

CENTRE D'ÉTUDE
& DE VALORISATION
DES ALGUES

ALGAE TECHNOLOGY
& INNOVATION
CENTRE

Réseau de Contrôle Opérationnel - DCE 2021 Inventaire des marées vertes sur le littoral des Pays de la Loire - Ile de Ré

Sophie RICHIER Responsable de Pôle EENVI

Clément DANIEL Technicien supérieur

Loïc CELLIER Technicien environnement

Sylvain BALLU Chef de Projet Surveillance Marée Verte



CEVA



Réseau de Contrôle Opérationnel - DCE 2021

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

N° Dossier 20GC042



Site de « Noirmoutier-Guérinière », le 11/08/2021, photo CEVA

Sommaire

1. Contexte et objectifs.....	5
2. Matériels et méthodes.....	5
2.1 Contrôle opérationnel.....	5
2.1.1 Suivis aériens.....	5
2.1.2 Contrôles de terrain.....	8
2.1.3 Evaluation des surfaces de dépôts.....	8
2.2 Indices d'eutrophisation (N et P).....	9
2.2.1 Description de l'indicateur.....	10
2.2.2 Prélèvements, traitement et analyse des échantillons.....	10
3. Résultats.....	12
3.1. Estimation surfacique.....	12
3.1.1. Année 2021.....	12
3.1.2. Analyse pluriannuelle.....	16
3.2. Indices d'eutrophisation.....	18
3.2.1. Eléments d'interprétation des profils saisonniers.....	18
3.2.2. Résultats.....	21
4. Conclusion.....	35
Bibliographie.....	37
ANNEXES.....	38



Figures

Figure 1 : Sites suivis et trajet effectué par l'avion pour le suivi RCO de 2021 (suivis complémentaires aériens, terrain et indices d'eutrophisation).	7
Figure 2 : Surfaces couvertes par les ulves cumulées lors des 5 inventaires de mai à septembre 2021. Les surfaces sont exprimées en équivalent 100 % de couverture en ulves.	13
Figure 3 : Variation mensuelle des échouages d'ulves entre mai et septembre 2021. Les surfaces sont exprimées en ha équivalent 100 % de couverture en ulves.....	15
Figure 4 : Surfaces couvertes sur les sites du RCO de 2012 à 2021 : cumul des 5 dates d'inventaires annuels (mai, juin, juillet, août et septembre) sur les 14 sites	16
Figure 5 : Evolution interannuelle (2012-2021) par site des surfaces d'ulves échouées – somme des surfaces mesurées en mai, juin, juillet, août et septembre pour chaque année et moyenne 2012-2020.....	17
Figure 6 : écarts entre les cumuls sur les 5 inventaires de chaque site suivi dans le cadre du RCO pour 2021 par rapport à la situation moyenne 2012-2020.....	18
Figure 7 : 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.	21
Figure 8 : Evolution interannuelle (2012-2021) des contenus tissulaires des ulves en azote et phosphore sur les sites de « Pen-Bé » (baie de Pont-Mahé) et « Mesquer » (Plage de Lanséria). Les pointillés en gras indiquent le quota critique. Les pointillés fins indiquent le quota de subsistance.	22
Figure 9 : 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.	23
Figure 10 : Evolution interannuelle (2012-2021) des contenus tissulaires des ulves en azote et phosphore sur le site de « Piriac-sur-Mer » (Plage Saint-Michel). Les pointillés en gras indiquent le quota critique. Les pointillés fins indiquent le quota de subsistance.	24
Figure 11 : 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.	24
Figure 12 : Evolution interannuelle (2012-2021) des contenus tissulaires des ulves en azote et phosphore sur le site « Le Croisic » (Baie de Saint-Goustan). Les pointillés en gras indiquent le quota critique. Les pointillés fins indiquent le quota de subsistance.	25
Figure 13 : 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.....	25



Figure 14 : Evolution interannuelle (2012-2021) des contenus tissulaires des ulves en azote et phosphore sur le site de « La Baule » (Anse du Toulin). Les pointillés en gras indiquent le quota critique. Les pointillés fins indiquent le quota de subsistance..... 26

Figure 15 : 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..... 26

Figure 16 : 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). Les pointillés en gras indiquent le quota critique. Les pointillés fins indiquent le quota de subsistance..... 27

Figure 17 : 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. 28

Figure 18 : Evolution interannuelle (2012-2021) des contenus tissulaires des ulves en azote et phosphore sur les sites de Noirmoutier (« Noirmoutier-Guérinière », « Noirmoutier-Epine », Noirmoutier-Vieil », « Noirmoutier-la Fosse »). Les pointillés en gras indiquent le quota critique. Les pointillés fins indiquent le quota de subsistance..... 30

Figure 19 : 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. 31

Figure 20 : Evolution interannuelle (2012-2021) des contenus tissulaires des ulves en azote et phosphore sur le site de « La Tranche-sur-Mer » (Anse du Maupas – La Grande Plage). Les pointillés en gras indiquent le quota critique. Les pointillés fins indiquent le quota de subsistance..... 32

Figure 21 : Evolution interannuelle (2012-2021) des contenus tissulaires des ulves en azote et phosphore sur les sites de l'Ile de Ré (« Ré la Flotte en Ré » - Plage de la Clavette, « Ré-Saint Martin en Ré » - rempart du Vert Clos, « Ré-Portes en Ré » - Plage du Gros Jonc). Les pointillés en gras indiquent le quota critique. Les pointillés fins indiquent le quota de subsistance..... 34



Tableaux

Tableau 1 : Date et coefficients de marées des survols dans le cadre du contrôle opérationnel 2021	6
Tableau 2 : Dates de réalisation des contrôles de terrain suite aux survols.....	8
Tableau 3 : Liste des sites proposés pour le suivi RCO de 2021 (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.	11



1. Contexte et objectifs

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

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

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

2. Matériels et méthodes

Les méthodes de suivis aérien et traitement des données surfaciques utilisées dans le cadre du présent suivi RCO sont les mêmes que celles déployées dans le cadre du suivis RCS. Pour plus de détails, se reporter au rapport RCS Loire Bretagne 2021 (« Suivi des blooms de macroalgues opportunistes sur le littoral Loire-Bretagne, Contrôle de Surveillance (RCS) : Inventaires et qualification des masses d’eau – année 2021 »)

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 2021

	Date	Coefficient de marée
Juin	10/06/2021	73
Août	11/08/2021	89

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'Ile 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.

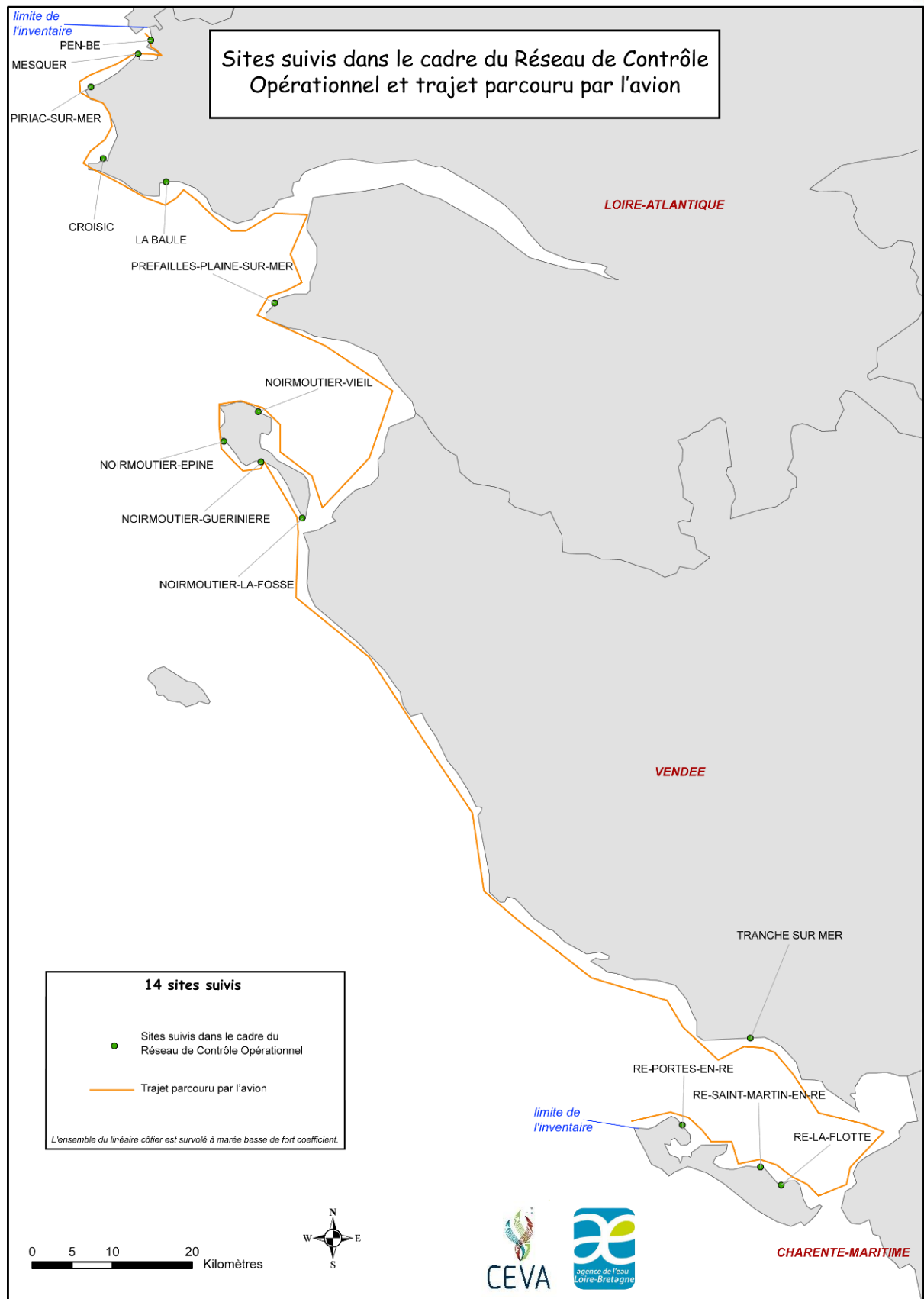


Figure 1 : Sites suivis et trajet effectué par l'avion pour le suivi RCO de 2021 (suivis complémentaires aériens, terrain et indices d'eutrophisation).



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 des échouages (ou d'un rideau de bas de plage).**

Les dates de réalisations des contrôles de terrain effectués lors de la campagne 2021 sont présentées dans le Tableau 2.

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

Inventaire	Dates
Juin	11 au 13 juin 2021
Août	12 au 14 août 2021

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

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).

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



- 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.
- 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.

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 début 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 27 avril et les derniers le 12 septembre.



Tableau 3 : Liste des sites proposés pour le suivi RCO de 2021 (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 avril et septembre 2021 – N et P
44	PEN-BE	8
44	MESQUER	10
44	PIRIAC-SUR-MER	10
44	CROISIC	10
44	LA BAULE	8
44	PREFAILLES-PLAINE-SUR-MER	9
85	NOIRMOUTIER-VIEIL	9
85	NOIRMOUTIER-EPINE	10
85	NOIRMOUTIER-GUERINIERE	8
85	NOIRMOUTIER-LA-FOSSE	8
85	TRANCHE SUR MER	6
17	RE-LA-FLOTTE	8
17	RE-SAINT-MARTIN-EN-RE	10
17	RE-PORTES-EN-RE	10

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

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

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

Les échantillons ont ensuite été expédiés au laboratoire sous-traitant chargé des analyses. Avant chaque analyse, les lots ont été homogénéisés au broyeur à couteaux. Chaque échantillon a fait l'objet d'une analyse pour la matière sèche, l'azote Kjeldahl et pour le phosphore total. En 2021, 124 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 2021

La Figure 2 présente les surfaces digitalisées cumulées pour l’ensemble des sites sur les 5 inventaires de l’année 2021 (de mai à septembre : 3 inventaire dans le cadre du RCS et 2 dans le cadre du RCO). En 2021, tous les sites suivis dans le cadre du RCO ont été concernés au moins une fois sur les 5 inventaires de la saison par des échouages comportant plus d’un tiers d’ulves.

Sur l’ensemble des 5 inventaires de 2021, le site de « Noirmoutier-la-Fosse » est le site présentant la plus forte surface d’échouage (82,6 ha), suivi de « Noirmoutier Guérinière » (70,2 ha), de « Noirmoutier-Epine » (42,7 ha), « Portes-en-Ré » (23 ha) et « Noirmoutier-Vieil » (21,6 ha). Comme illustré en Figure 2, les sites présentant les surfaces les plus importantes sont regroupés, en 2021, sur l’Ile de Noirmoutier. En comparaison, les sites de Loire Atlantique et de Charente Maritime apparaissent peu touchés en 2021.

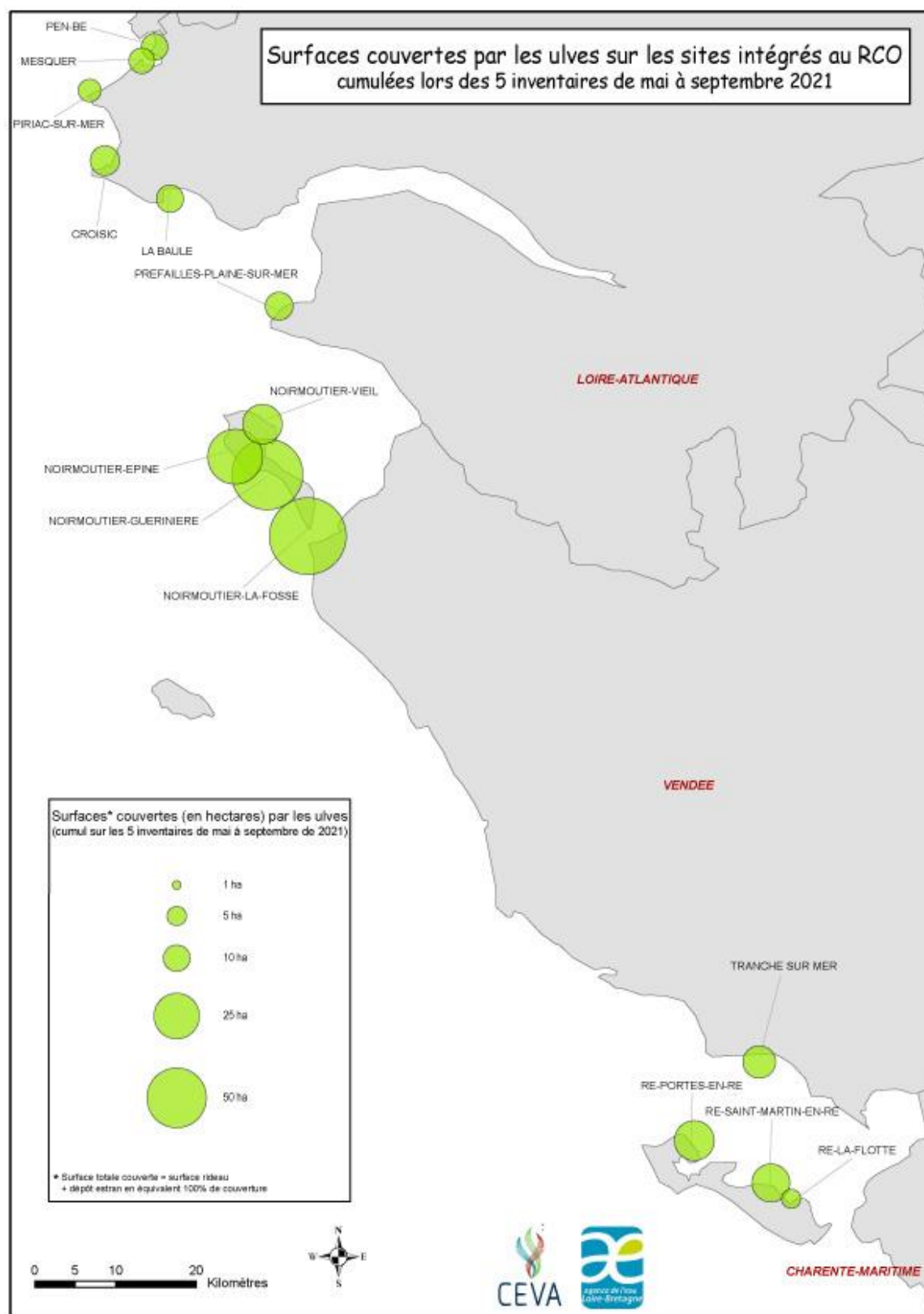


Figure 2 : Surfaces couvertes par les ulves cumulées lors des 5 inventaires de mai à septembre 2021. Les surfaces sont exprimées en équivalent 100 % de couverture en ulves.



Les histogrammes de la carte présentés Figure 3 permettent d'apprécier l'évolution mensuelle de ces échouages au cours de l'année 2021.

Dès le mois de mai, seule la moitié des sites survolés, soit 7 sur 14, ont présenté des échouages d'ulves. L'île de Noirmoutier, en particulier, a présenté des proliférations plutôt tardives et aucun dépôt n'y a été observé au mois de mai.

Parmi les 14 sites de ce littoral, les surfaces maximales annuelles d'ulves échouées ont été mesurées pour l'inventaire d'août 2021 sur l'ensemble des sites de l'île de Noirmoutier avec « Noirmoutier-Guérinière », « Noirmoutier -La Fosse », « Noirmoutier-Epine » et « Noirmoutier Vieil (avec 46, 31 et 18 et 10 ha respectivement) et au mois de juillet pour la majorité des sites du littoral des Pays de Loire et un site de l'île de Ré (« Saint-Martin en Ré »). Seul le site de « Portes en Ré » présente le maximum de surface au mois de mai.

Tout comme en 2019, le site de « Pen Bé » a été touché par des échouages d'ulves dès le mois de mai et lors de 4 inventaires sur 5, ce qui contraste avec 2020 où les premiers échouages étaient apparus en toute fin de saison (inventaire de septembre). De la même manière pour le site de « Noirmoutier-Vieil », l'absence de dépôts d'ulves sur l'ensemble de la saison 2020 contraste avec les années 2019 et 2021 où les échouages étaient présents de juin à septembre (et même mai-septembre pour 2019).

