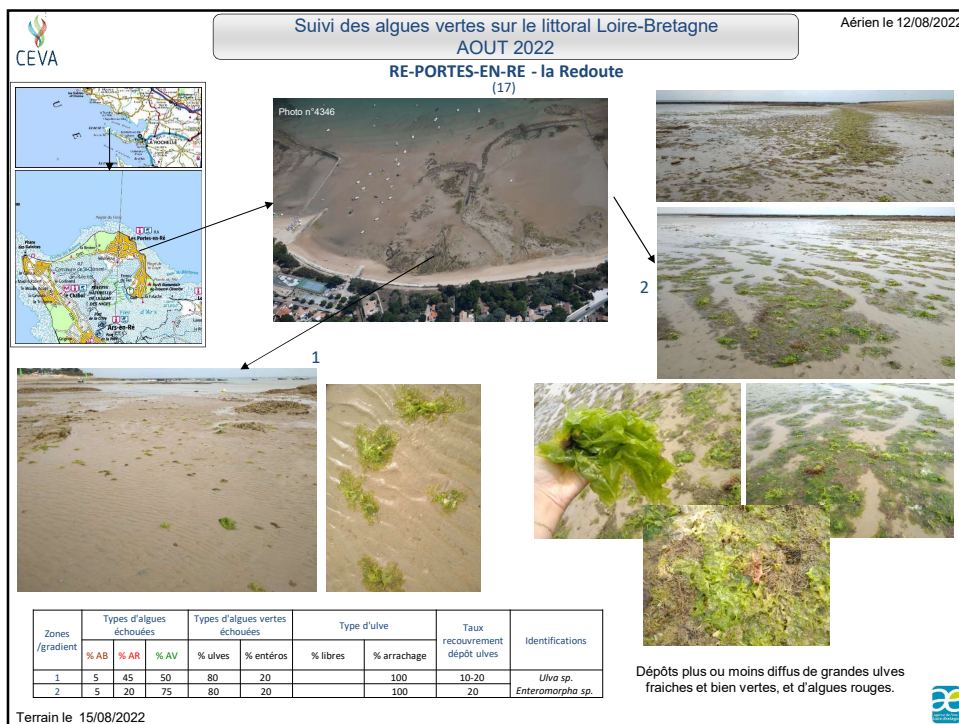
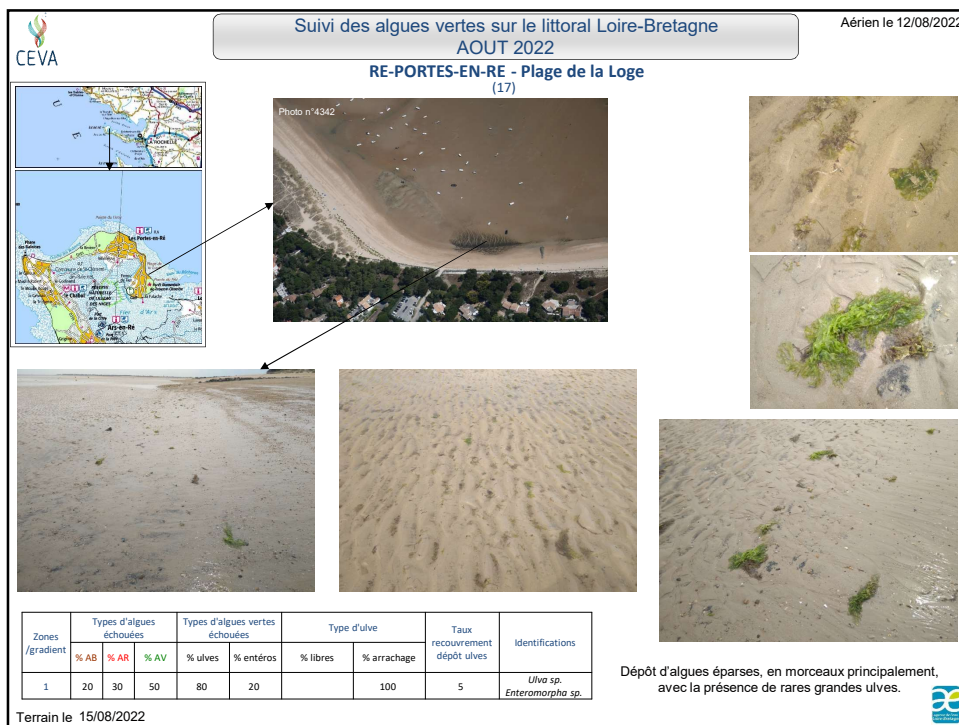
Aérien le 12/08/2022

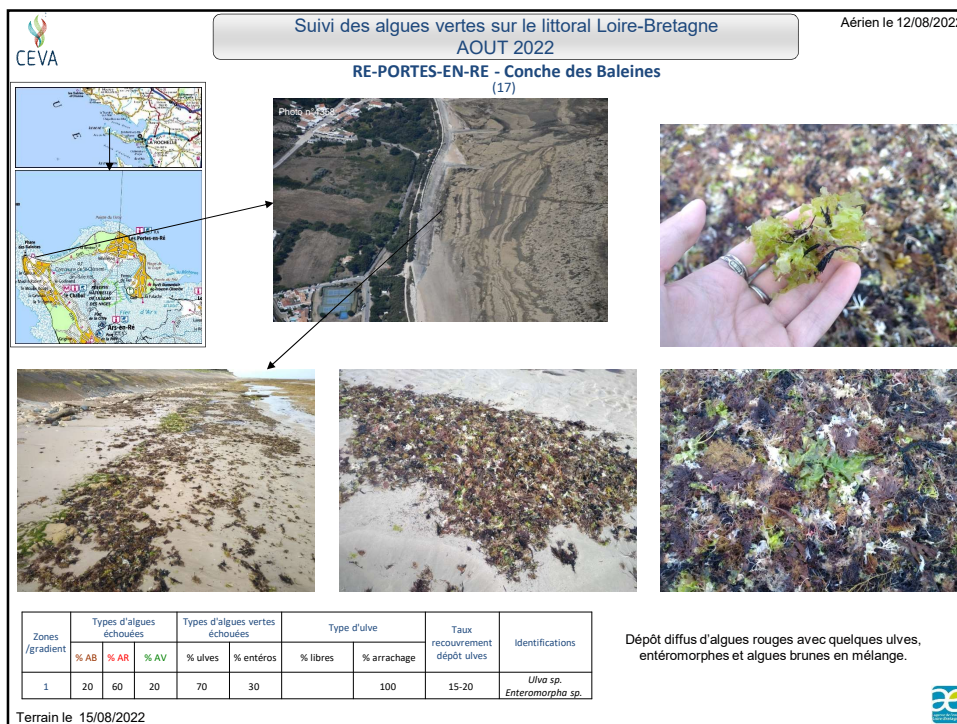
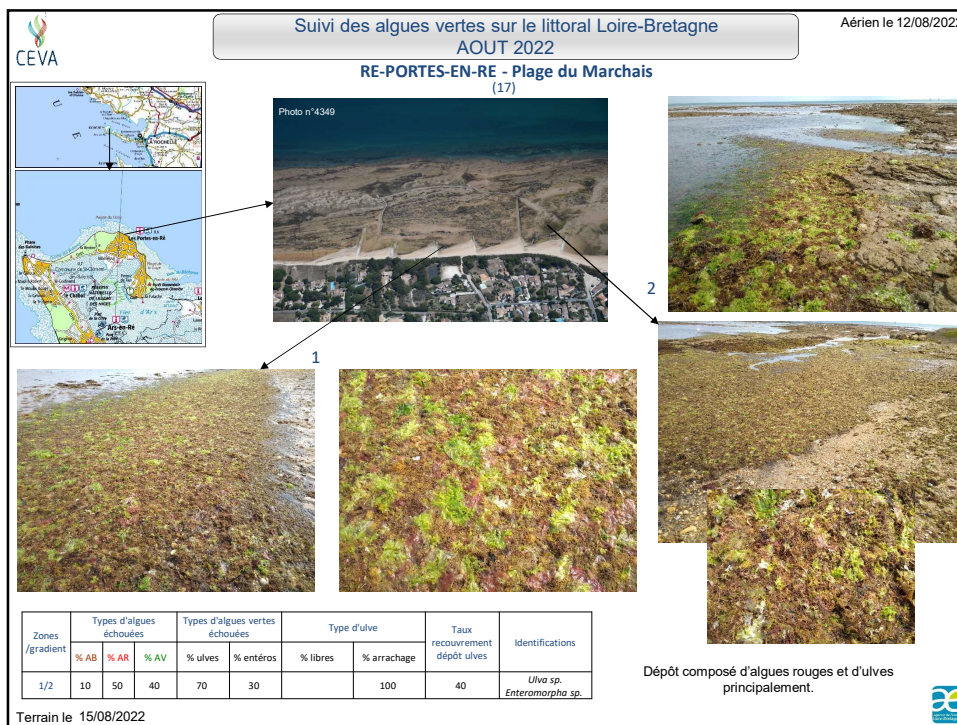







Zones /gradient	Types d'algues échouées			Types d'algues vertes échouées		Type d'ulve		Taux recouvrement dépôt ulves	Identifications
	% AB	% AR	% AV	% ulves	% entéros	% libres	% arrachage		
1	0	0	100	50	50		100	10	<i>Ulva sp.</i> <i>Enteromorpha sp.</i>

Herbier de zostères (échouées en haut d'estran) avec la présence de quelques ulves et entéromorphes en superposition.

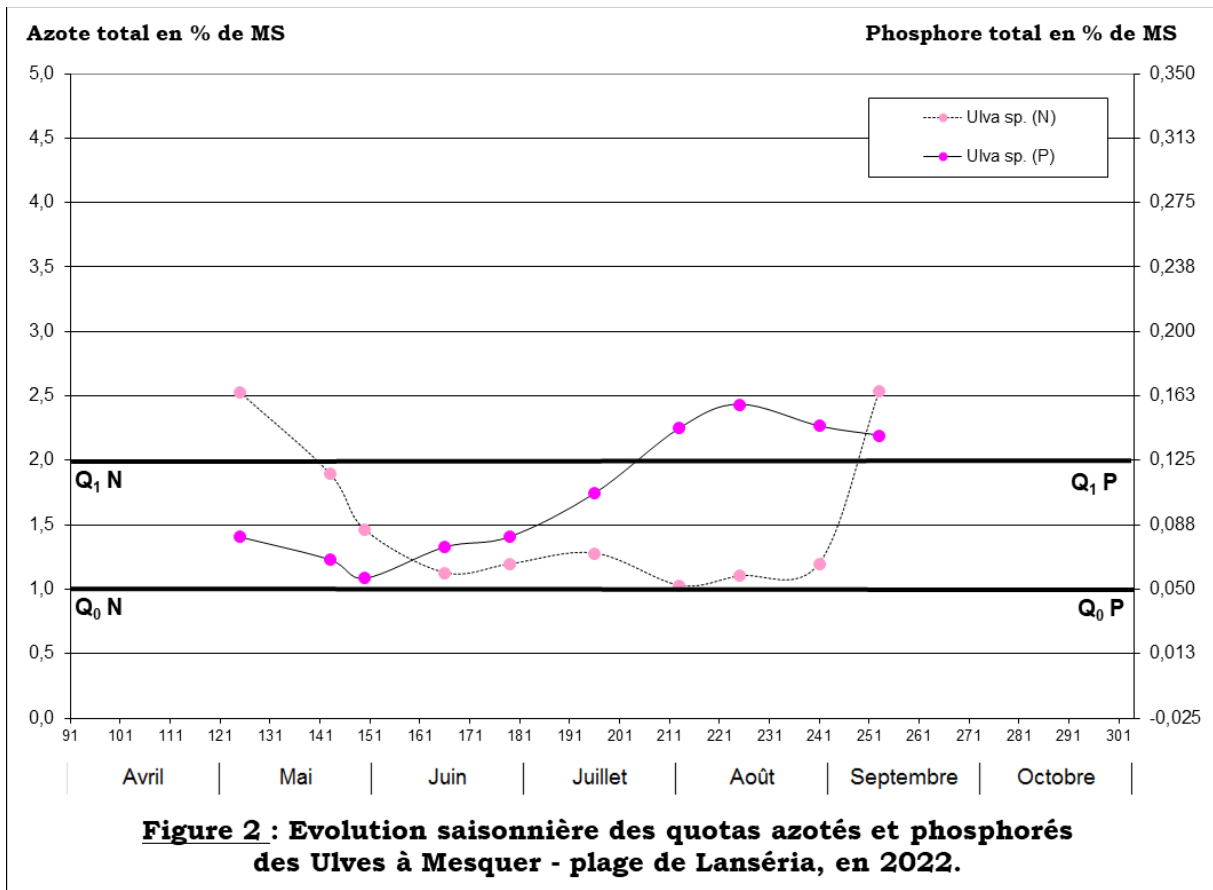
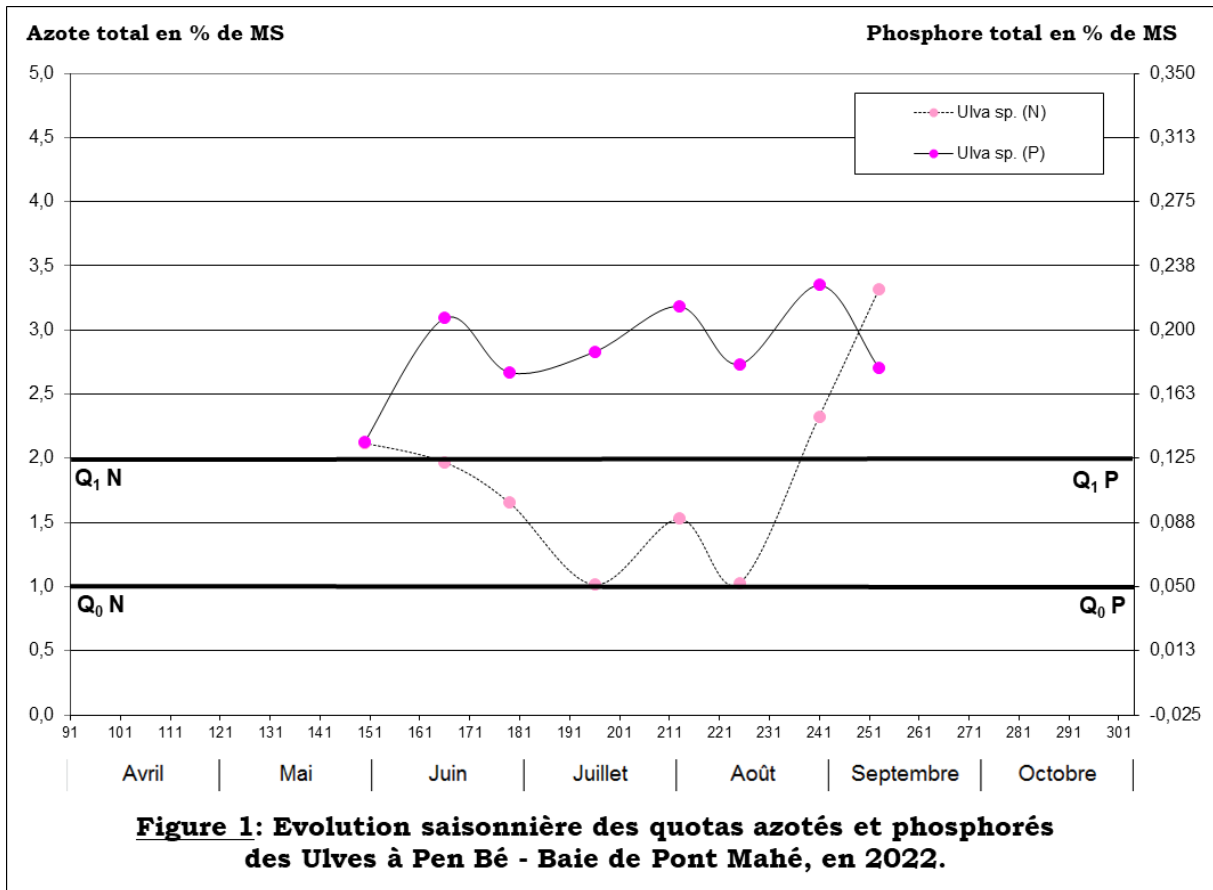
Terrain le 15/08/2022