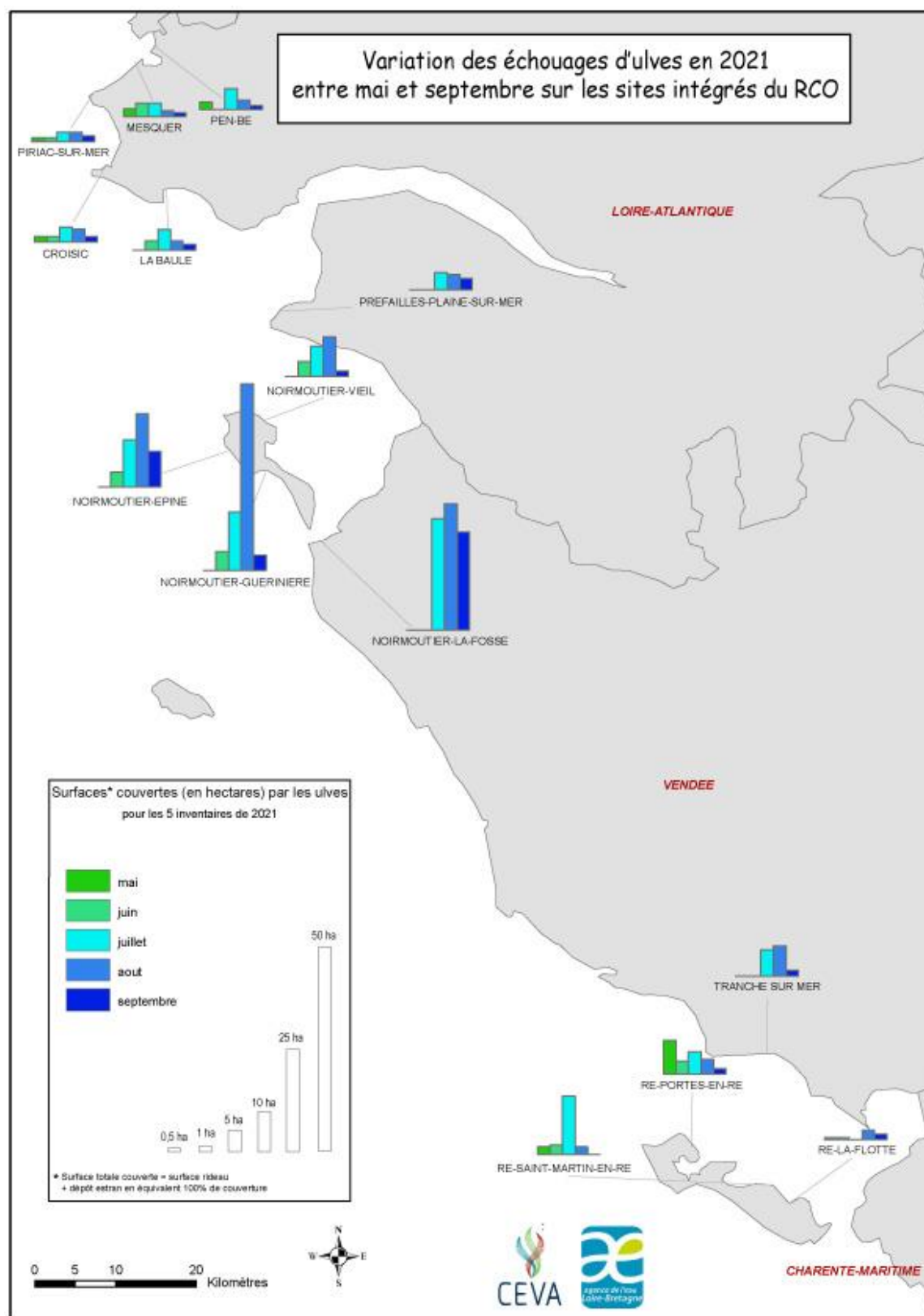


Figure 3 : Variation mensuelle des échouages d'ulves entre mai et septembre 2021. Les surfaces sont exprimées en ha équivalent 100 % de couverture en ulves.



3.1.2. Analyse pluriannuelle

Avec 342 ha d'algues vertes échouées sur les 5 inventaires annuels (Figure 4), 2021 compte parmi les années les plus touchées par les échouages d'ulves : sur les 14 sites le cumul sur les 5 inventaires est 37 % supérieur à la moyenne 2012-2020 et l'année 2021 est au 2^{ème} rang derrière 2016 avec 387 ha sur les 5 inventaires annuels.

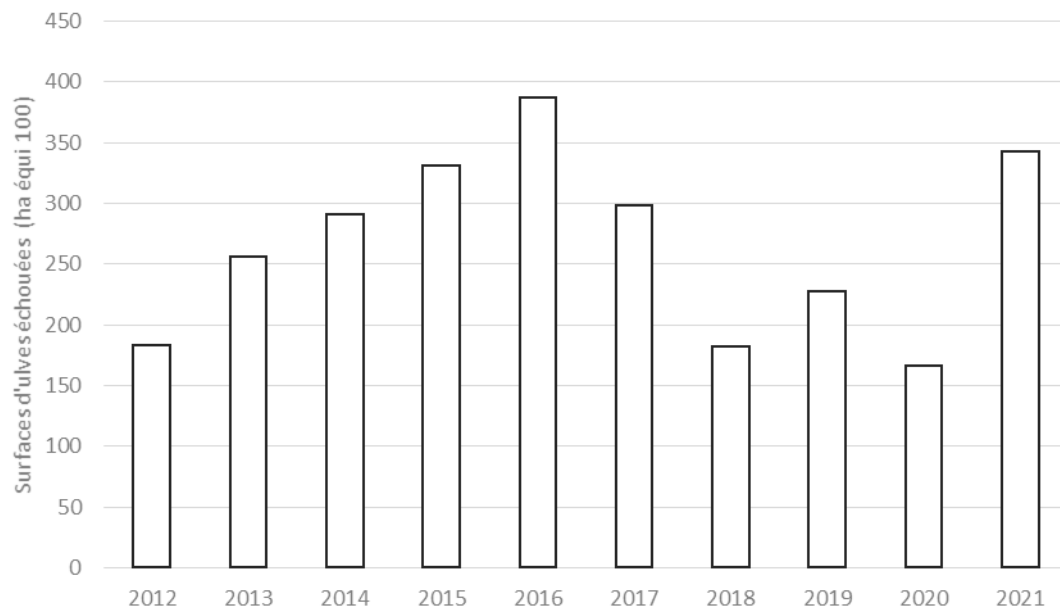


Figure 4 : Surfaces couvertes sur les sites du RCO de 2012 à 2021 : cumul des 5 dates d'inventaires annuels (mai, juin, juillet, août et septembre) sur les 14 sites

Toutefois, l'analyse pluriannuelle site par site montre que cette tendance générale n'a pas été commune à tous les sites (Figure 5). Bien que la plupart des sites suivis ont en effet présenté des échouages plus importants que la moyenne des 10 dernières années de suivi RCO, les sites de « Pen Bé », « Mesquer », « Piriac-sur-mer », « le Croisic » et deux des sites de l'île de Ré ont présenté des échouages inférieurs à la moyenne depuis 2012.

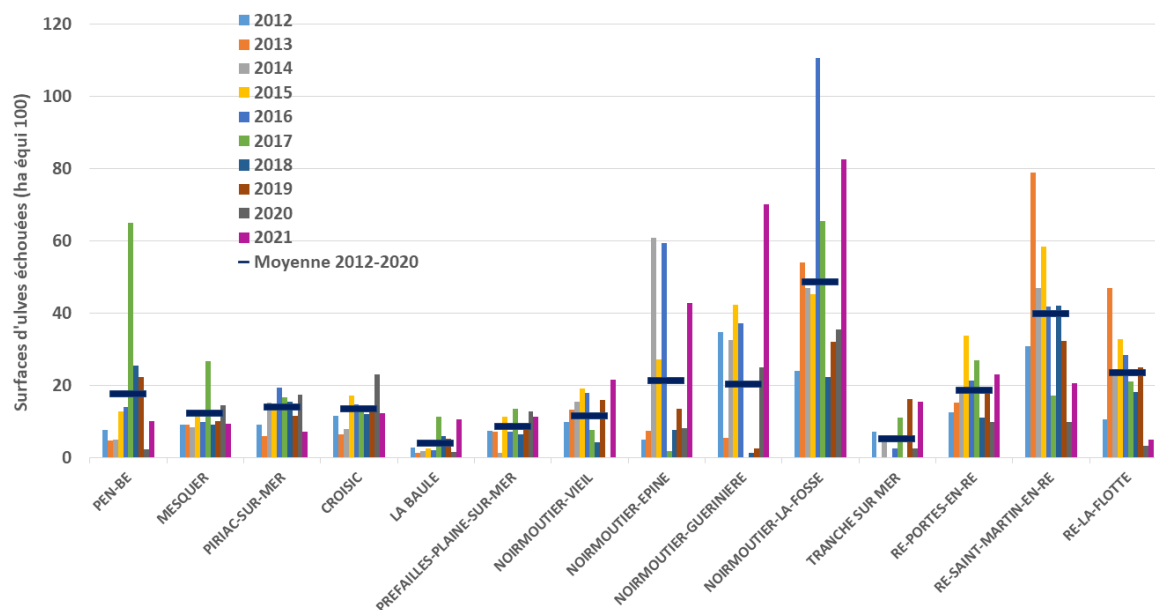


Figure 5 : Evolution interannuelle (2012-2021) par site des surfaces d’ulves échouées – somme des surfaces mesurées en mai, juin, juillet, août et septembre pour chaque année et moyenne 2012-2020.

Pour les variations positives les plus fortes par rapport à la moyenne 2012-2021, on peut donc citer le site de « Noirmoutier-Guérinière », « La Baule » et « La Tranche sur mer » avec 250%, 170% et 205% respectivement. Pour les variations négatives, « Pen-Bé », « Piriac sur mer » et les sites de « Saint-Martin en Ré et « La Flotte en Ré » avec 43%, 48% et 78% respectivement. (Figure 6). La tendance est donc à une augmentation des proliférations pour 2021 pour ce linéaire mais avec la partie centrale (« La Baule »-« La Tranche sur Mer ») qui est très chargée quand le nord et le sud le sont moins qu’en moyenne.

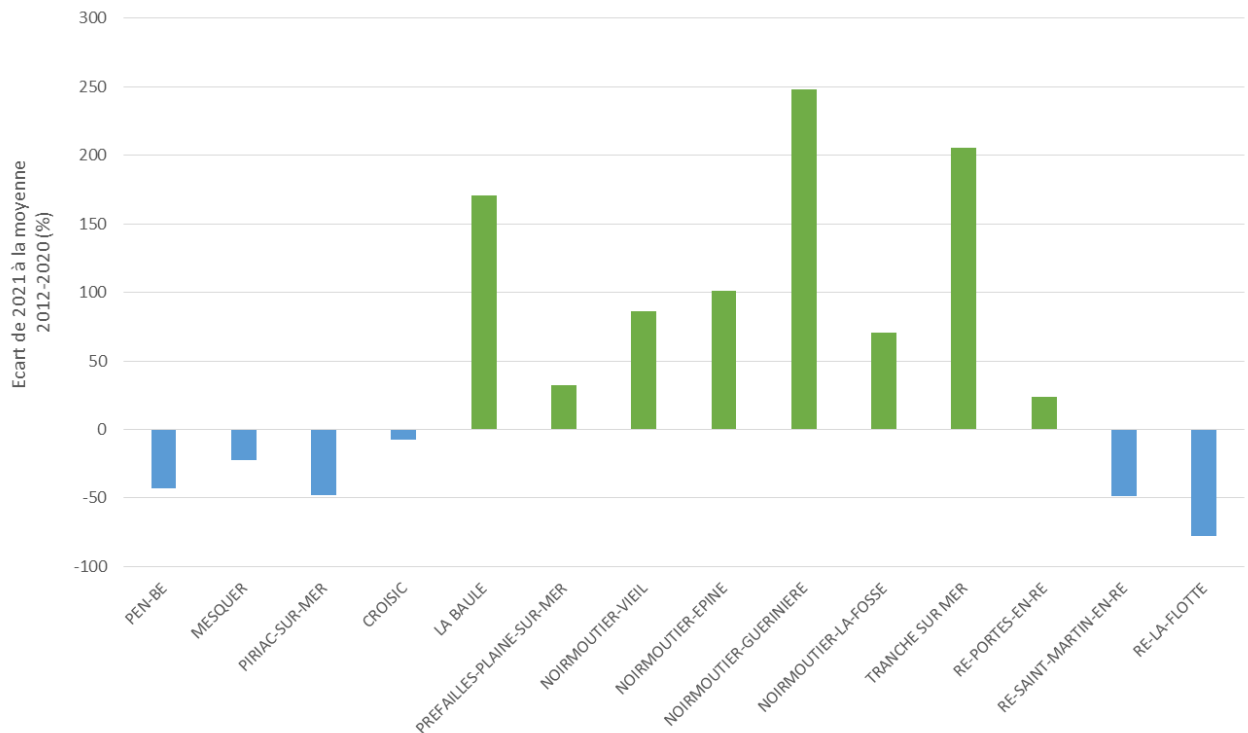


Figure 6 : écarts entre les cumuls sur les 5 inventaires de chaque site suivi dans le cadre du RCO pour 2021 par rapport à la situation moyenne 2012-2020.

3.2. Indices d'eutrophisation

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

3.2.1. Éléments 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 inexplicable 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. Un projet collaboratif (IMPRO) auquel le CEVA participe est en cours de finalisation afin d'approfondir les connaissances à ce sujet. A l'extrême, les ulves se développant sur platiers rocheux ne bénéficient d'aucun apport sédimentaire direct en phosphore.



3.2.2. Résultats

Les sites de prélèvement de « **Pen-Bé** » et de « **Mesquer** » sont géographiquement proches (Figure 7). 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.



Figure 7 : 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.

L'analyse des contenus internes en azote et en phosphore en 2021 a montré, dans la continuité des années précédentes (2012-2020), une limitation par le phosphore, très nette, sur le site de « **Mesquer** » contrairement à « **Pen-Bé** » (Figure 8) pour lequel cet élément est resté au-dessus des limitations (minimum en fin juin avec 0.15 % > Q1P). 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 l'azote, la situation des deux sites est également assez différente en 2021 avec une diminution, n'atteignant pas, sur la saison, le quota critique pour le site de Pen-Bé (valeur minimale de 1.98 % le 26/08) et une limitation qui est observée en deux phases pour le site de Mesquer, avec des valeurs légèrement inférieures au quota critique de fin juin à début juillet (1.9 et 1.8 %) puis une limitation plus franche (1.4 puis 0.9 %) de fin août à début septembre (Figure 8). Pour « Pen-Bé » comme pour « Mesquer », la diminution est en ligne avec la diminution des apports par les cours d'eau au cours du printemps jusqu'au début d'été (probablement des cours d'eau locaux comme des plus éloignés). En particulier au niveau de la Vilaine, les flux d'azote présentent une forte décroissance à partir du mois de mars (divisé par plus de 3 entre février et mars et devenant



nettement inférieurs à la situation pluriannuelle) qui se poursuit jusqu'en juin avec des flux de -50 % et -35 % en mai et en juin par rapport à la moyenne 2003-2020. Les flux de la Vilaine, à partir du 18 juin remontent fortement et sont sur juillet, août et septembre nettement supérieurs aux moyennes pluriannuelles (respectivement de 80, 50 et 50 %). Pour la Loire, une même tendance est observée avec un déficit de flux par rapport à la situation pluriannuelle à partir du mois de mars (environ -40 % de flux de mars à juin) qui se poursuit tout au long du printemps 2021 et une remontée des flux en juillet qui deviennent supérieurs à la moyenne pluriannuelle (+118 % par rapport à la moyenne 2003-2020) et qui expliquerait le statut nutritionnel des ulves au-dessus du seuil critique sur l'été 2021. Les valeurs plus basses sur Mesquer en août et septembre pourraient être à mettre en parallèle avec une prolifération très faible du fait de conditions a priori plutôt dispersives ayant entraîné le destockage des ulves. Il est probable que les flux des cours d'eau locaux ont été supérieurs aux normales en juillet et août du fait des orages qui ont touché la Bretagne à cette période.

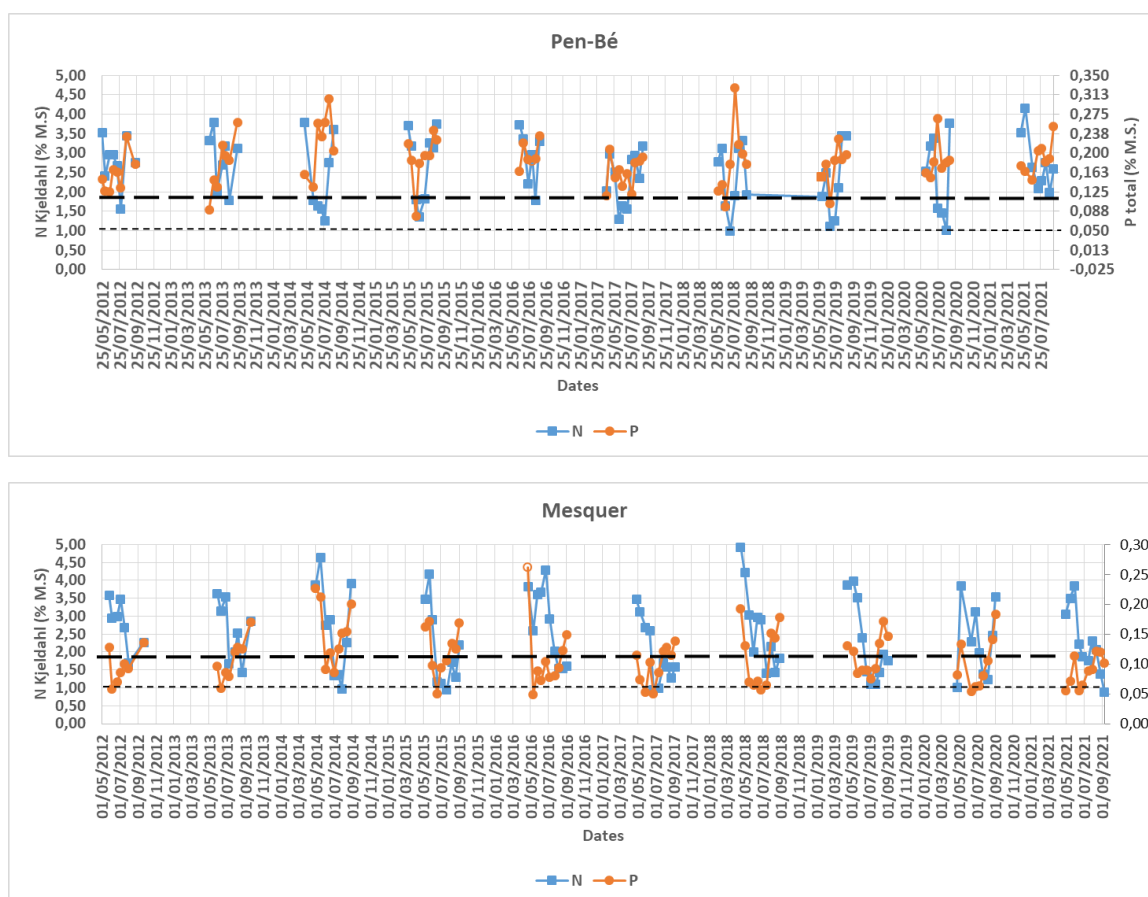


Figure 8 : Evolution interannuelle (2012-2021) des contenus tissulaires des ulves en azote et phosphore sur les sites de « Pen-Bé » (baie de Pont-Mahé) et « Mesquer » (Plage de Lanséria). Les pointillés en gras indiquent le quota critique. Les pointillés fins indiquent le quota de subsistance.