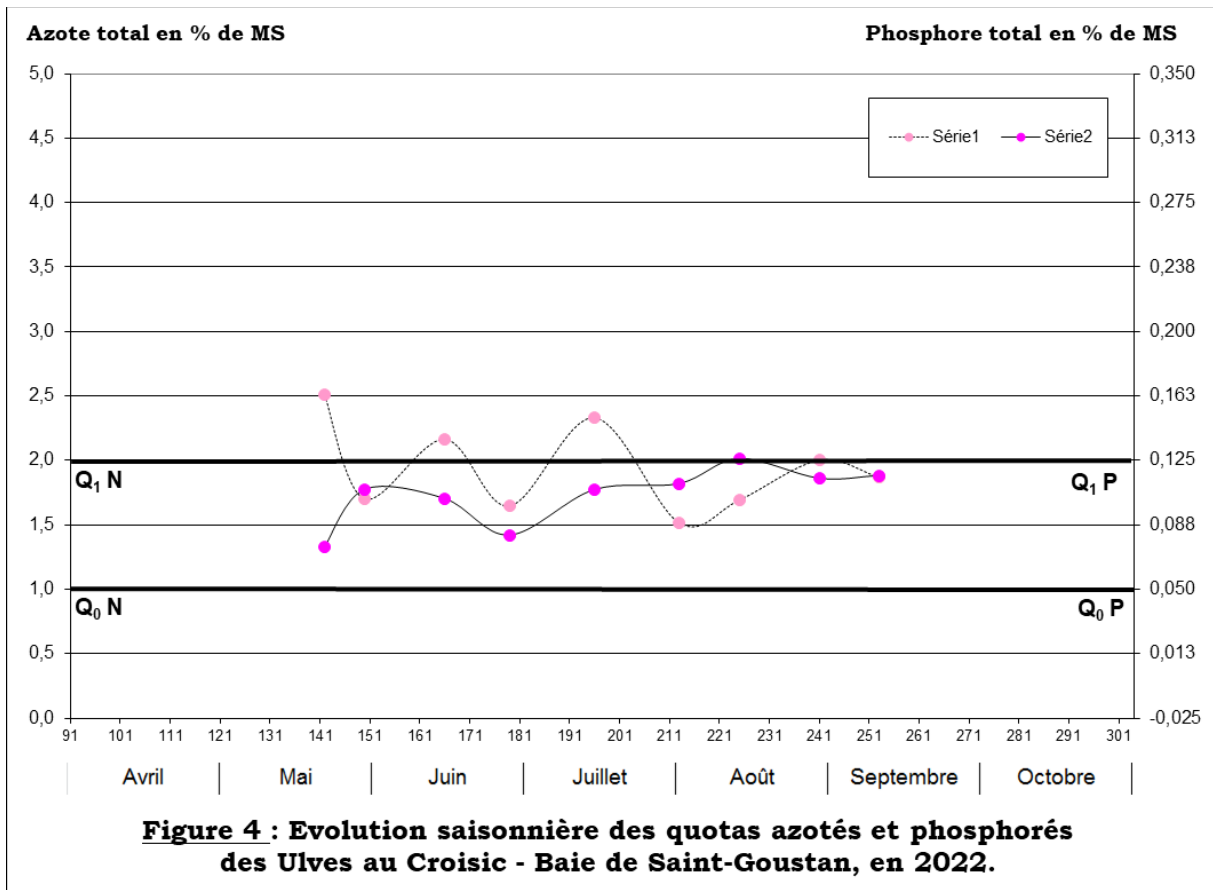
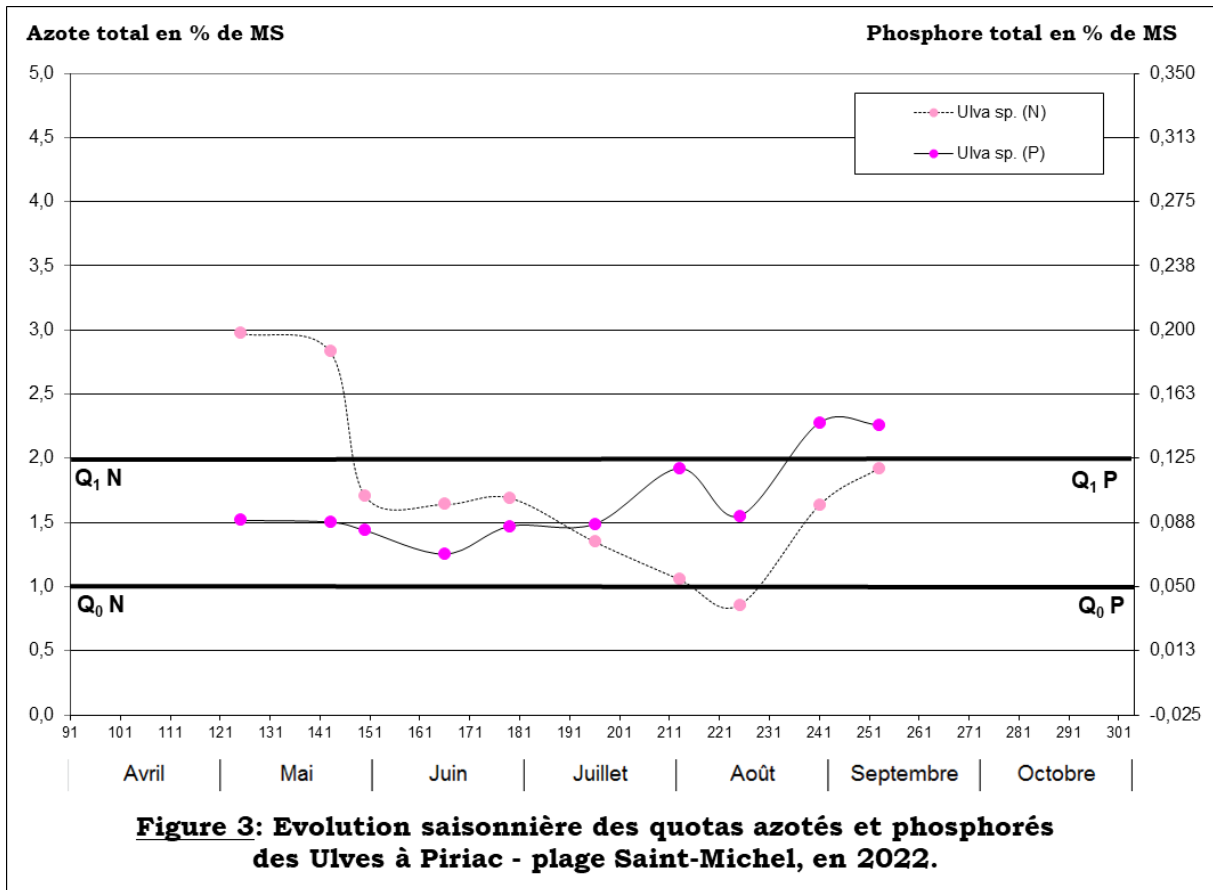


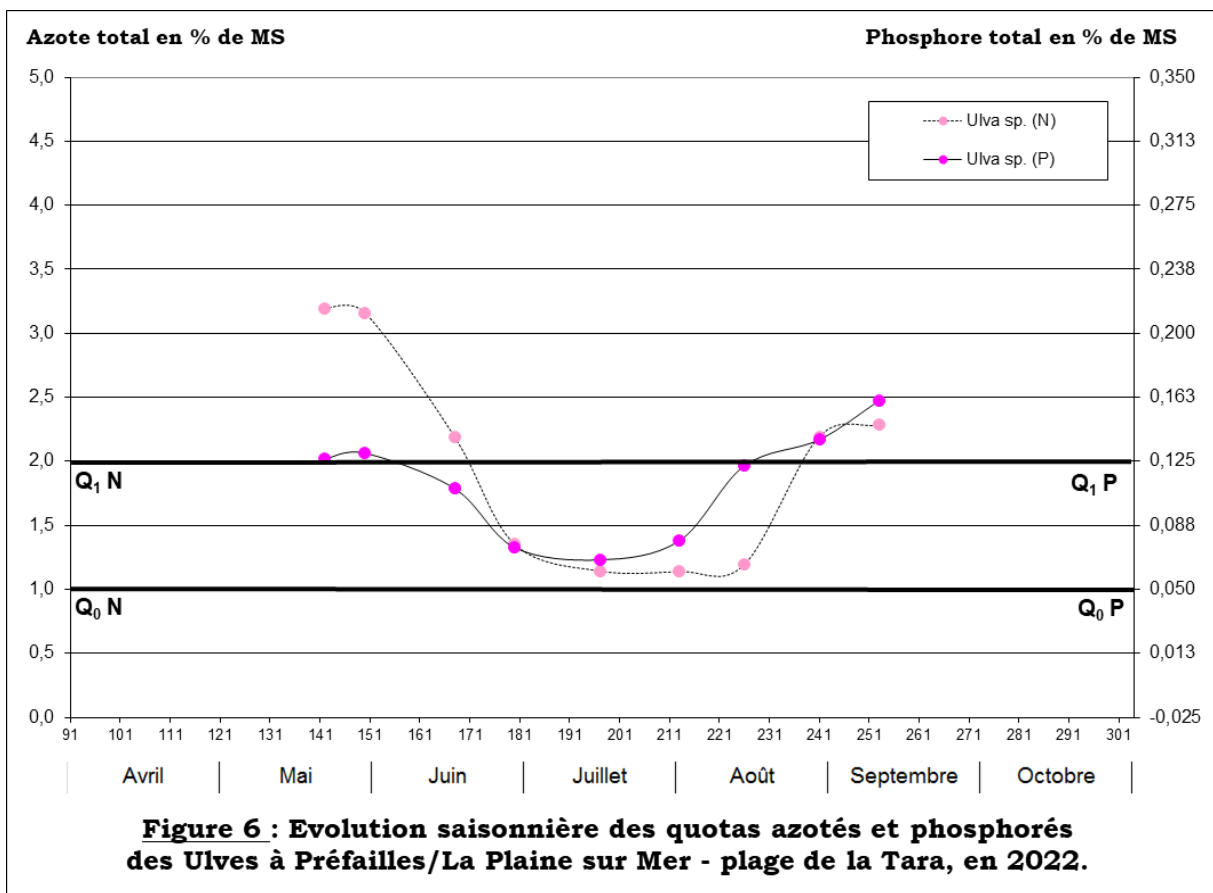
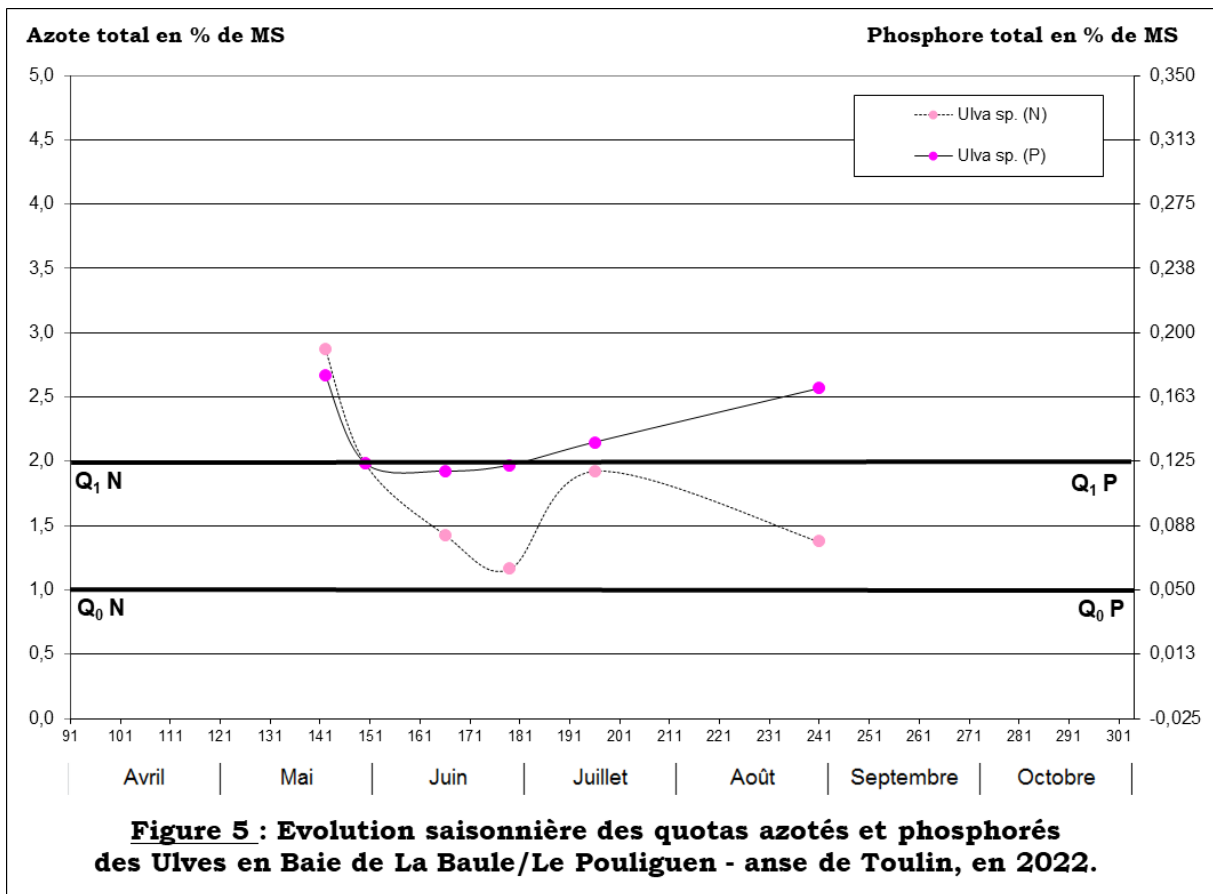


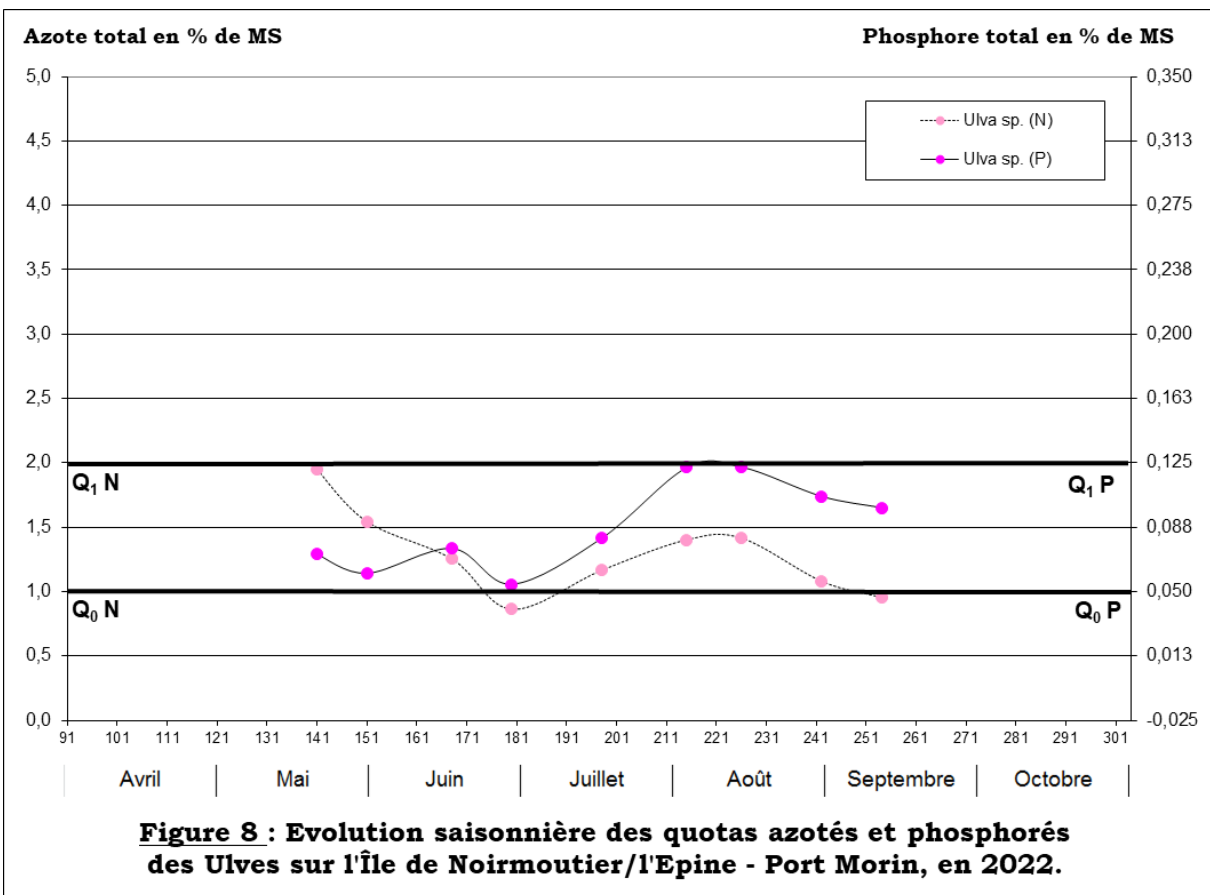
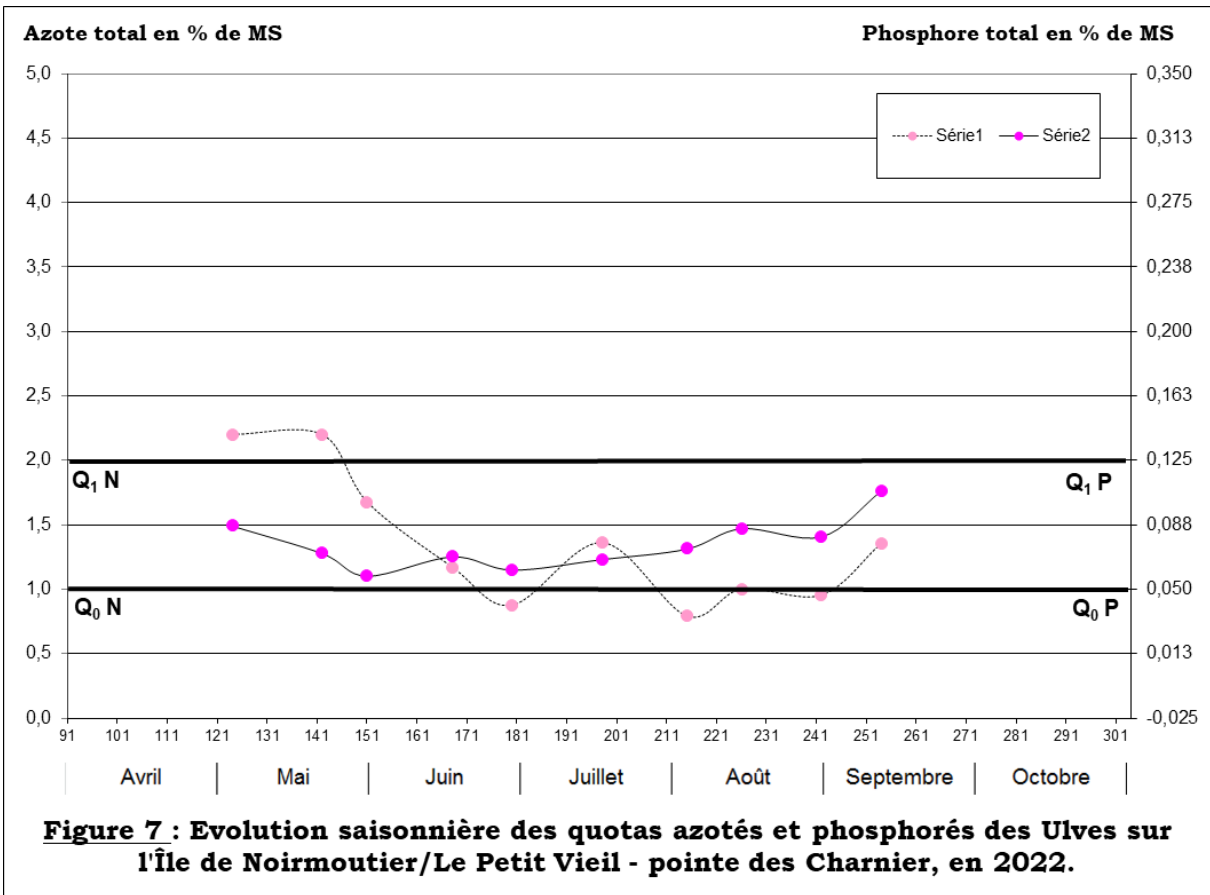
Annexe 3 :