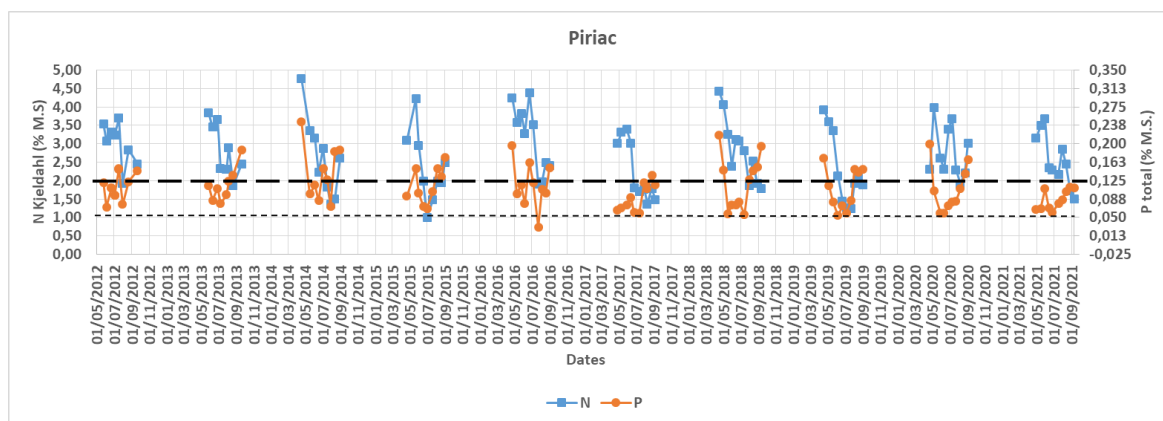


Figure 10 : Evolution interannuelle (2012-2021) des contenus tissulaires des ulves en azote et phosphore sur le site de « Piriac-sur-Mer » (Plage Saint-Michel). Les pointillés en gras indiquent le quota critique. Les pointillés fins indiquent le quota de subsistance.

Le « **Croisic** » est également un site sur lequel le substrat rocheux est important (Figure 11). Ainsi, comme pour le site de « Piriac-sur-Mer », il est attendu de rencontrer une limitation plus importante en phosphore.



Figure 11 : 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.

Sur le site du « Croisic », l'analyse pluriannuelle des contenus internes en azote et phosphore confirme que le phosphore est l'élément limitant pour la croissance des ulves. En 2021, les teneurs internes en phosphore sont en-dessous du quota critique et atteignent le quota de subsistance (0,05 %) dès les premières observations à la fin avril (Figure 12). La remontée importante des teneurs internes en début juin est probablement liée à l'arrivée d'algues infralittorales. Quant aux teneurs en azote, seul le relevé de fin de saison présente une valeur limitante (Figure 12), suggérant une diminution des flux terrigènes à cette période ou une croissance soutenue des algues non compensée par les flux (la faiblesse des surfaces mesurées en fin de saison pourrait aller dans ce sens avec une dispersion qui aurait engendré une croissance soutenue des algues « en pleine lumière »). Tout comme pour l'année 2020, cette limitation est très ponctuelle et peu prononcée sur une période très tardive.



Comme pour le site de « Piriac sur Mer » les flux importants à partir de juin expliquent potentiellement les niveaux élevés des teneurs internes sur le site du « Croisic ».

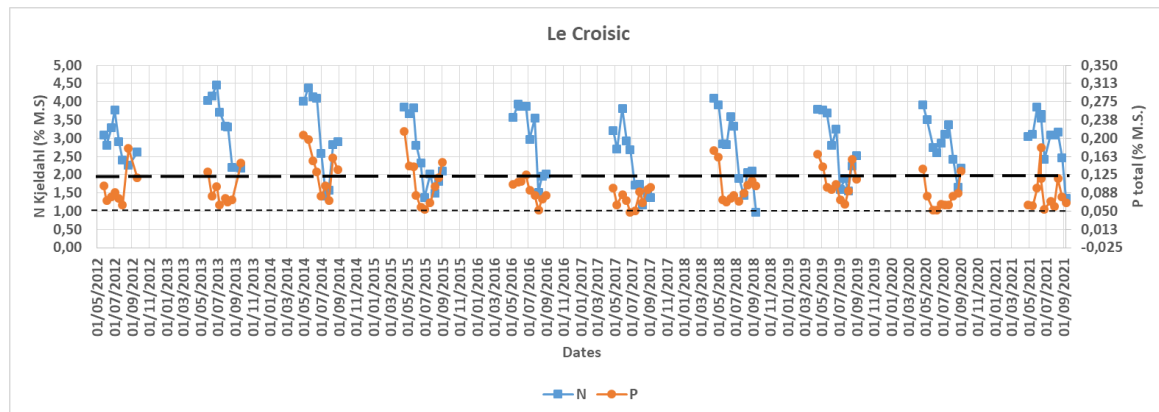


Figure 12 : Evolution interannuelle (2012-2021) des contenus tissulaires des ulves en azote et phosphore sur le site « Le Croisic » (Baie de Saint-Goustan). Les pointillés en gras indiquent le quota critique. Les pointillés fins indiquent le quota de subsistance.

Le site de « la Baule » (Figure 13) se caractérise par des échouages irréguliers d’ulves issus probablement d’évènements d’arrachage.



Figure 13 : Localisation du point de prélèvement des algues (symbolisée par une croix rouge) pour l’analyse des contenus tissulaires en azote et phosphore. Les « délimitations » (définies par le CEVA) du site étudié (« La Baule ») sont représentées par un polygone blanc.

Les échouages d’ulves, en général peu importants sur le site de la Baule, traduisent une croissance peu soutenue des algues sur ce site, malgré des teneurs pas ou peu limitantes. La croissance pourrait donc être limitée par d’autres paramètres environnementaux non identifiés (Figure 14). En 2021, les opérateurs terrain ont pu prélever la biomasse suffisante pour l’analyse des quotas N et P sur l’ensemble des mois de suivi. On observe une diminution des teneurs en azote mi-juin puis pour les derniers inventaires de la saison, mais avec des valeurs qui restent cependant nettement supérieures au seuil critique (Figure 14).



La localisation du point de prélèvement, à l'ouest du site sur une zone soumise à des croissances sur platier et proche d'un exutoire, pourrait expliquer ces profils et des prélèvements sur la partie est du site (vers le port de Pornichet, lieu d'échouages fréquent) pourraient donner une autre lecture. Sur ce site, le phosphore apparaît également non limitant, sauf ponctuellement en tout début de saison, ce qui pourrait s'expliquer par la nature sableuse de ce site, propice aux phénomènes de relargage de cet élément. La proximité de l'exutoire drainant (probablement) une partie des eaux du marais et la présence d'éventuels apports de l'agglomération pourrait aussi expliquer cette situation tout comme la reminéralisation des blooms phytoplanctoniques souvent intenses.

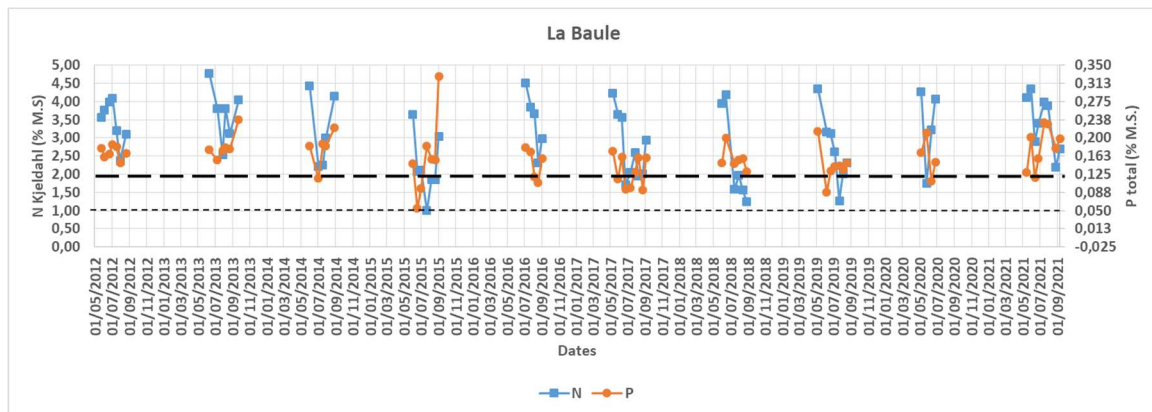


Figure 14 : Evolution interannuelle (2012-2021) des contenus tissulaires des ulves en azote et phosphore sur le site de « La Baule » (Anse du Toulin). Les pointillés en gras indiquent le quota critique. Les pointillés fins indiquent le quota de subsistance.

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 15).



Figure 15 : 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.



Les profils saisonniers des quotas algaux de ce site en 2021 ont montré globalement une absence de limitation, sauf très ponctuellement : une co-limitation en phosphore et azote très ponctuelle en fin de saison (une date, le 09/09) et une limitation en phosphore ponctuellement lors du premier prélèvement, fin avril (Figure 16). Malgré des flux de la Loire inférieurs aux moyennes pluriannuelle (-40 à -38% pour mai et juin 2021 respectivement par rapport à 2003-2020), la position de ce site au sein de l'estuaire explique très probablement le peu de limitation en nutriment qui lui est associé. Les niveaux de phosphore, un peu inférieurs comparativement à l'azote peuvent s'expliquer par la formation du bouchon vaseux qui piègerait une partie de ce nutriment. Au mois de septembre, les teneurs en N et P sont les plus faibles de la série, coïncidant avec des flux estimés sur la Loire en fin août – début septembre qui sont bas (-30 % par rapport aux valeurs moyennes d'août ou septembre) et dans un contexte lumineux.

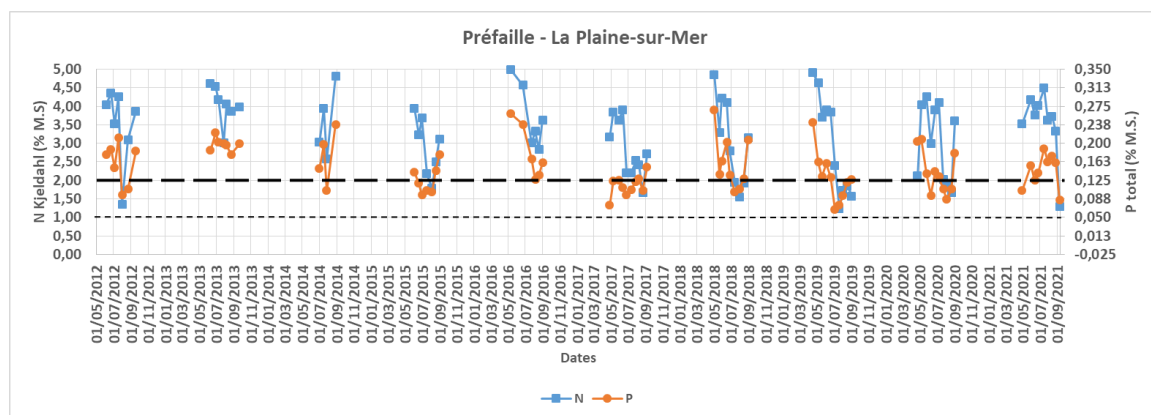


Figure 16 : Evolution interannuelle (2012-2021) des contenus tissulaires des ulves en azote et phosphore sur le site de « Préfaiilles – La Plaine-sur-Mer » (Plage de la Tara). Les pointillés en gras indiquent le quota critique. Les pointillés fins indiquent le quota de subsistance.

Les ulves présentes sur les différents sites de Noirmoutier sont essentiellement issues d'arrachage. Il est probable que les platiers à proximité immédiate des sites soient le lieu de croissance initial de ces ulves (Figure 17). 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.

Parmi les 4 sites de Noirmoutier, les sites de « Noirmoutier-Vieil » et « Noirmoutier-Epine » ont montré des profils d'évolution de quotas en azote et en phosphore généralement comparables pour chacune des années depuis le début du suivi (Figure 18).

Cette observation tendrait à confirmer une origine des ulves évoluant dans un environnement similaire d'un point de vue nutritionnel. En 2021, ces 2 sites montrent encore des profils comparables. Le site de « Noirmoutier-Vieil » présente une co-limitation en azote et phosphore en fin juillet puis à un niveau plus prononcé, en fin de saison à partir de fin août et une limitation par le phosphore, à un niveau proche du Q0P tout au long de la saison. Les valeurs plus faibles, en fin août début septembre, sont concordantes avec des flux de la Loire au plus bas sur cette période et nettement inférieurs aux apports moyens. Sur le site de « Noirmoutier-Epine », la limitation par le phosphore est encore plus



prononcée et la co-limitation par N est très importante à partir de la mi-juillet et maximale début septembre. Ces très fortes limitations par l'azote semblent en contradiction avec des apports par la Loire excédentaires à partir de juillet par rapport au pluriannuel. L'hypothèse d'une consommation par le phytoplancton du panache de la Loire peut être avancée, comme le fait que le prélèvement des algues « échouées » alors que la croissance se ferait en bonne partie plus au large, sur platier. Il semble donc que pour ces deux sites, **la prolifération, importantes en 2021 est bien en ligne avec des flux de la Loire qui ont été élevés à partir de juillet**, ne se traduise pas par des teneurs internes des ulves plus élevées probablement du fait de la croissance des ulves sur platier et non sur la zone de prélèvement au niveau de laquelle elles « videraient » leurs quotas (peu de nutriment et lumière abondante).



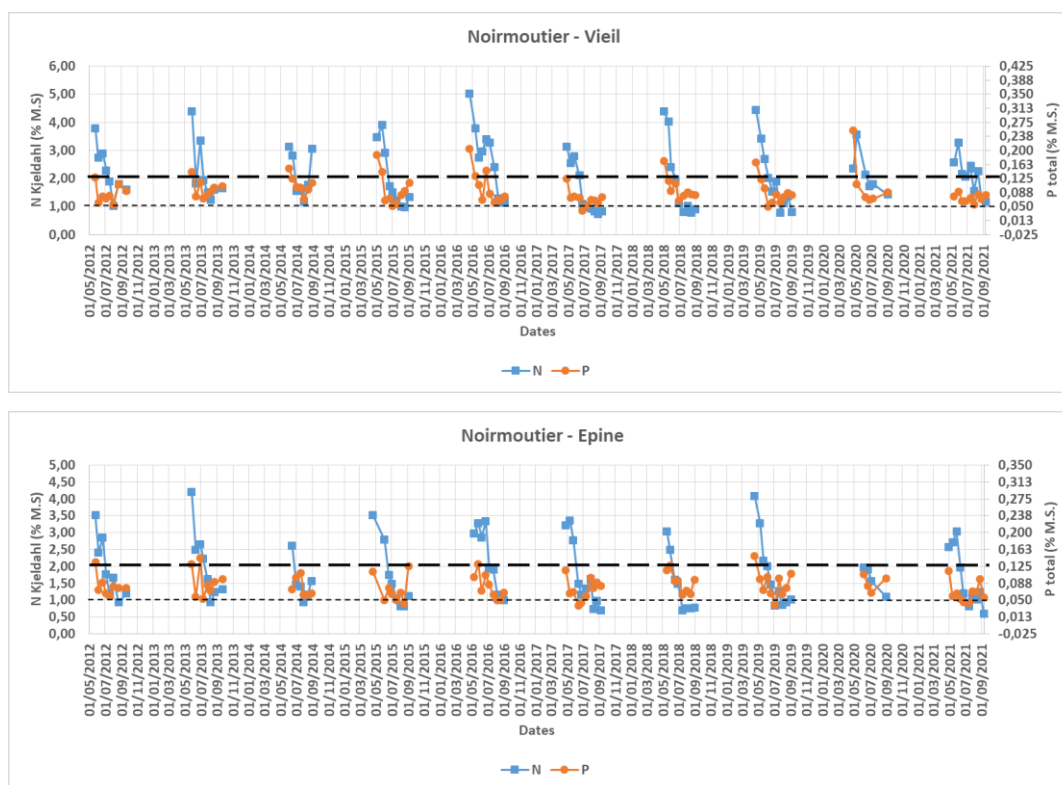
Figure 17 : Localisation des points de prélèvement des algues (symbolisée par une croix rouge) pour l'analyse des contenus tissulaires en azote et en phosphore. Les « délimitations » (définies par le CEVA) des sites étudiés (« Noirmoutier-Vieil », « Noirmoutier-Épine », « Noirmoutier-Guérinière », « Noirmoutier – La-Fosse ») sont représentées par un polygone blanc.