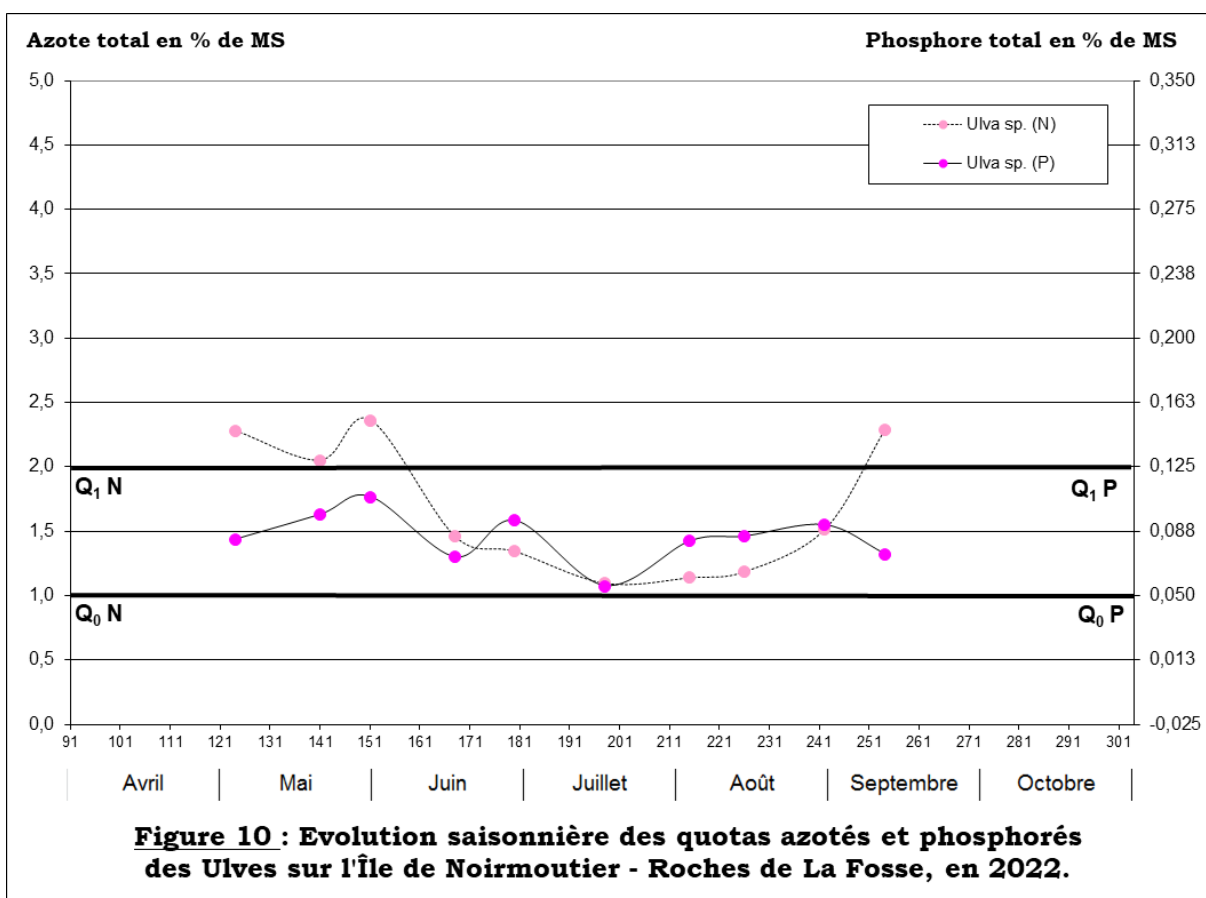
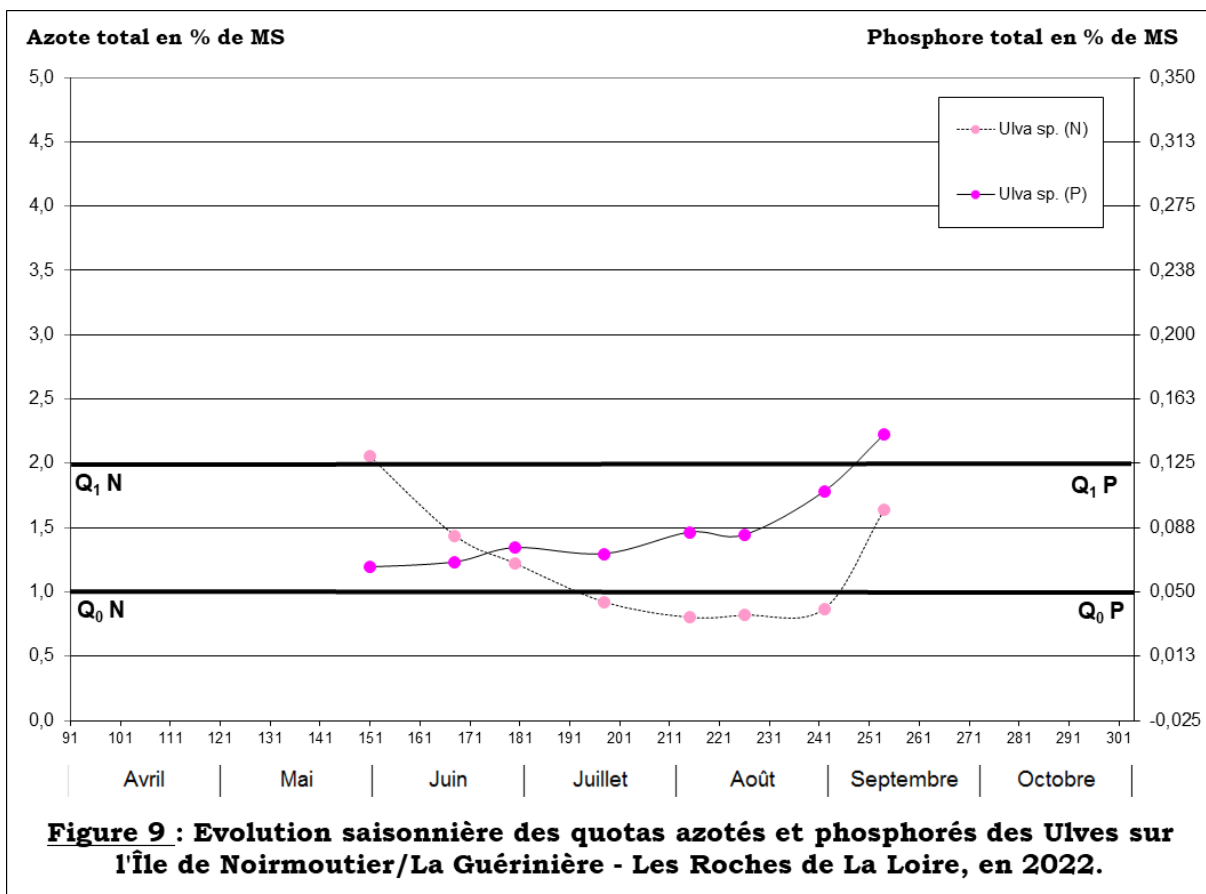
- Courbes détaillées annuelles pour les quotas
- Localisation des prélèvements par date

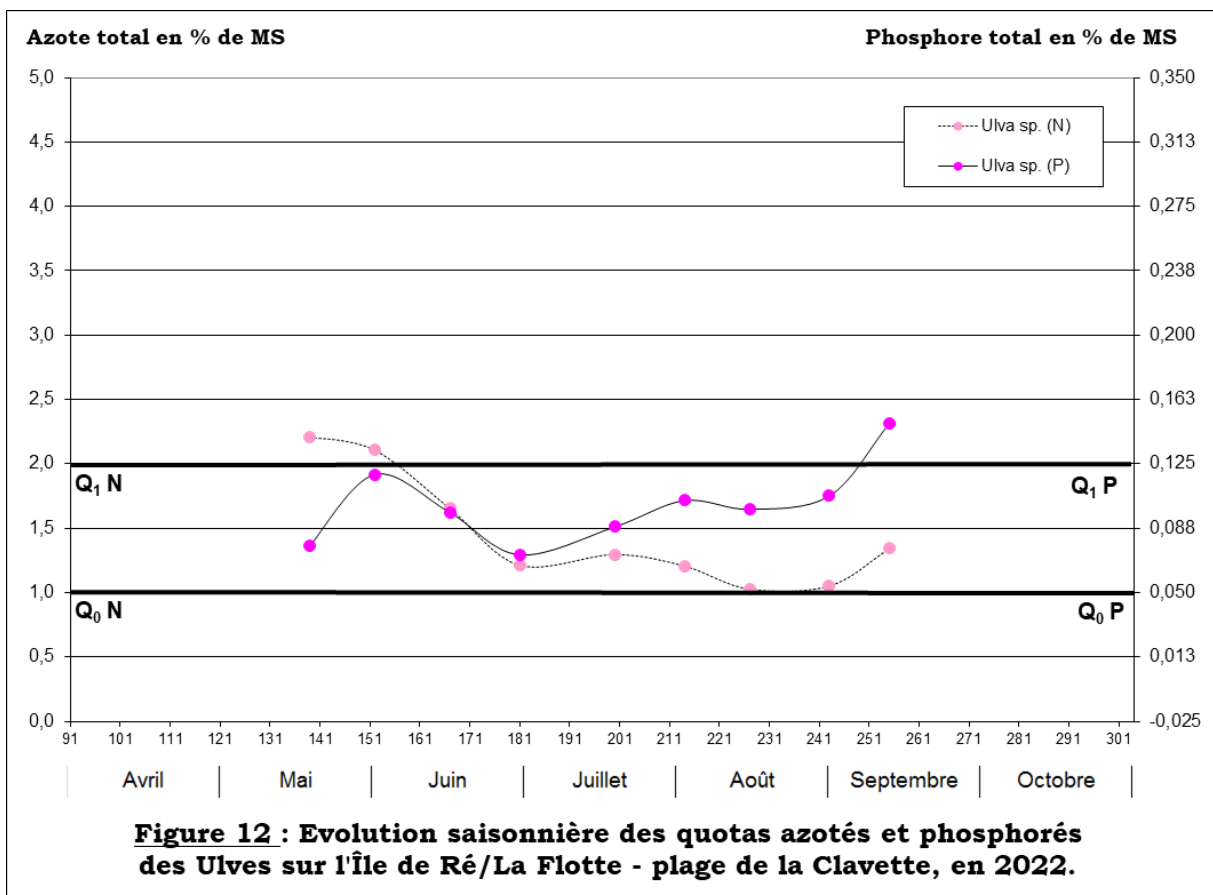
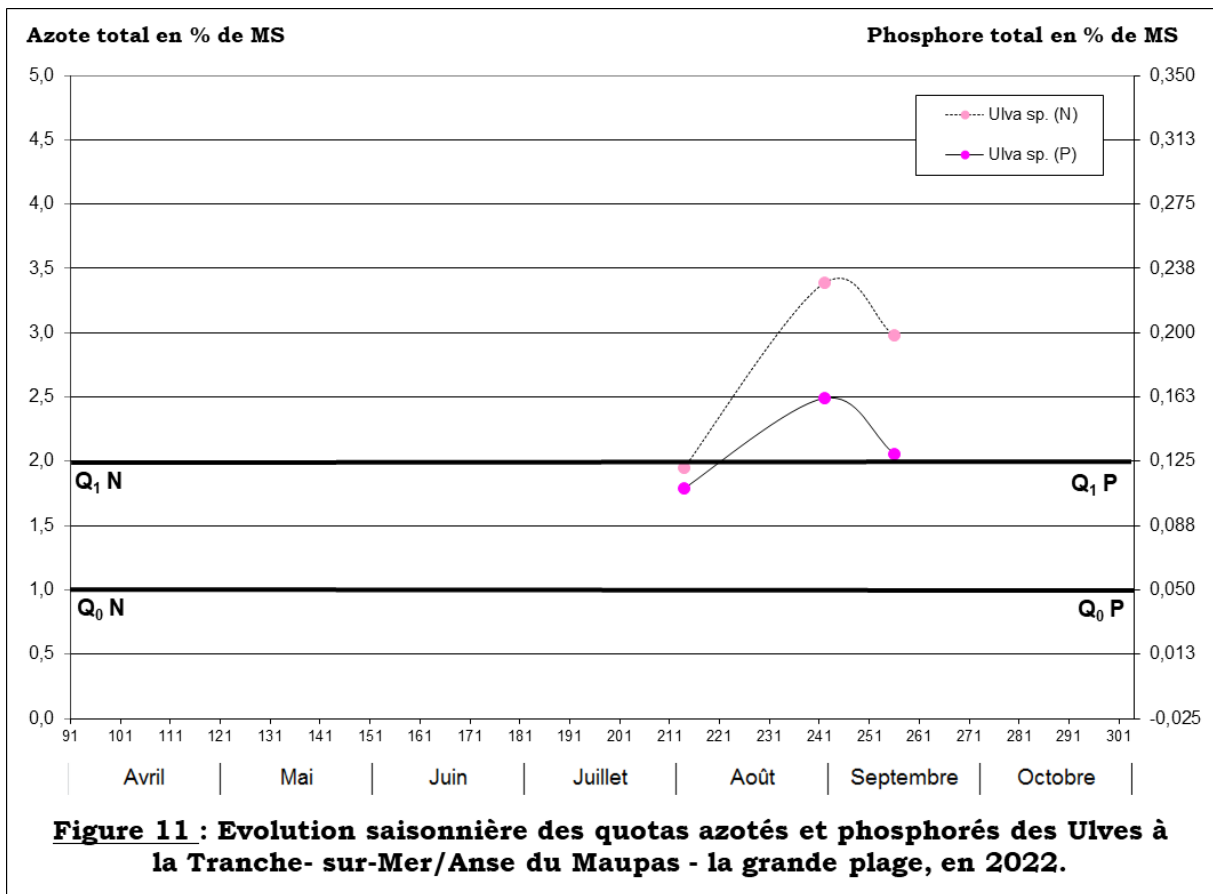