Concernant le site de « Noirmoutier-Guérinière », l'année 2021 poursuit les tendances observées les années antérieures avec une co-limitation en azote et phosphore dès le mois de juin. Les limitations sont très fortes pour les deux éléments (proches des Q0P et Q0N). Ces faibles disponibilités en ressources nutritives pour la croissance algale ne sont pas en cohérence avec les forts échouages reportés sur cette zone jusqu'à fin août. Ici encore l'étude d'autres paramètres environnementaux pourrait permettre d'expliquer le phénomène, mais il semble que le fait que les algues font leur croissance probablement bien au-delà de la zone de prélèvement pourrait expliquer ces contradictions. Les algues,



souvent en mauvais état de conservation, voire en putréfaction, montrent que les zones d'échouages ne sont pas les zones les plus propices à leur croissance. Ces observations interrogent sur la pertinence de cet indicateur nutritionnel sur de tels sites

Sur le site de « Noirmoutier-La-Fosse » les limitations franches par l'azote sont plus tardives, probablement après la mi-juillet. Dès la première date d'échantillonnage, le phosphore apparaît limitant. Cependant le niveau de limitation est beaucoup moins prononcé sur les autres sites du littoral de Noirmoutier. Les teneurs en azote baissent au fil des semaines pour se situer sous le quota critique dès la fin juillet. La prolifération sur ce site a été importante à partir du début juillet (surfaces très supérieures aux moyennes pluriannuelles lors du vol du 11 juillet : + 100 % par rapport à la moyenne 2007-2020 de juillet) et se serait donc installée sans limitation par les nutriments (ou faible limitation par le phosphore). Il semble donc possible que la croissance, en grande partie sur platier, n'ait pas été bridée par le manque de nutriment et que la poursuite de la croissance, dans le cas de ce site, « sur plage » dans une ambiance plus lumineuse et moins enrichie explique une partie de la limitation observée.



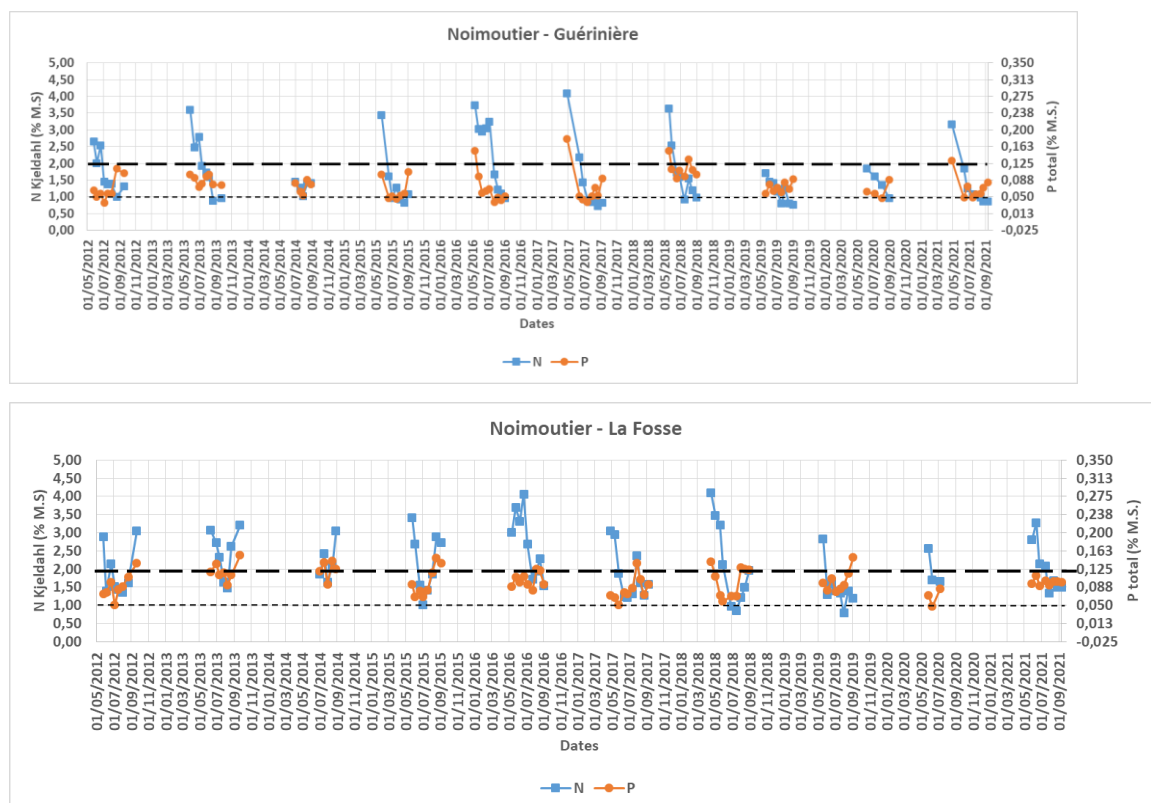


Figure 18 : Evolution interannuelle (2012-2021) des contenus tissulaires des ulves en azote et phosphore sur les sites de Noirmoutier (« Noirmoutier-Guérinière », « Noirmoutier-Epine », Noirmoutier-Vieil », « Noirmoutier-la Fosse »). Les pointillés en gras indiquent le quota critique. Les pointillés fins indiquent le quota de subsistance.

Bien que le site de la « Tranche-sur-Mer » et les sites de l’Ile de Ré soient assez proches géographiquement (Figure 19), les évolutions des échouages d’ulves et des quotas internes en azote et en phosphore sont différentes selon le site considéré. Sur le site de la « Tranche-sur-Mer », les opérateurs terrain ont pu récolter du matériel biologique afin de réaliser les mesures de quotas interne dans les tissus algaux au moins une fois par mois (Figure 20), ce qui est loin d’être le cas tous les ans (aucun prélèvement en 2020). La **prolifération y a été forte et les surfaces estimées en juillet sont 220 % plus élevées** qu’en moyenne 2007-2020 ce qui est encore le cas en août (plus de trois fois supérieures à 2012-2020) et septembre (+ 180 %).



Figure 19 : 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.

Le suivi des quotas réalisé sur la saison 2021, permet de mettre en évidence une co-limitation par l'azote et le phosphore dès la mi-juin. Le contenu azoté nettement supérieur au quota critique au début du suivi (2.8 %) apparaît limitant dès le début du printemps alors que le phosphore est resté sous la valeur de quota critique sur toute la saison de prolifération algale, mais à un niveau relativement peu limitant. De manière générale, bien que les surfaces de dépôt soient globalement faibles à l'échelle de ce vaste site, il semblerait que les nutriments ne soient pas le seul paramètre contrôlant le développement algal. Malgré un démarrage tardif (aucun échouage lors du vol de mai), les échouages ont été importants en juillet (+ 220% par rapport à la moyenne 2007-2020) et les biomasses semblent donc s'être constituées avant la franche limitation qui est observée fin juillet. Ensuite, en juillet, les flux (Sèvre niortaise) sont conformes à leurs valeurs moyennes pluriannuelle pour devenir inférieurs en août en septembre (environ -20 %). Ce site, d'après les indices d'eutrophisation serait donc limité par la présence d'azote (et à un niveau moindre, de phosphore) ce qui n'empêche pas l'installation sur les premiers mois d'une biomasse importante en cas de présence d'algue sur le printemps. Il est important de noter que l'année 2021, apparaît comme une année où les algues semblent particulièrement carencées en



contraste avec la situation montrée par les suivis effectués depuis 2012 ; les années antérieures ne présentant des teneurs internes en azote limitantes que très ponctuellement dans la saison. Les teneurs en phosphores, quant à elles, apparaissaient généralement limitantes sur des périodes plus larges de la saison mais sans que la limitation soit très marquée ce qui pourrait être lié à la fourniture sédimentaire de cet élément. De manière générale, le jeu de données mériterait d'être étoffé afin de disposer d'une vision plus complète de l'état nutritionnel des algues sur le site de la « Tranche sur Mer » au cours de la saison et peut être en disposant de points d'échantillonnage additionnels. Les difficultés logistiques pour être parfaitement sur les basses mers sur ce site et sur les sites de Ré expliquent en partie ces absences de données.

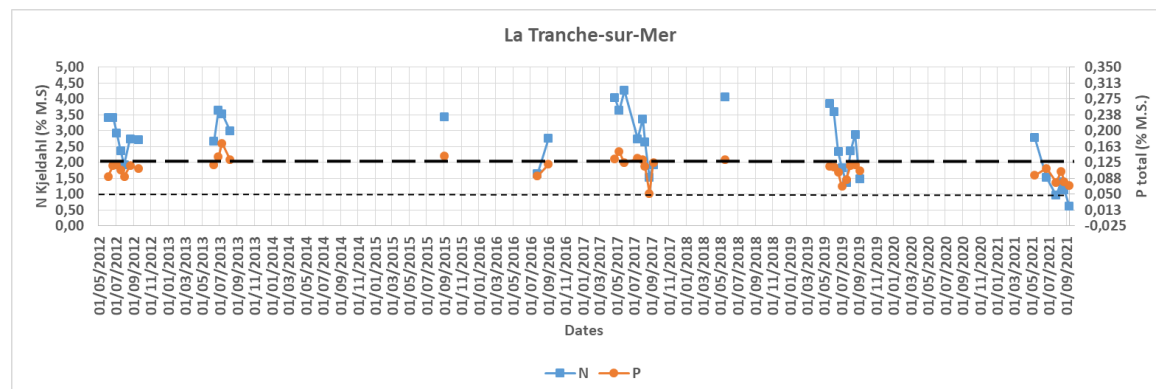
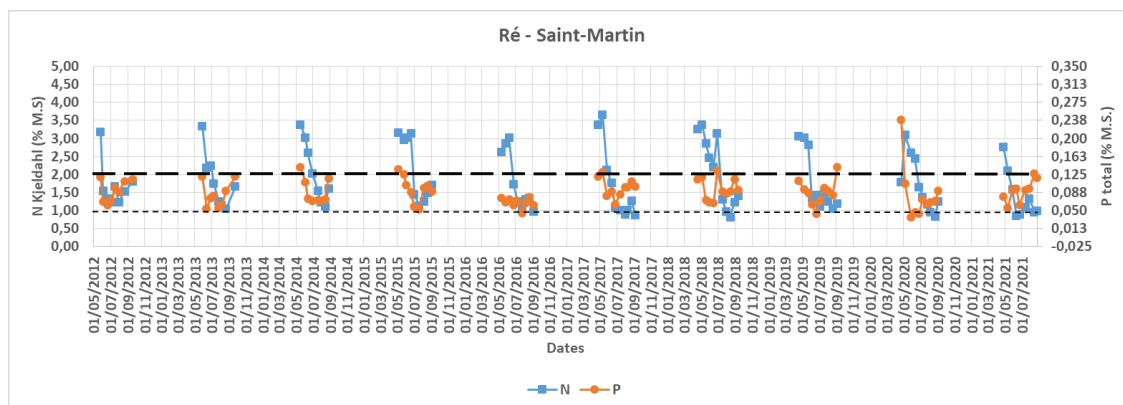
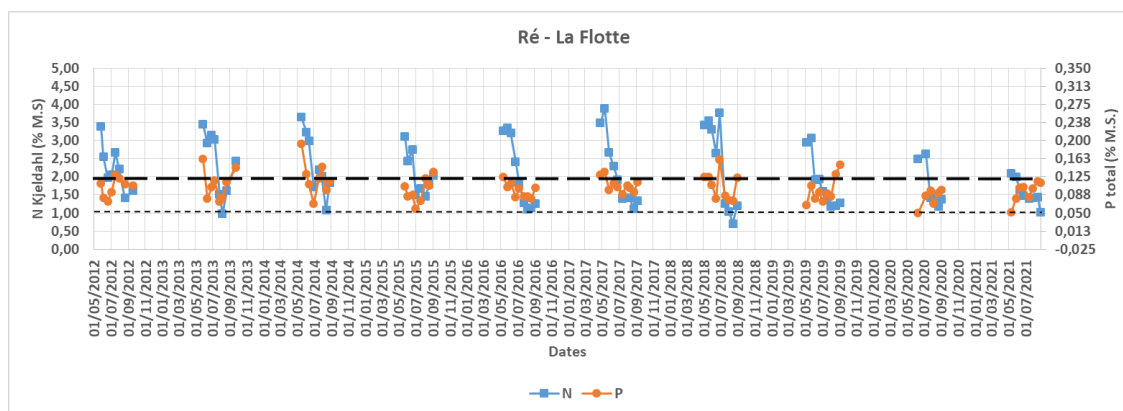


Figure 20 : Evolution interannuelle (2012-2021) des contenus tissulaires des ulves en azote et phosphore sur le site de « La Tranche-sur-Mer » (Anse du Maupas – La Grande Plage). Les pointillés en gras indiquent le quota critique. Les pointillés fins indiquent le quota de subsistance.

Pour les trois sites de l'Île de Ré, les profils d'évolution des quotas azotés et phosphorés sont comparables d'année en année (Figure 21), ce qui suggère une origine commune (peu probable) des algues et/ou un milieu nutritionnel similaire pour les algues observées en échouage. En 2021, de façon assez conforme aux autres années de suivi, on mesure une co-limitation par l'azote et le phosphore sur une grande partie de la saison. En 2021, on note un niveau d'azote dans les tissus qui est au-dessus des limitations en début de saison sur le mois de mai pour « La Flotte en Ré », « Portes en Ré » et « Saint-Martin en Ré ». Alors que le phosphore est limitant sur toute la saison pour les sites de « La Flotte en Ré » (mais à un niveau franchement limitant que sur la première date, les valeurs s'approchant, en fin de saison de la valeur Q1P) et « Portes en Ré » (niveau nettement plus bas sur l'ensemble de la saison), sur « Saint-Martin en Ré » les teneurs en phosphore remontent au-dessus du quota critique au mois d'août pour redevenir limitantes en septembre. Cette dernière tendance, pourrait être le signe d'un relargage sédimentaire en cette saison (température plus élevée et anoxies plus prononcées). L'Île de Ré est entourée de platiers rocheux et la limitation en phosphore observable sur tous les sites (Figure 21) pourrait en partie s'expliquer par la croissance des ulves sur ces plateformes littorales plus éloignées des sédiments meubles (sable ou vase). La réalimentation sur certains secteurs par les relargages sédimentaires en été est cependant une hypothèse à considérer. L'estimation des stocks infralittoraux en ulves réalisées en 2014 sur le site de « Ré-Saint-Martin-en-Ré », conforte cette hypothèse avec des biomasses d'ulves présentes majoritairement fixées. L'année 2021 comme l'année précédente, apparaît comme une année exceptionnelle



caractérisée par une diminution globale des échouages sur le littoral de l'île de Ré. La seule co-limitation en nutriments observée depuis le début des suivis n'est pas suffisante pour expliquer cette diminution. D'autres paramètres seraient à prendre en compte dans l'analyse du phénomène (faible report pluriannuel, mauvais recrutement sur platiers,...). Contrairement aux tendances observées depuis 2012, la limitation par l'azote observée habituellement en mi-juin, mi-juillet selon les sites est apparu dès le mois de mai en 2021, ceci est en ligne avec des caractéristiques de flux des cours d'eau. En effet, en considérant les flux de la Charente et de la Gironde (Garonne, ici comme proxy) on note pour 2021 des valeurs de flux pour mai et juin en deçà de la moyenne pluriannuelles (Garonne – 37 % en mai ; -43 % en juin par rapport à 2003-2020 devenant excédentaires de juillet à septembre ; Charente des flux déficitaires de – 17 % sur mai et juin par rapport à la moyenne 2011-2019 devenant excédentaires de 80 % en juillet puis 20 % en août). Malgré des flux devenant excédentaires en juillet les surfaces couvertes sont restées modestes et les nutriments semblent limitants. Il semble donc que la **précocité de l'installation soit un paramètre important** pour ce secteur. Probablement les températures de l'eau devenant élevées pourraient être une piste d'interprétation de la faible croissance sur août. Les étiages en flux, tous les ans très prononcés (on passe sur la Garonne de flux moyens journaliers de 130 TN en avril à 14 T en août soit près de 10 fois moins ; de 60 T à 18 T pour le cas de l'année 2021; ratio inférieur pour la Charente avec 4.3 entre ces deux mois sur les années moyennes) peuvent aussi permettre d'expliquer la limitation par l'azote une fois le printemps passé.



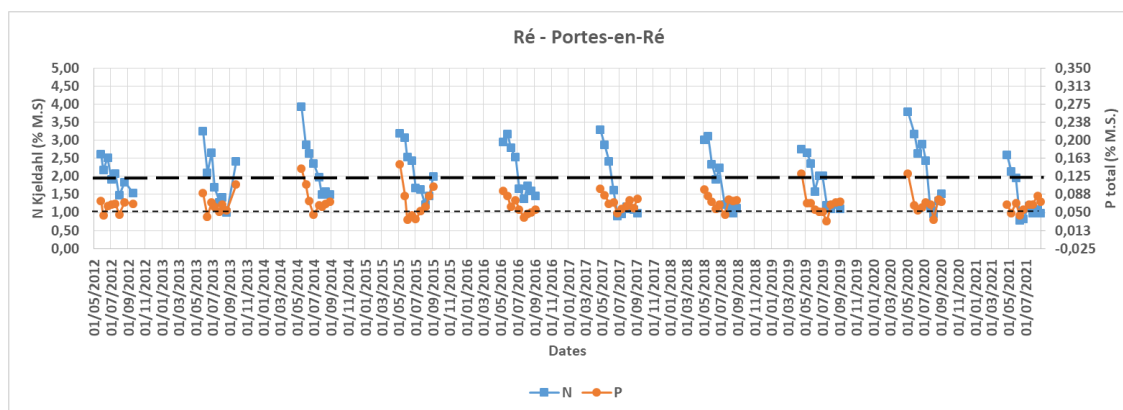


Figure 21 : Evolution interannuelle (2012-2021) des contenus tissulaires des ulves en azote et phosphore sur les sites de l’Ile de Ré (« Ré la Flotte en Ré » - Plage de la Clavette, « Ré-Saint Martin en Ré » - rempart du Vert Clos, « Ré-Portes en Ré » - Plage du Gros Jonc). Les pointillés en gras indiquent le quota critique. Les pointillés fins indiquent le quota de subsistance.



4. Conclusion

De manière générale, cette dixième 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.

Dans le détail, l'analyse des données a mis en évidence :

- ✓ Une année 2021 plutôt tardive, avec seulement 7 sites sur 14 présentant des échouages pour l'inventaire de mai et des surfaces en mai 35% inférieur à la moyenne pluriannuelle de ce mois.
- ✓ Une année 2021 qui compte pourtant parmi les années les plus touchées par les échouages depuis le début des suivis. Au deuxième rang en termes de valeur maximale d'échouage après 2016 avec 342 ha d'algues échouées et 37% supérieure à la moyenne 2012-2020. Ce résultat contraste avec l'année 2020, 2^{ème} année la plus basse après 2012.
- ✓ De la même manière qu'en 2019, tous les sites ont été classés au moins une fois sur les inventaires de la saison 2021. La tendance était à la hausse avec la plupart des sites suivis présentant des échouages plus importants que la moyenne des 10 années de suivi RCO, les sites du littoral Pays de Loire et de l'île de Ré étant nettement moins chargés qu'en moyenne pluriannuelle.
- ✓ Un statut nutritionnel distinct entre les sites insulaires et les continentaux avec une co-limitation en nutriment qui s'installe sur une période plus longue sur les îles e.g. sites de Noirmoutier et de Ré et plus ponctuellement pour les autres. Le phosphore apparaît de manière assez généralisée en limitation sur la quasi-totalité de l'année, en 2021 et ce qui était aussi le cas depuis le début des suivis en 2012. Les teneurs peu élevées en azote en 2021, en particulier sur les sites du Sud Loire, sont bien cohérentes avec des flux 2021 a priori faibles sur le début de la saison de prolifération pour la Loire, la Charente et la Gironde. En effet, pour les trois principaux cours d'eau de la zone, on observe des valeurs de flux en deçà de la moyenne pluriannuelle 2003-2021 à minima jusqu'en juillet 2021. En revanche, les teneurs non limitantes en azote (ou très faiblement pour « Mesquer ») dans le tissu des algues sont bien en ligne avec des apports de la Vilaine qui sont restés soutenus sur l'ensemble de la période estivale (à partir de la fin juin jusqu'en septembre). Quant à la limitation en phosphore, il s'agit du profil type d'ulves d'arrachage dont une partie de la croissance s'est faite sans contact avec le sédiment meuble pourvoyeur de phosphore. Le fait que les apports des grands fleuves alimentent les blooms phytoplanctoniques notamment en phosphore « avant de parvenir aux sites d'ulves » pourrait aussi expliquer la plus faible disponibilité locale de cet élément pour les ulves. Même si de nombreux sites sont limités par le phosphore, il est



important de rappeler que le facteur contrôlant le développement des algues vertes reste l'azote (Rosenberg et al., 1990 ; Larned, 1998), les teneurs en phosphore du milieu marin étant difficilement maîtrisables.

- ✓ La dynamique des échouages d'algues vertes provenant d'arrachage est plus complexe que les proliférations de baies « plus classiques ». Le développement algal y dépend de la surface colonisable disponible et du succès de colonisation des platiers par les algues opportunistes. Le succès de colonisation semble être influencé par les hivers chauds et humides corrélés à des concentrations en nutriments dans le milieu permettant la croissance des algues opportunistes tout au long de l'année (Rossi et al, 2009).



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.

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.

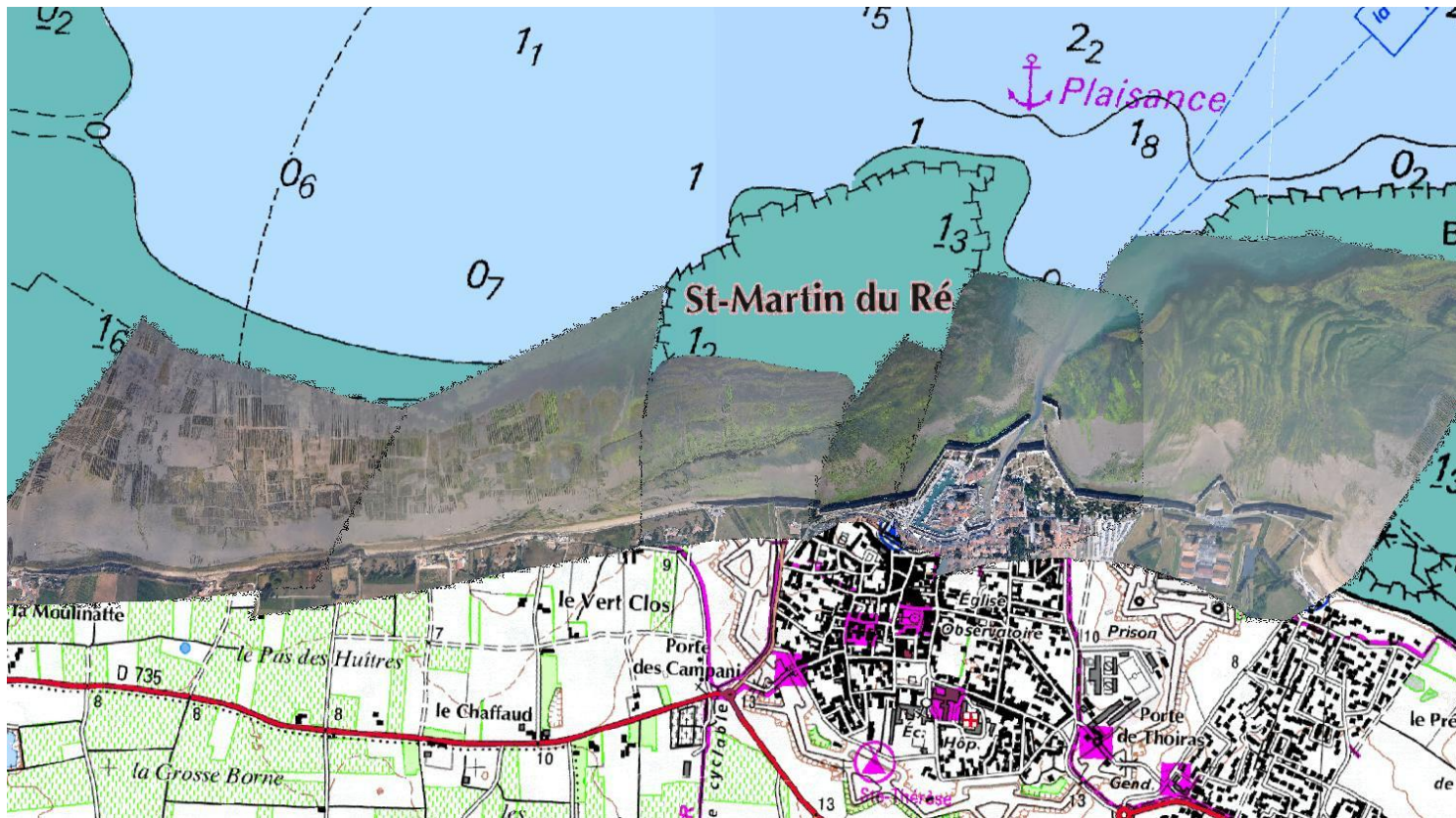
ANNEXE 1 :

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

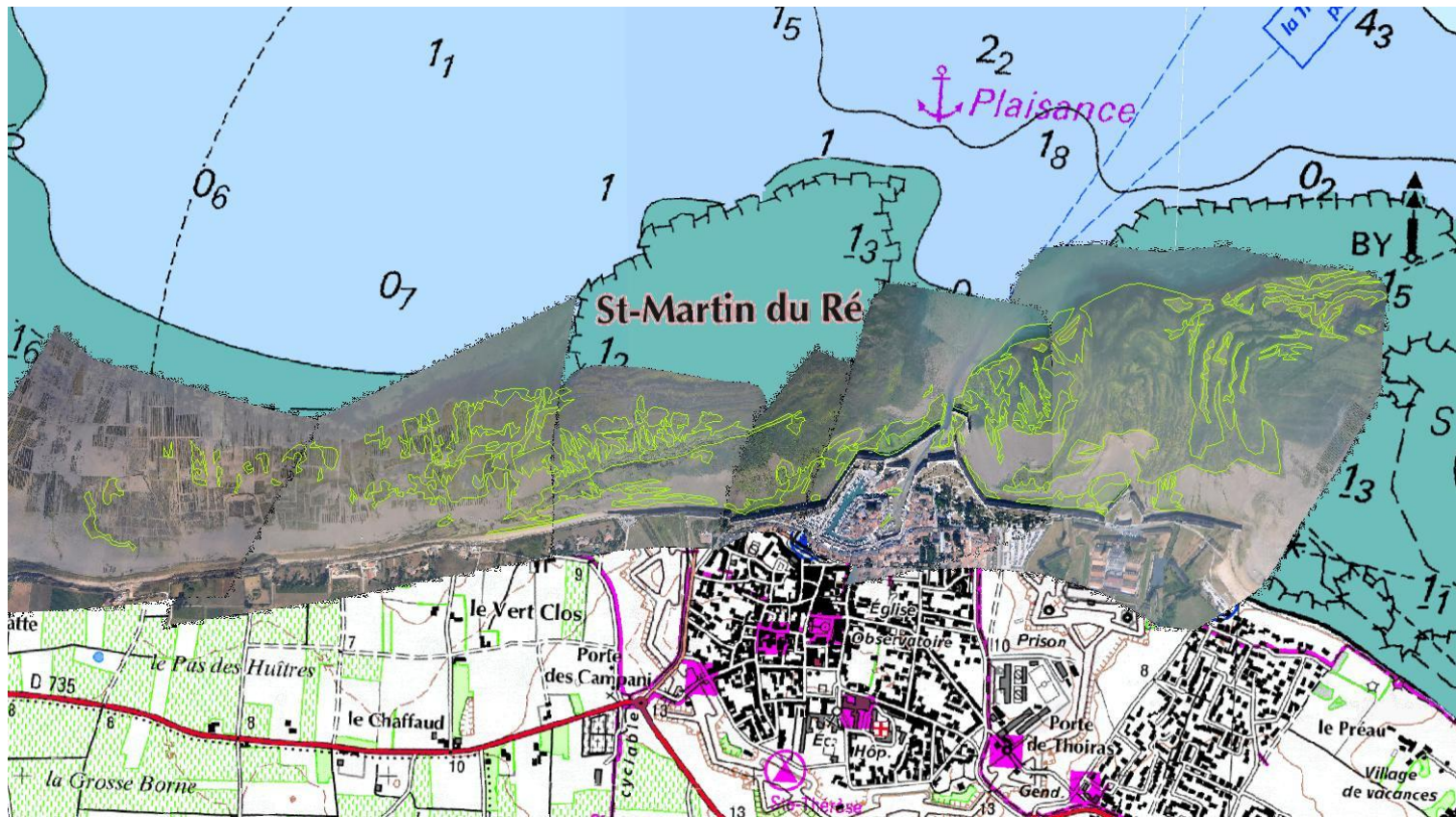
1. Prise d'une photographie du site et des échouages d'ulves aux environs de la basse mer



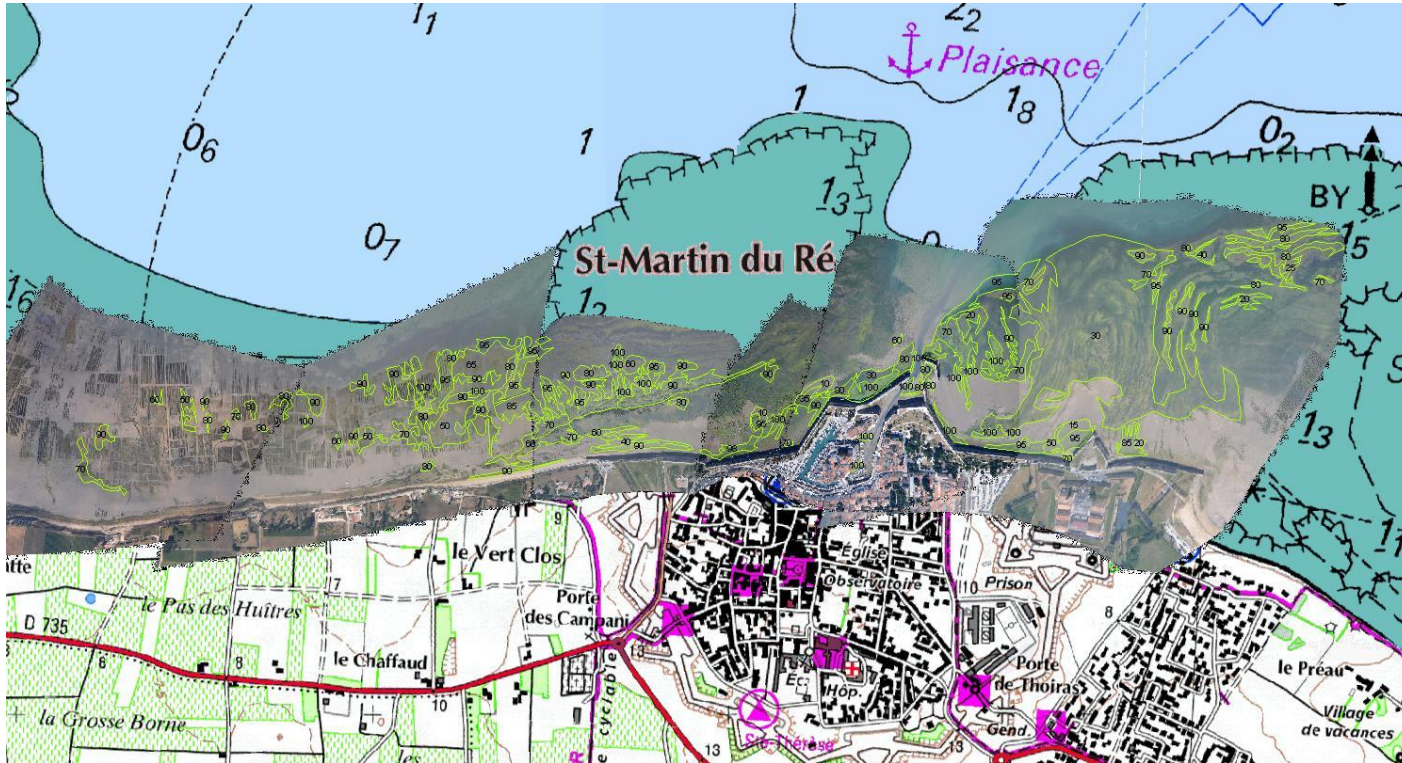
2. Géoréférencement des clichés aériens et création d'une mosaïque sous SIG (Système d'Information Géographique)



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 2021
- Vol d'août 2021

RCO LB

Inventaire de Juin 2021 :

Fiches de synthèse des observations terrain

Suivi des algues vertes sur le littoral Loire-Bretagne
JUN 2021

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

Dépôt d'algues en décomposition avancée : proportions difficiles à estimer mais très peu d'algues vertes observées.

Terrain le 13/06/2021

Suivi des algues vertes sur le littoral Loire-Bretagne
JUN 2021

MESQUER - Baie du Cabonnais (44)

Dépôt épais, beaucoup d'entéromorphes tubulaires.

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	10	70	40	60	60	40	70	Ulva sp. Enteromorpha sp.

Terrain le 13/06/2021

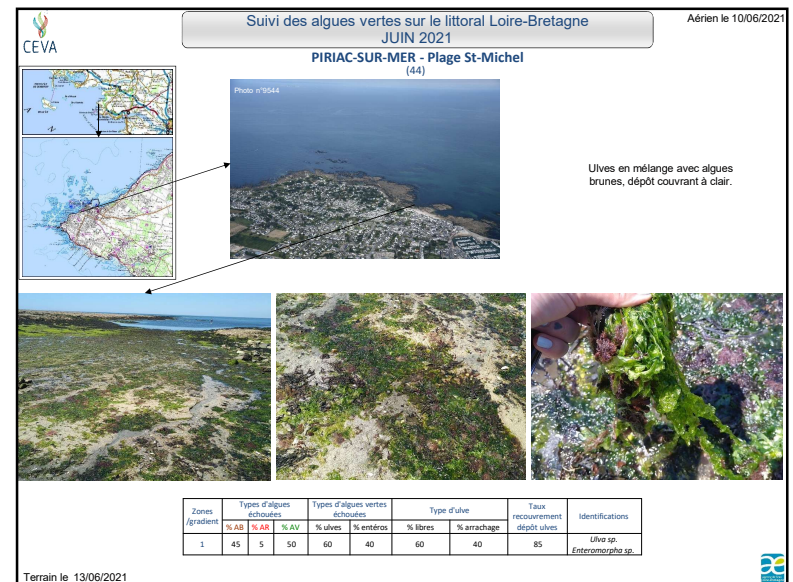
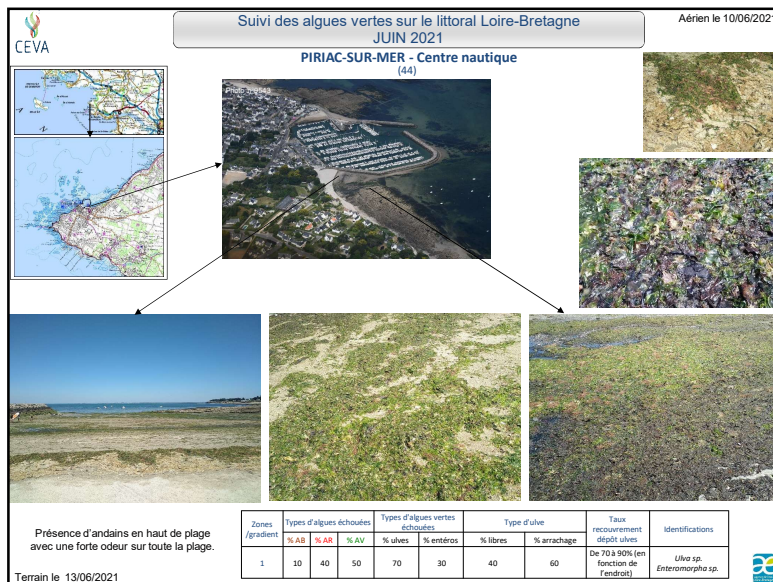
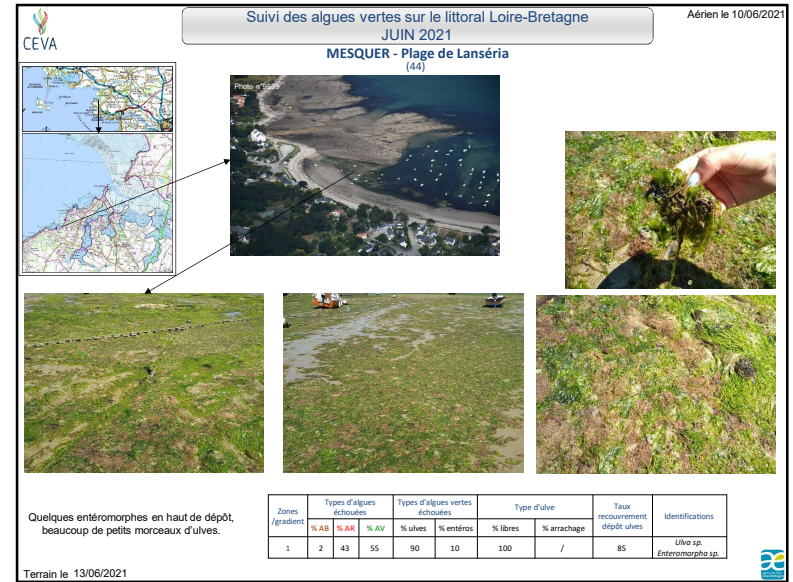
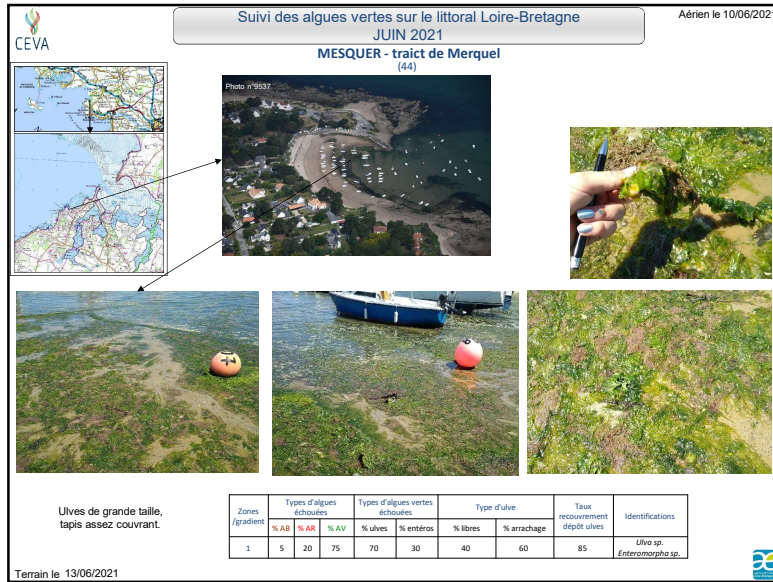
Suivi des algues vertes sur le littoral Loire-Bretagne
JUN 2021