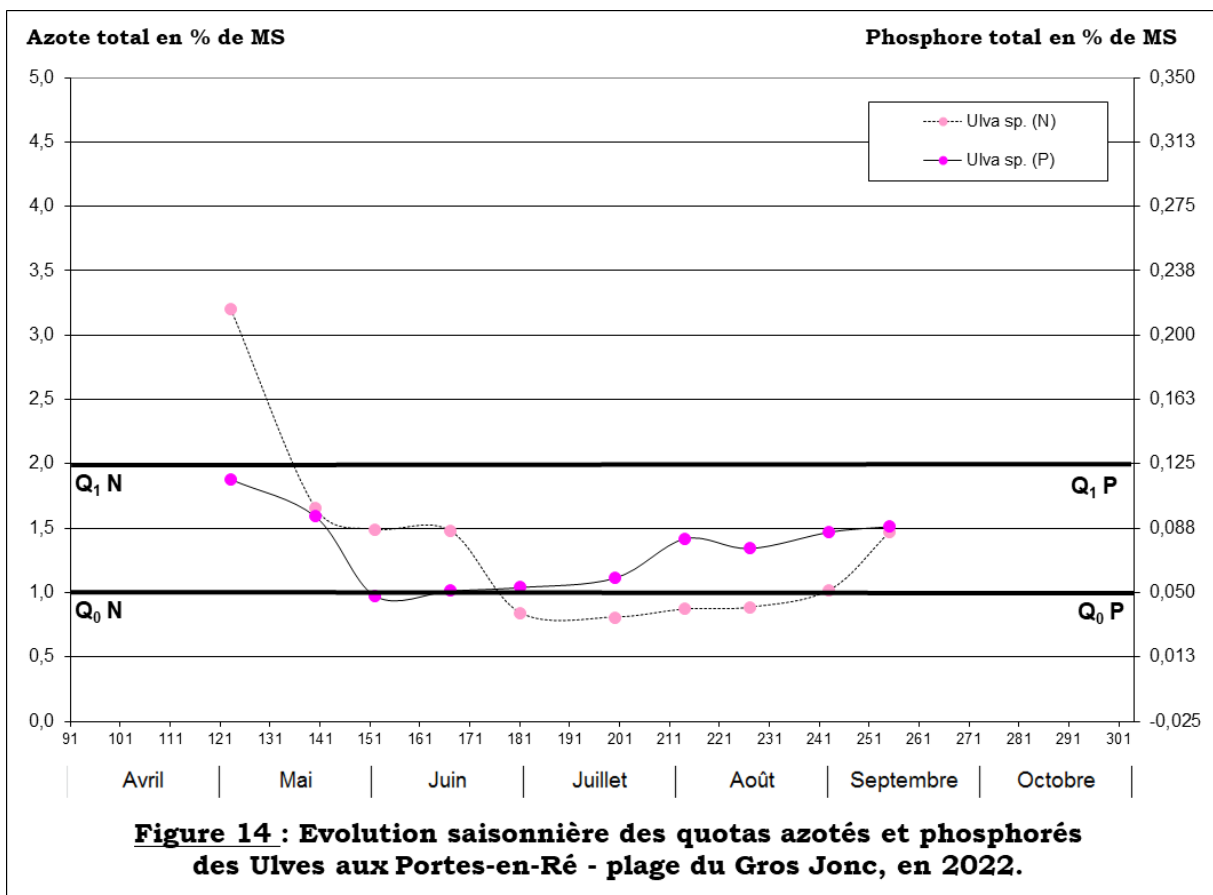
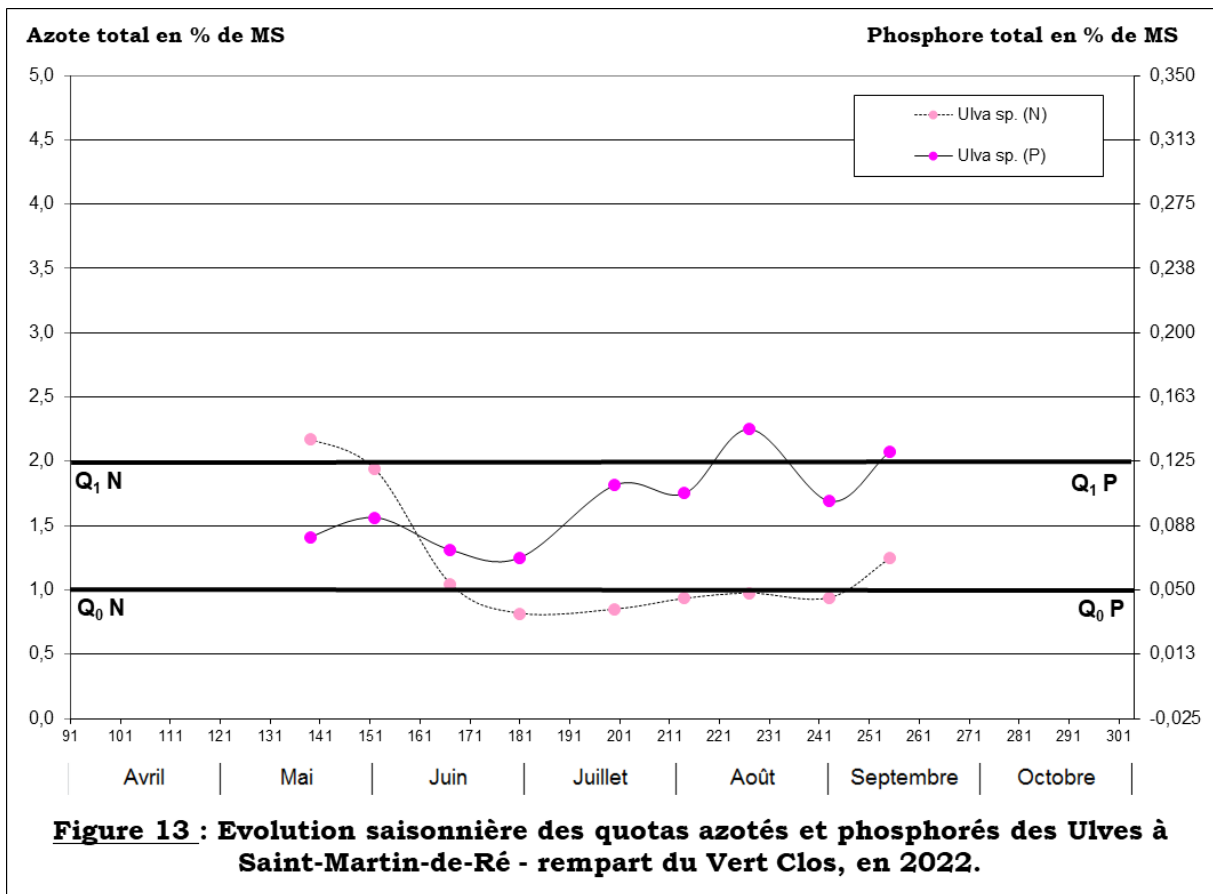












Localisation des points de prélèvement à Pen Bé – Baie de Pont Mahé



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’Ile 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’Ile 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 :

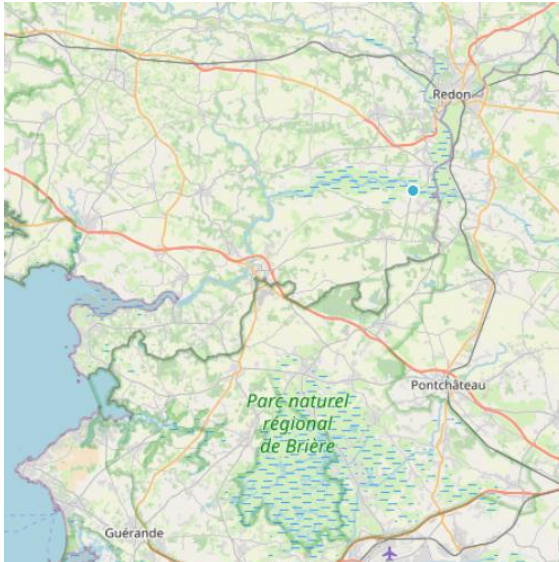
Localisation des stations hydrométriques et de suivi de qualité de l'eau

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

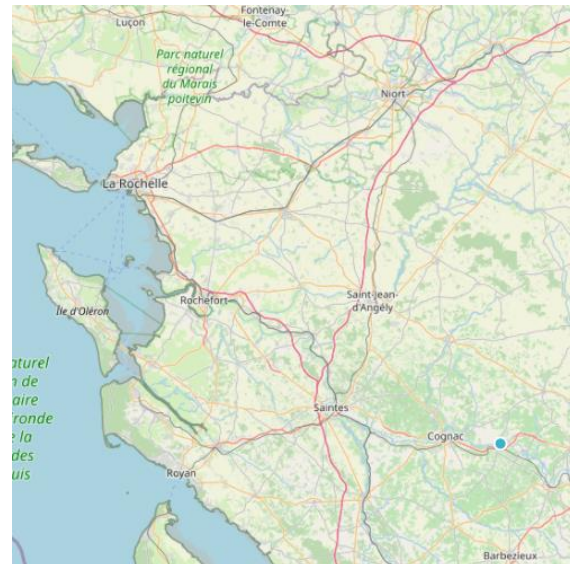
Label : La Dordogne à Pessac sur Dordogne



La Charente

Code station hydro : R307 0010 11

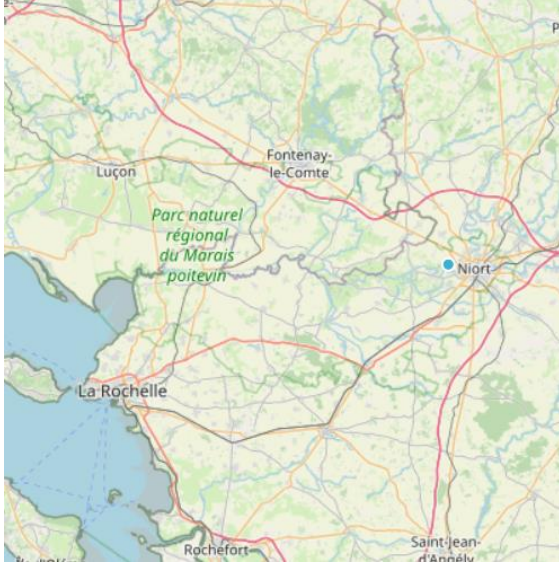
Label : la Charente à Mainxe



La Sèvre Niortaise

Code station hydro : N430 0622 01

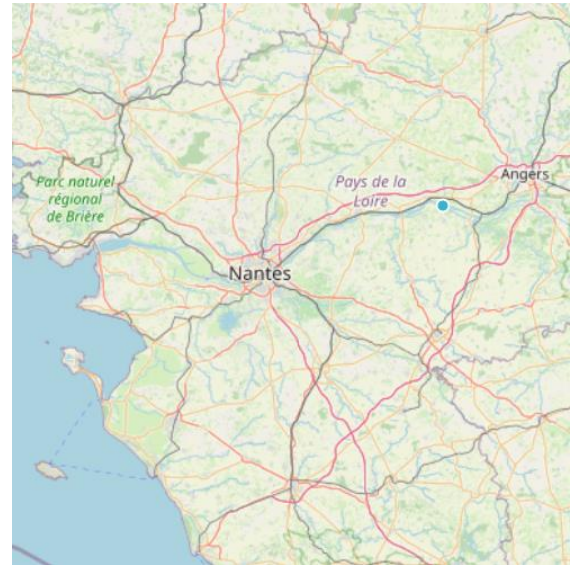
Label : La Sèvre Niortaise à Niort – La
Tiffardière bras principal