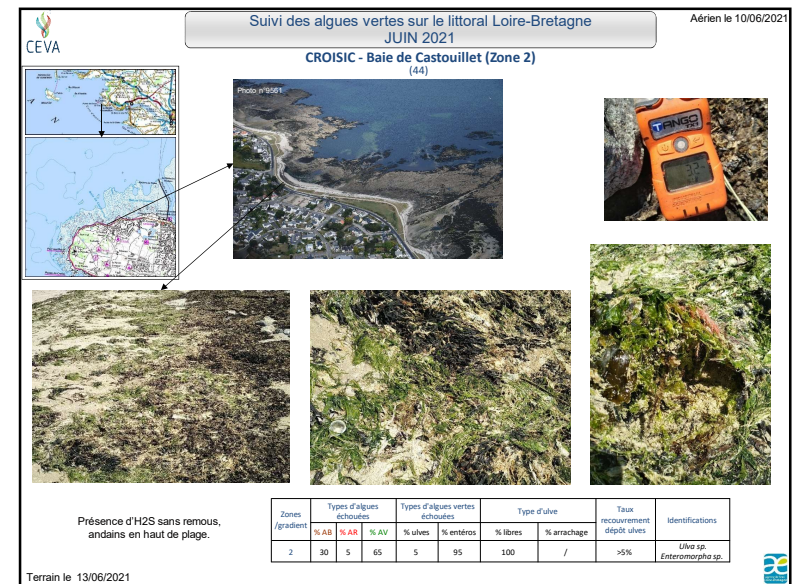
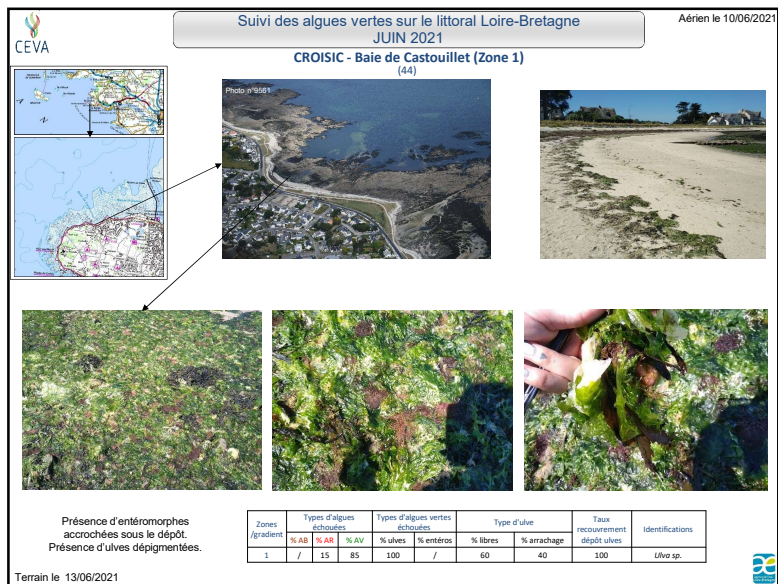
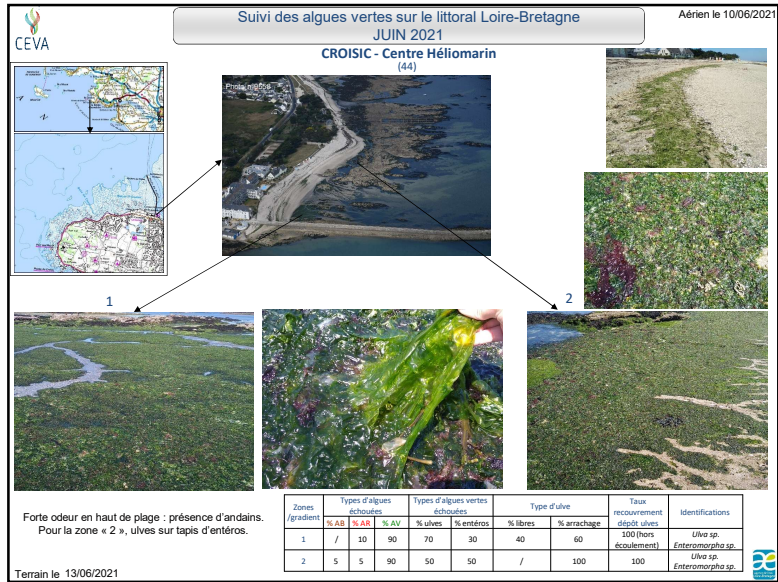
MESQUER - Baie du Cabonnais (44)

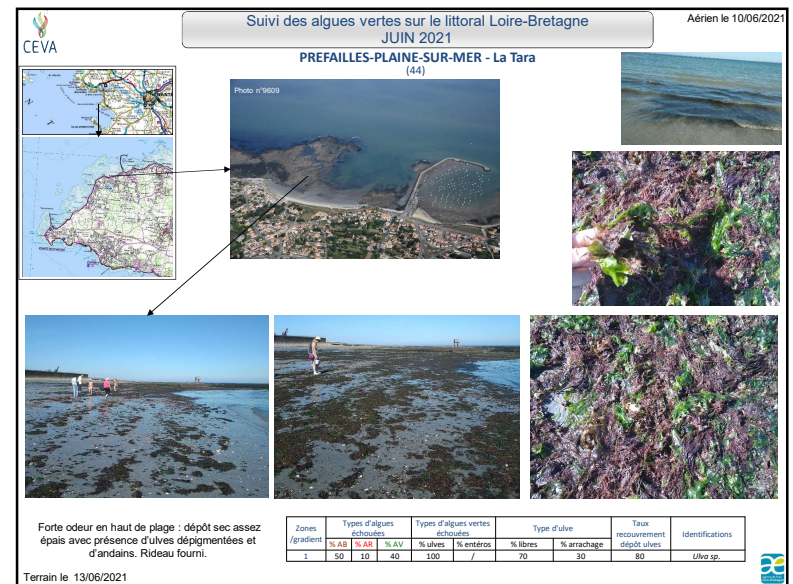
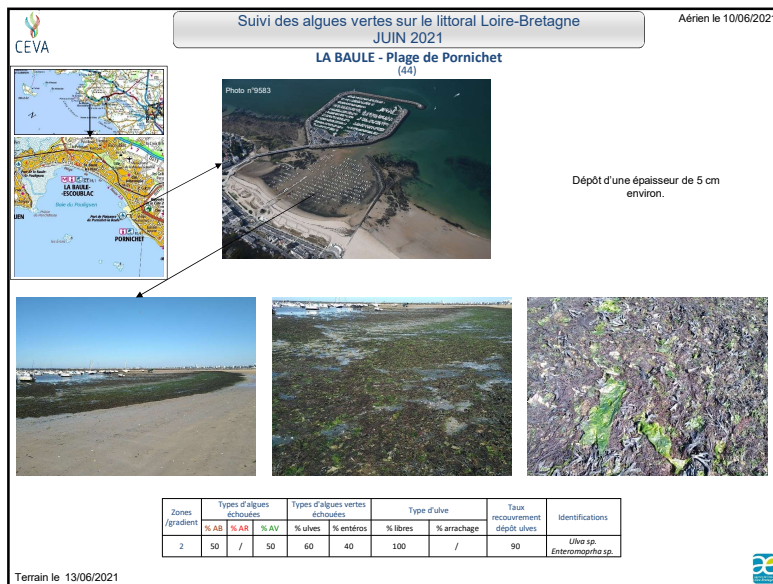
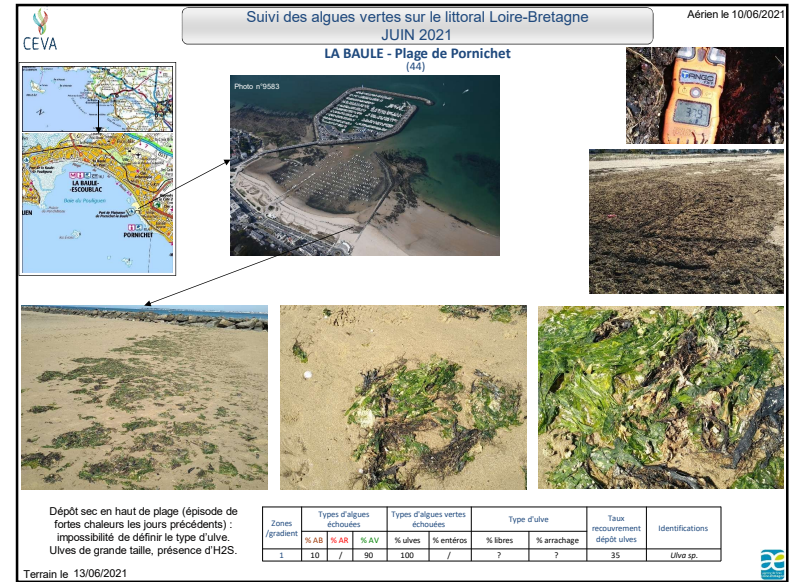
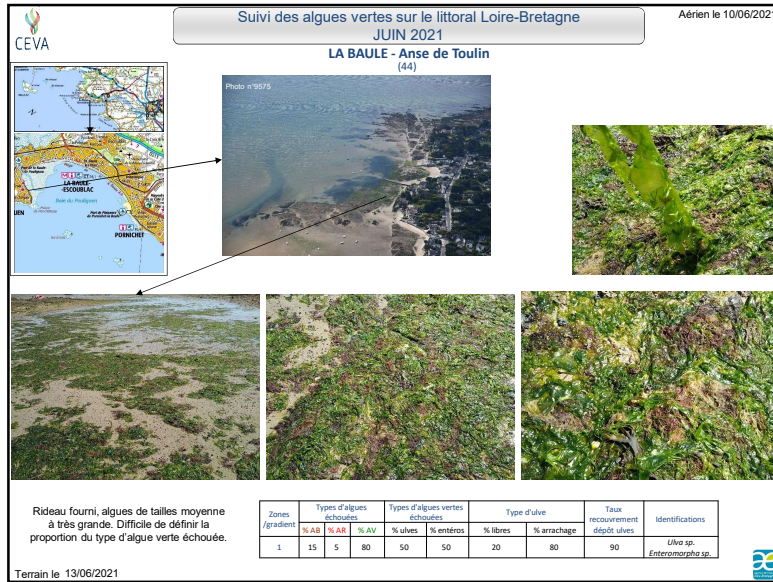
Gros rideau, ulves en dépôt de taille moyenne plutôt couvrant.

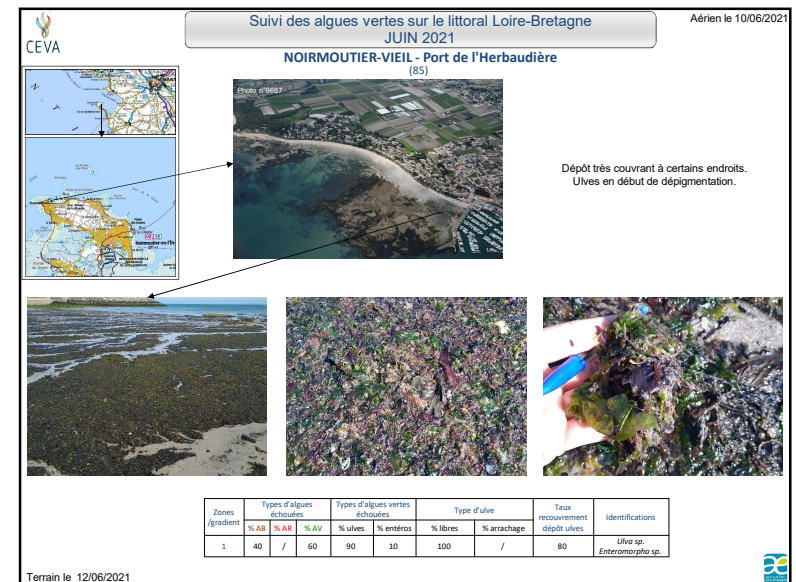
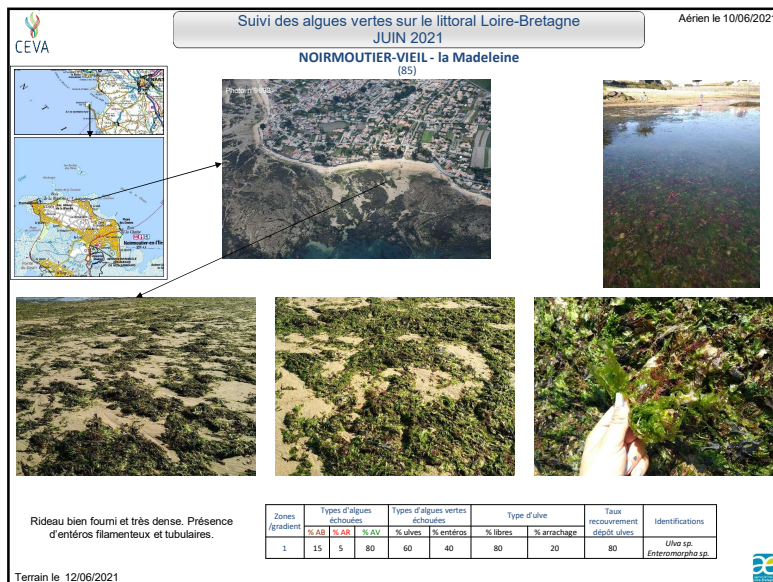
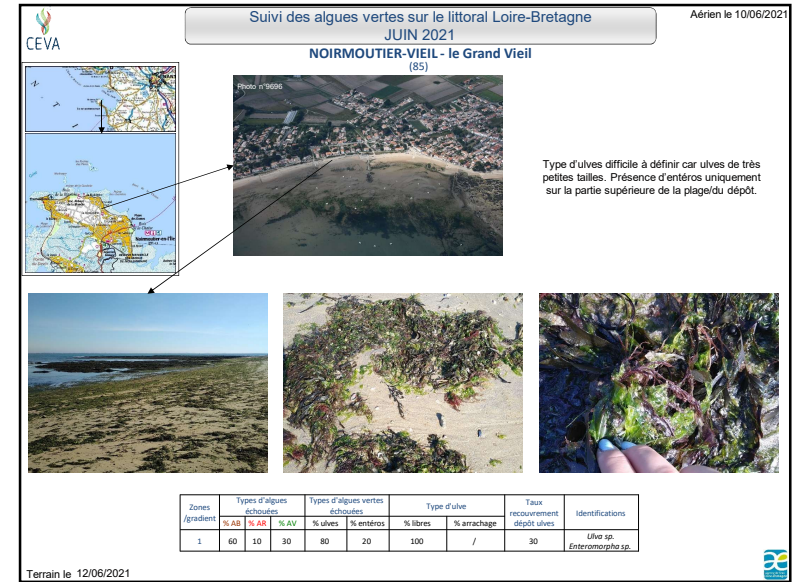
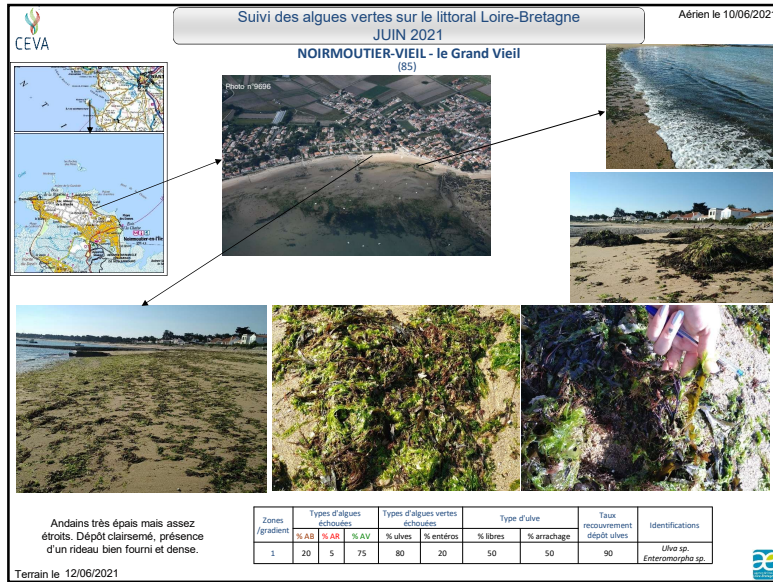
Zones /gradient	Types d'algues échouées			Types d'algues vertes échouées		Type d'ulve		Taux recouvrement dépôt ulves	Identifications
	% AB	% AR	% AV	% ulves	% entéros	% libres	% arrachage		
1	10	20	70	60	40	100	/	80	Ulva sp. Enteromorpha sp.

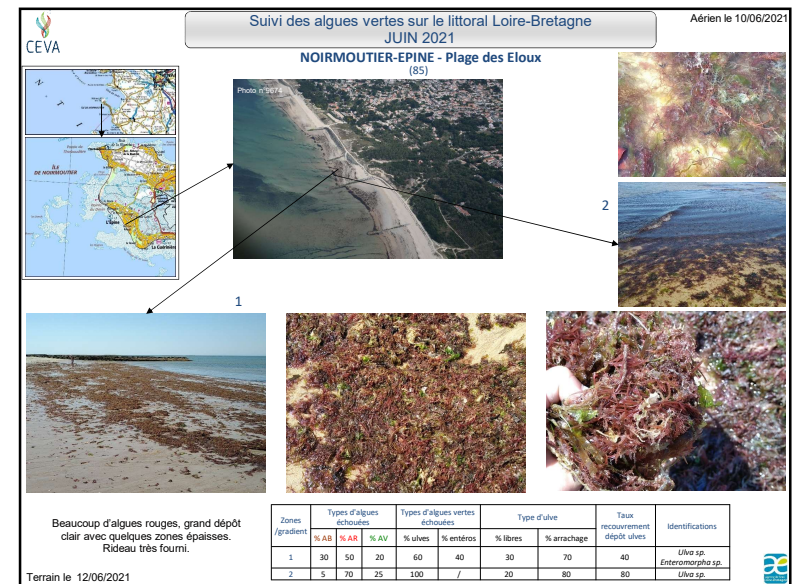
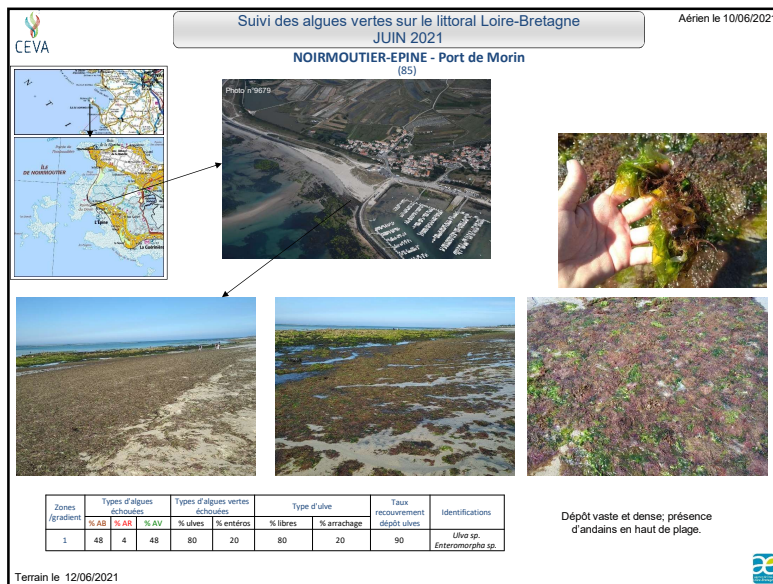
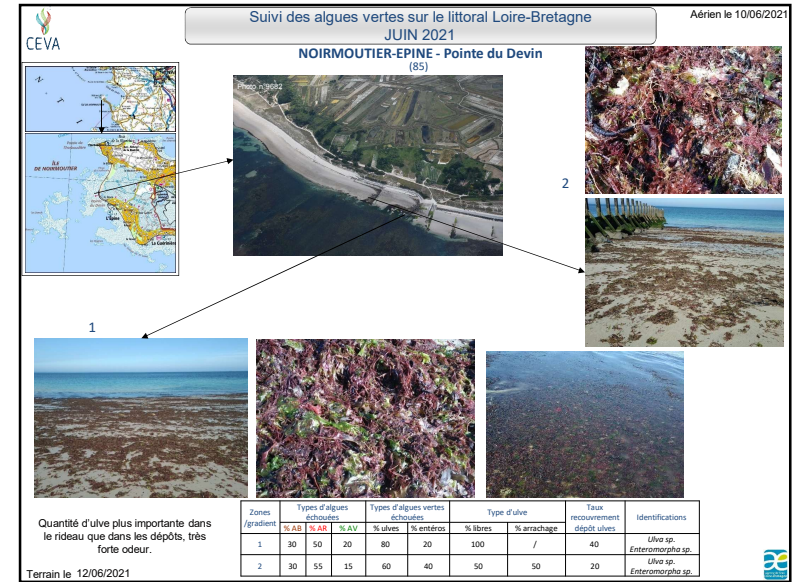
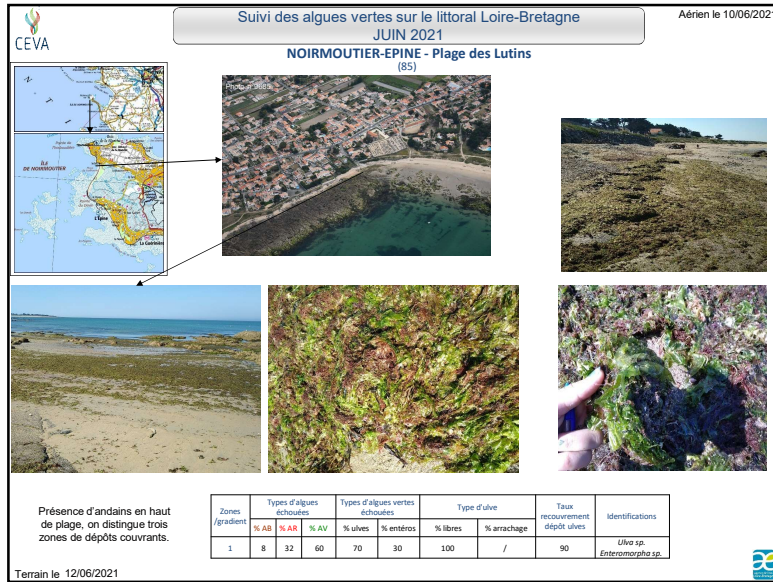
Terrain le 13/06/2021

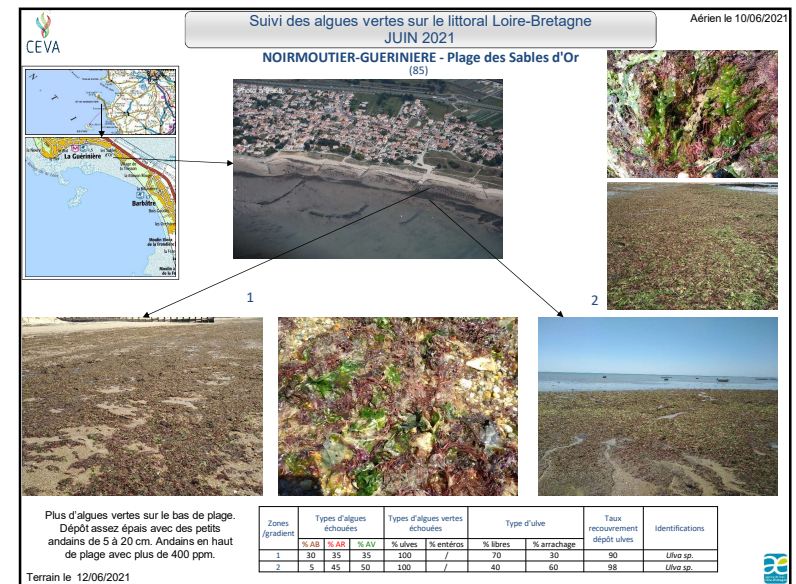
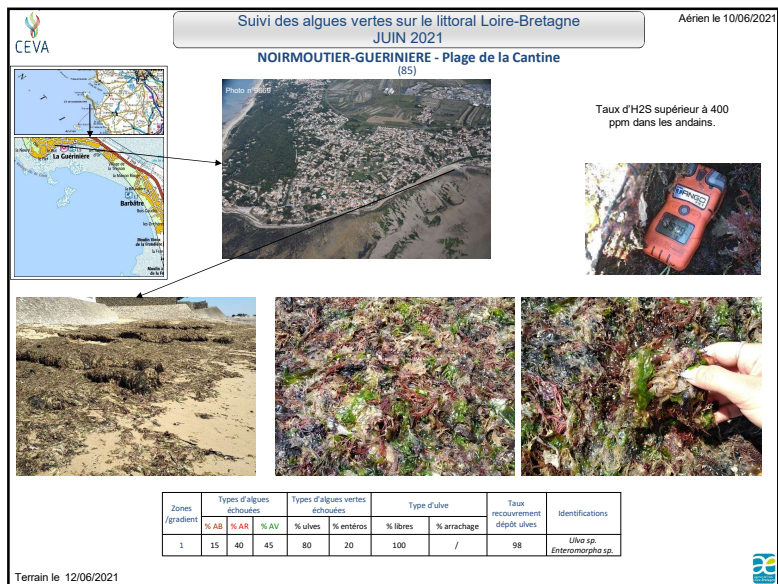
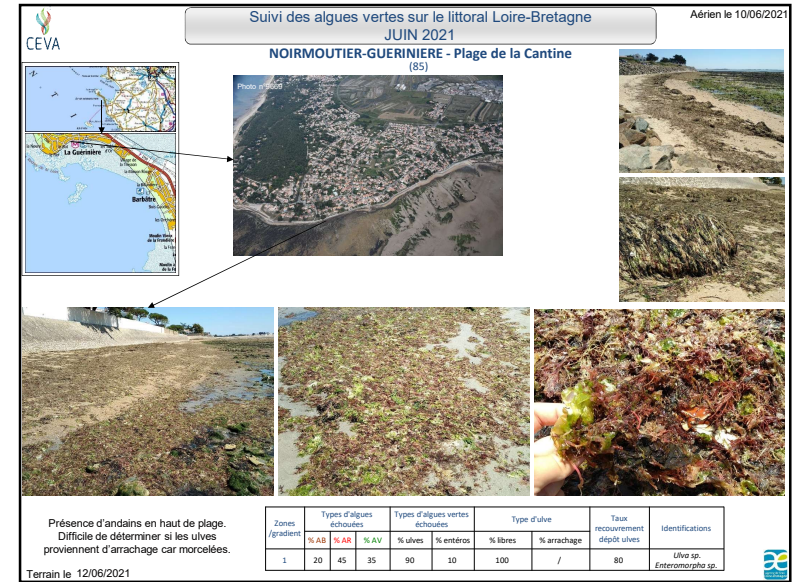
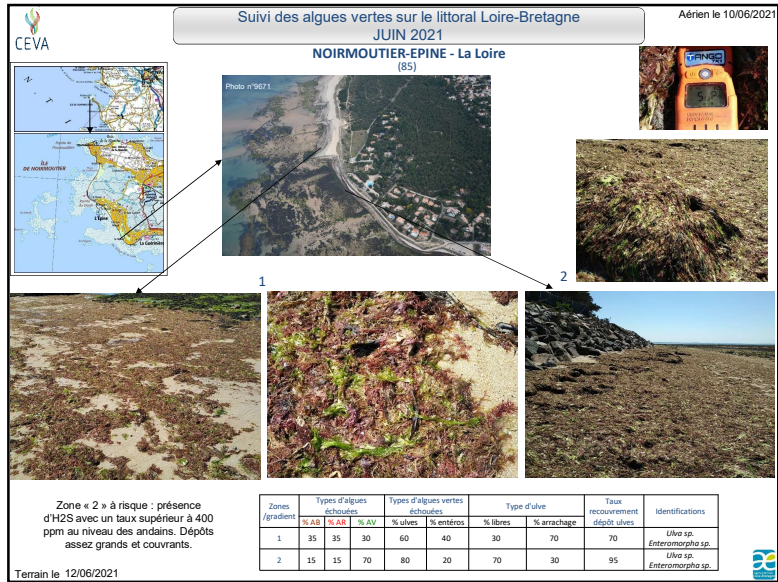


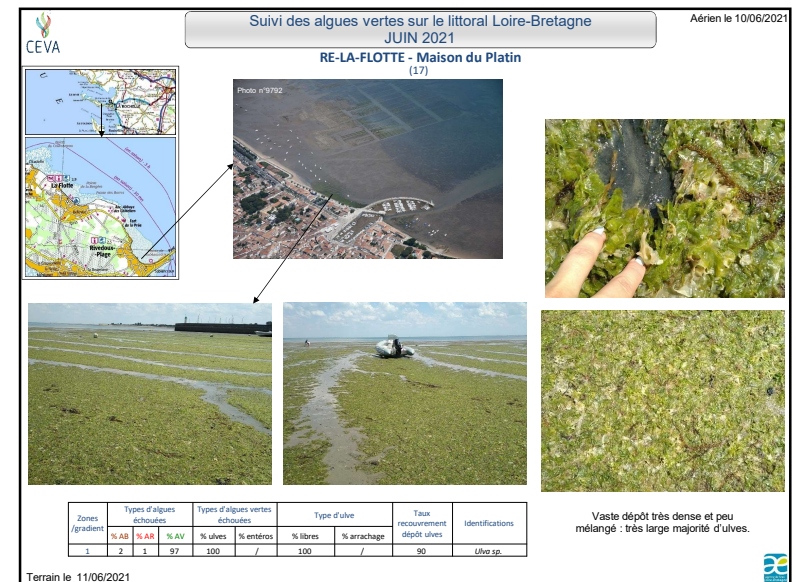
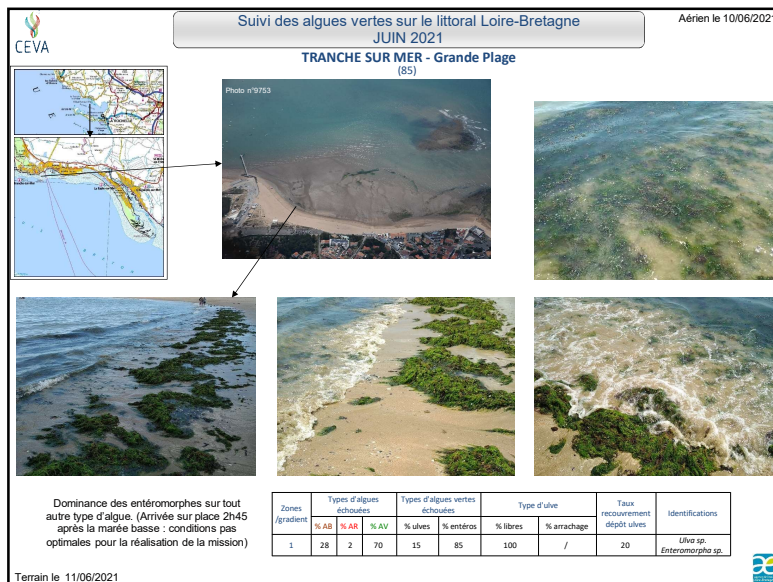
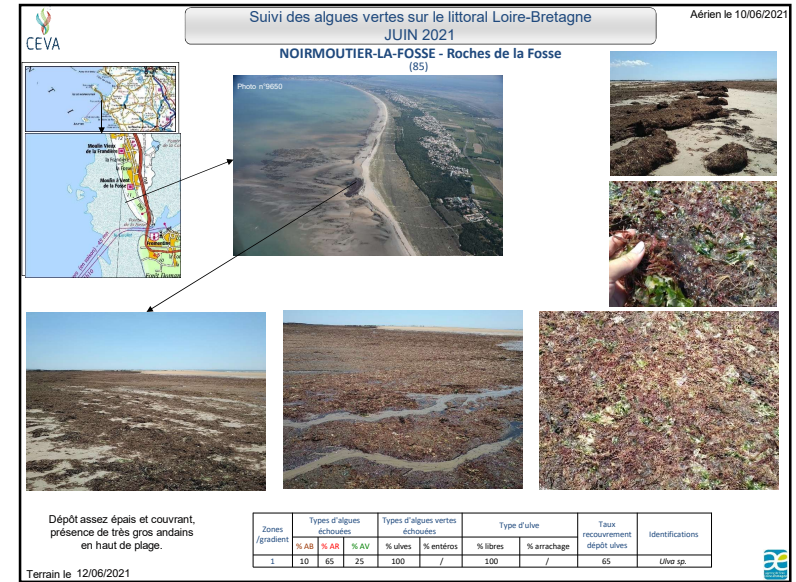
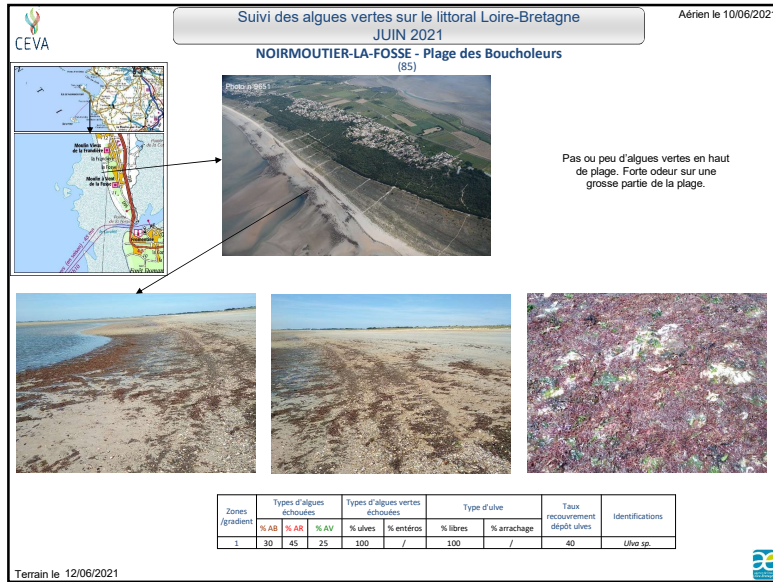












Suivi des algues vertes sur le littoral Loire-Bretagne
JUIN 2021
Aérien le 10/06/2021

RE-SAINT-MARTIN-EN-RE - port de la Citadelle (17)

Présence d'entéromorphes fixés sous le dépôt. Dépôt couvrant une large surface.

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	4	95	100	/	100	/	99	Ulva sp.