La Loire

Code station hydro : M530 0010 10

Label : La Loire à Montjean sur Loire

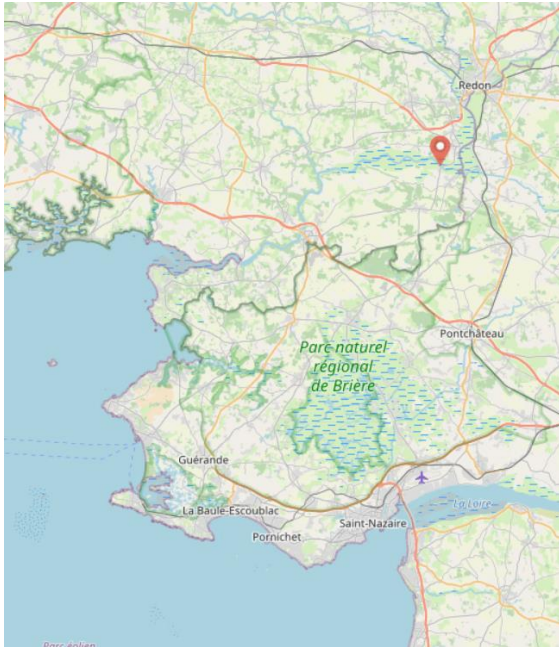


Localisation des stations de suivi de la qualité de l'eau

La Vilaine

Code SANDRE : 4216000

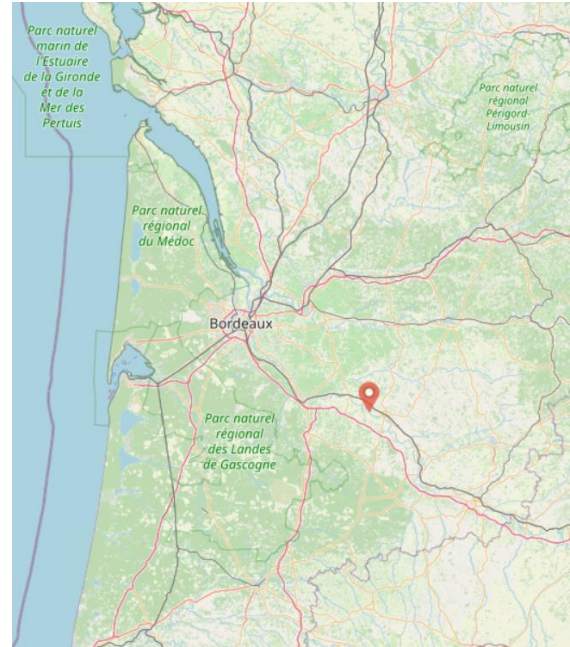
Label : Vilaine à Rieux



La Garonne

Code SANDRE : 5081000

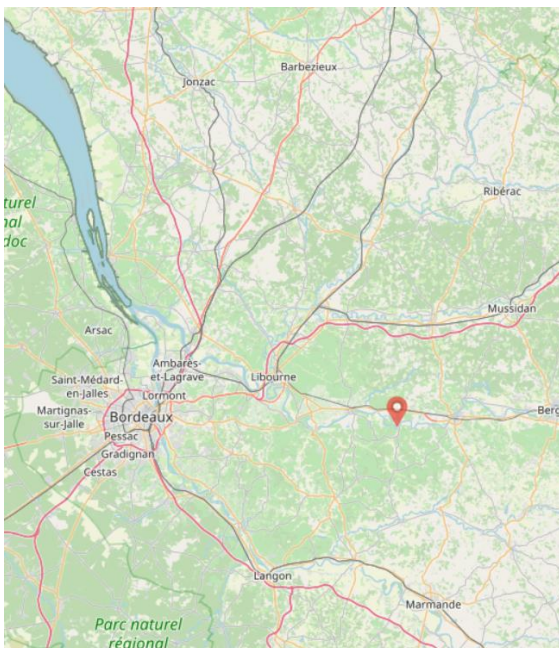
Label : La Garonne à Couthures



La Dordogne

Code SANDRE : 5046000

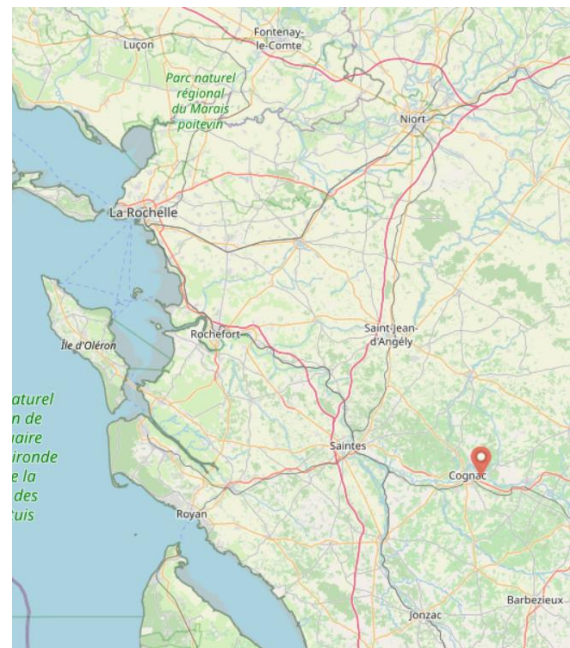
Label : La Dordogne à Pessac



La Charente

Code SANDRE : 5013200

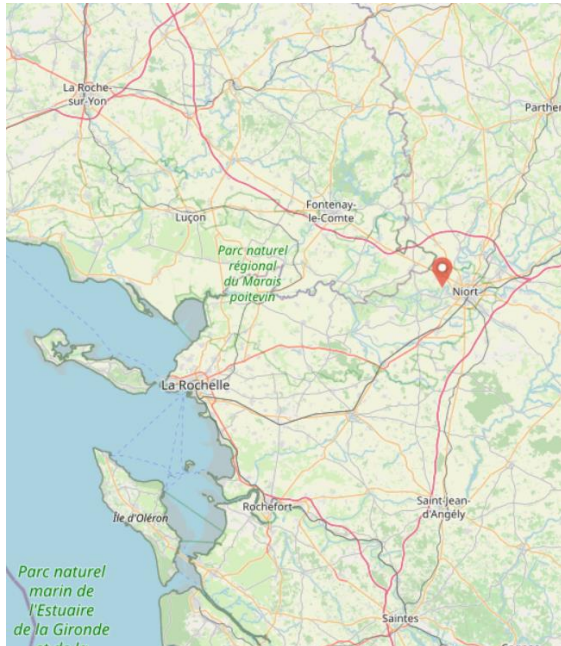
Label : La Charente à St-Brice



La Sèvre Niortaise

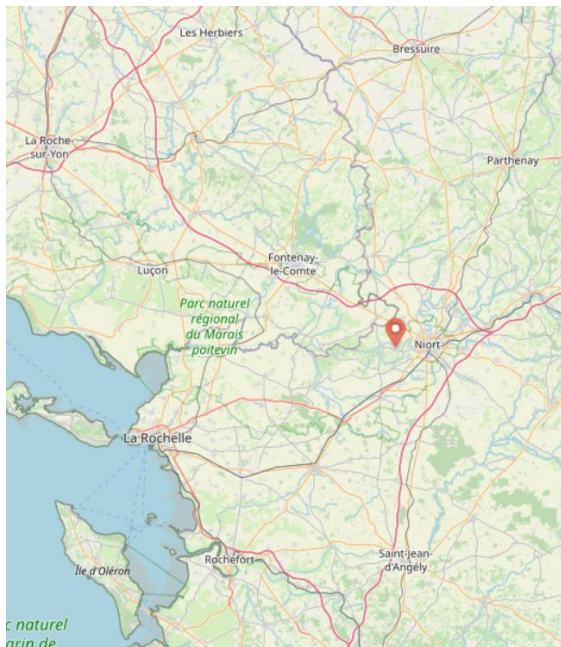
Code SANDRE : 4160000

Label : Sèvre Niortaise à Niort



Code SANDRE : 4160100

Label : Sèvre Niortaise à Magné



La Loire

Code SANDRE : 4134700

Label : Loire à Montjean sur Loire