Terrain le 11/06/2021

Suivi des algues vertes sur le littoral Loire-Bretagne
JUIN 2021
Aérien le 10/06/2021

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

Difficile de définir le type d'ulve car elles étaient en petits morceaux. Tapis très épais (de 20 à 30 cm d'épaisseur au maximum).

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	/	90	100	/	100	/	99	Ulva sp.

Terrain le 11/06/2021

Suivi des algues vertes sur le littoral Loire-Bretagne
JUIN 2021
Aérien le 10/06/2021

RE-SAINT-MARTIN-EN-RE - Parcs de la tonille (17)

Dépôt léger et éparse d'ulves de grande taille. Présence d'algues brunes accrochées.

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	/	/	100	100	/	100	/	10	Ulva sp.

Terrain le 11/06/2021

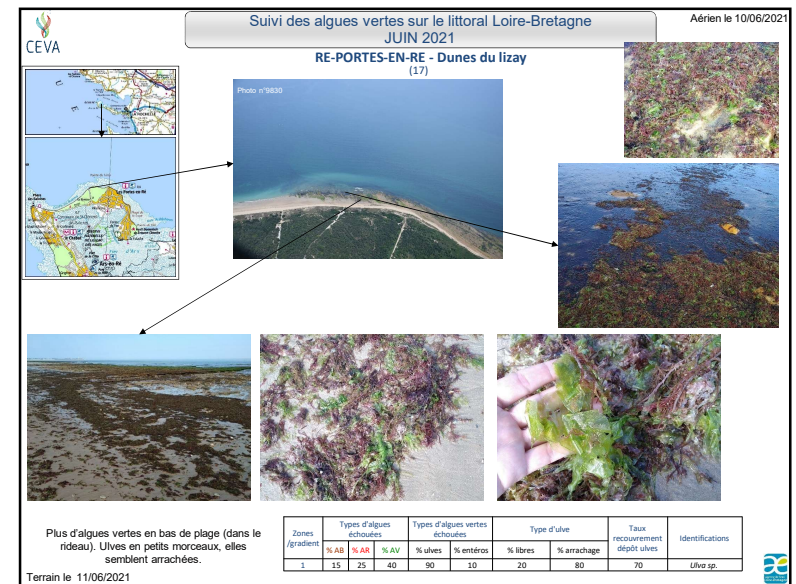
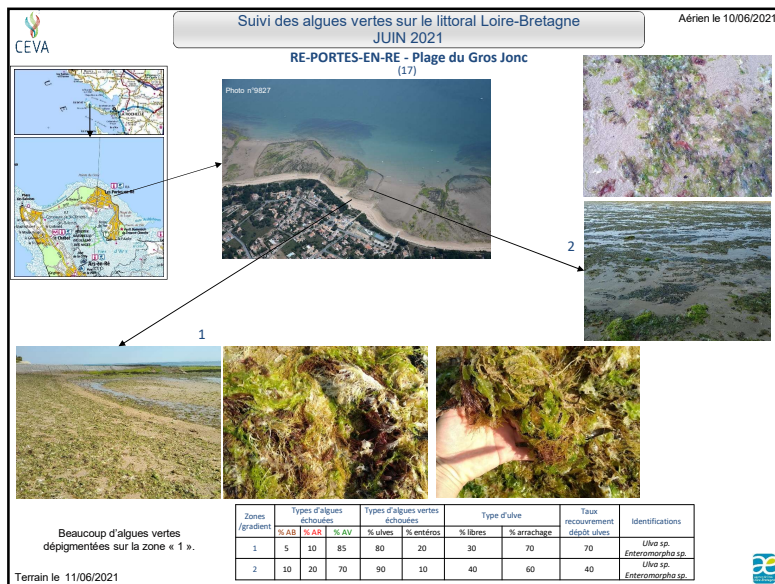
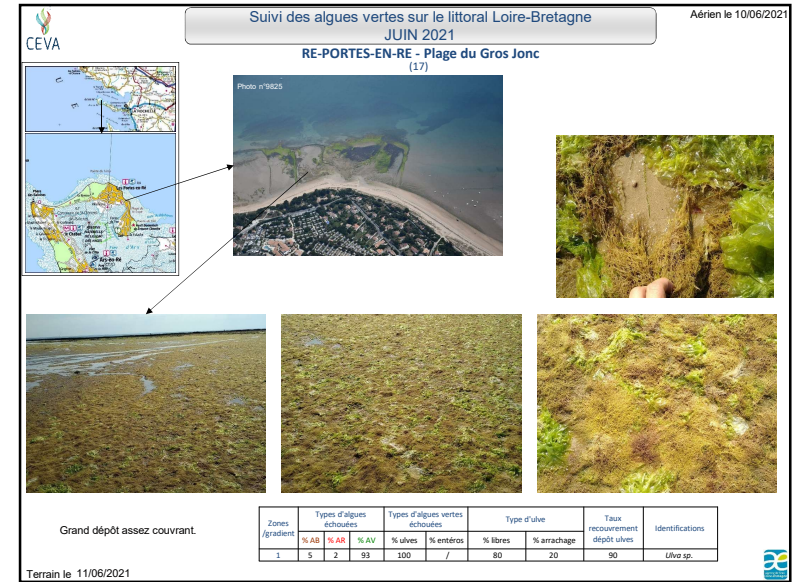
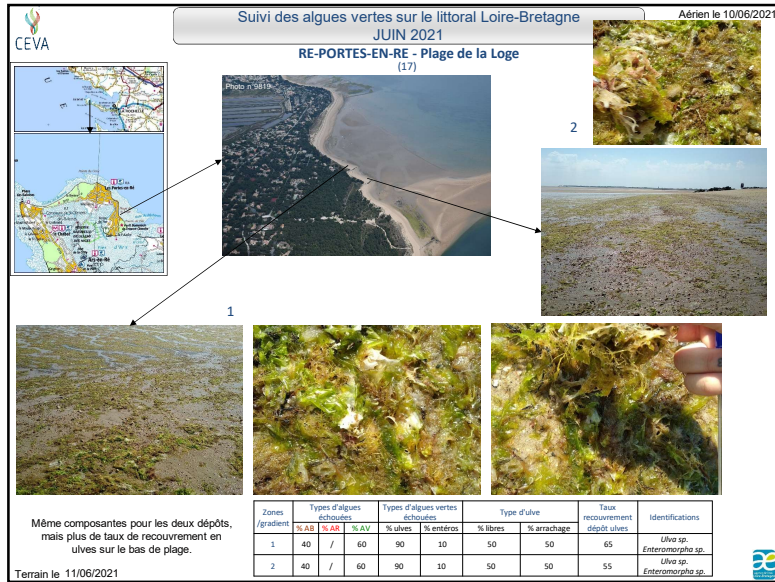
Suivi des algues vertes sur le littoral Loire-Bretagne
JUIN 2021
Aérien le 10/06/2021

RE-LOIX - Fort du Grouin (17)

Forte odeur, présence d'un dépôt en putréfaction en haut de plage (voir photo en haut à gauche).

Zones /gradient	Types d'algues échouées			Types d'algues vertes échouées		Type d'ulve		Taux recouvrement dépôt ulves	Identifications
	% AB	% AR	% AV	% ulves	% entéros	% libres	% arrachage		
1	15	5	80	100	/	80	20	95	Ulva sp.

Terrain le 11/06/2021



RCO LB

Inventaire de Août 2021 :

Fiches de synthèse des observations terrain

Suivi des algues vertes sur le littoral Loire-Bretagne
AOUT 2021

MINE D'OR - Poudrantaïs (56)

Pas d'ulves, quelques zostères arrachées en haut de plage.

Terrain le 12/08/2021

Suivi des algues vertes sur le littoral Loire-Bretagne
AOUT 2021

PEN-BE - Plage de Pont-Mahé (44)

Dépôt plutôt sec, andains peu épais en haut de plage.

Zones /gradient	Types d'algues échouées			Types d'algues vertes échouées		Type d'ulve			Taux recouvrement dépôt ulves	Identifications
	% AB	% AR	% AV	% ulves	% entières	% libres	% arrachage			
1	40	/	60	100	/	20	80	20%	Ulva sp.	

Terrain le 12/08/2021

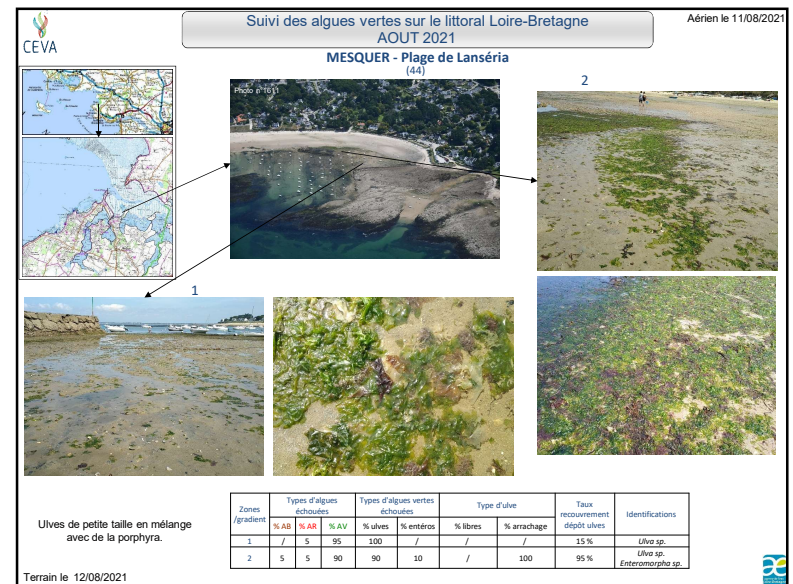
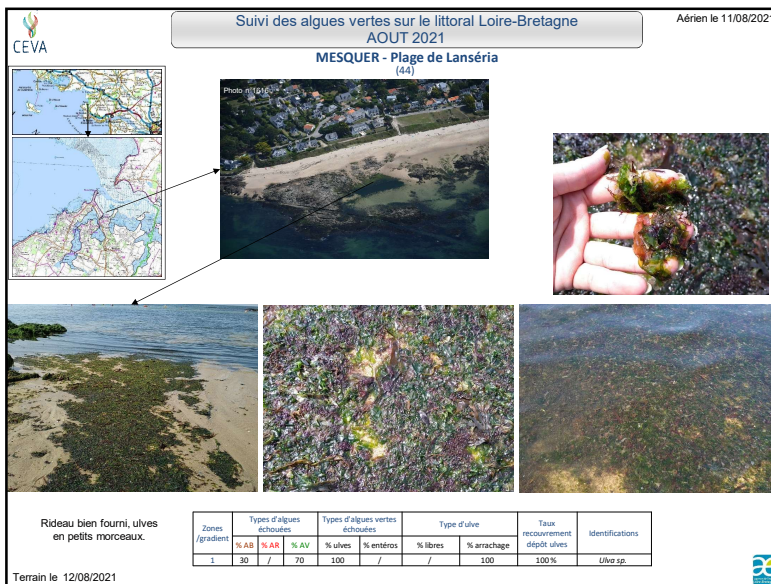
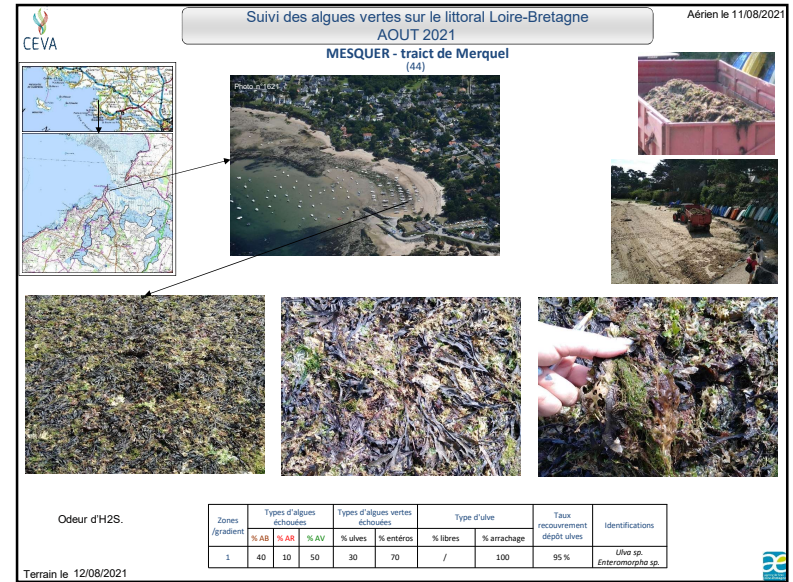
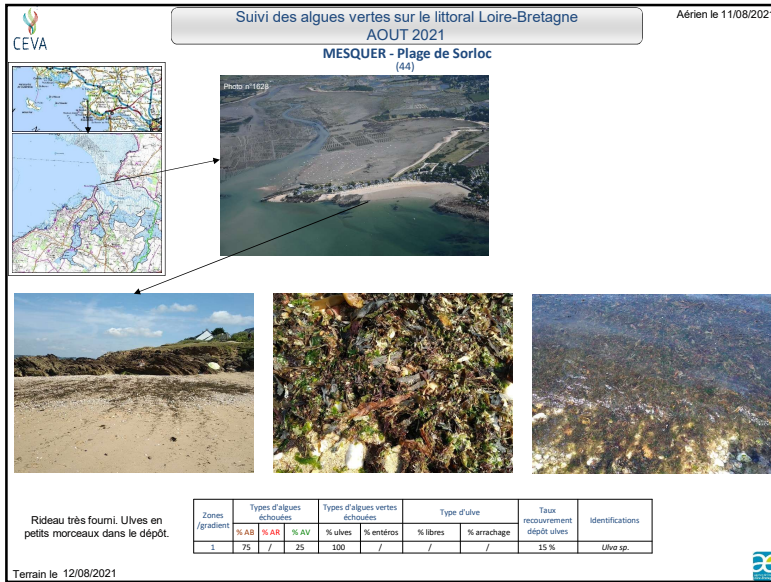
Suivi des algues vertes sur le littoral Loire-Bretagne
AOUT 2021

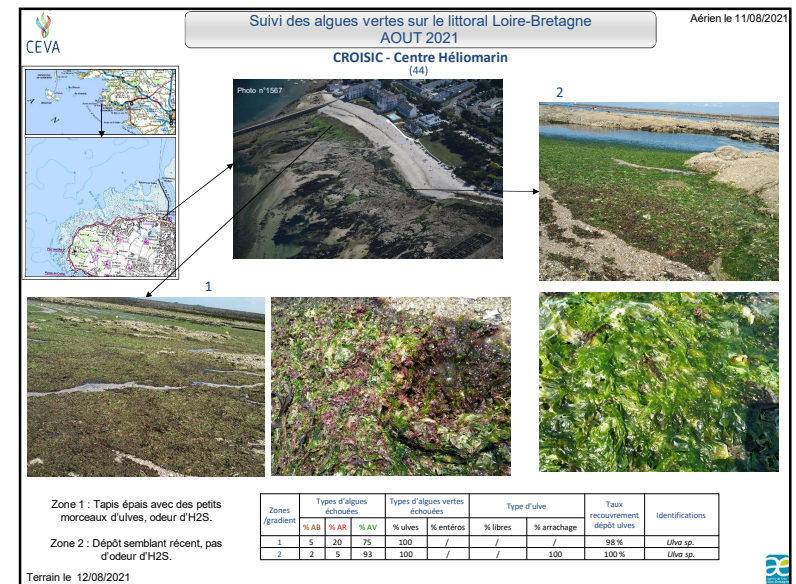
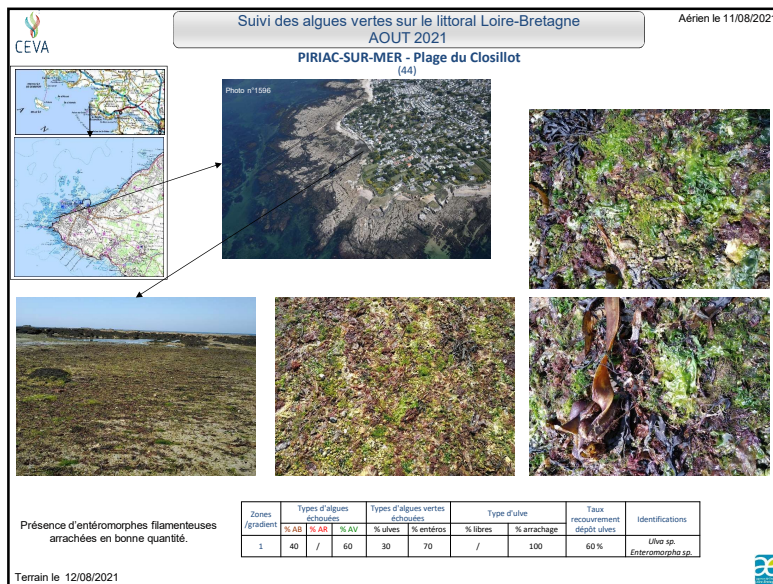
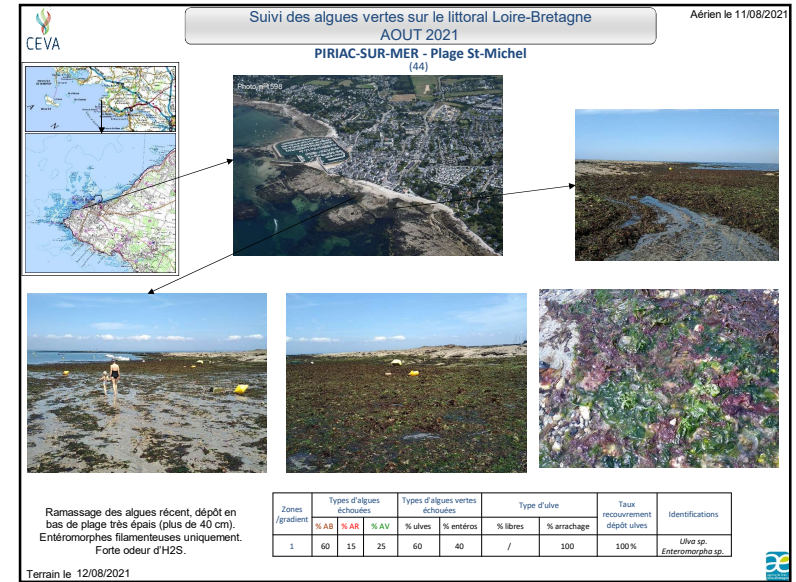
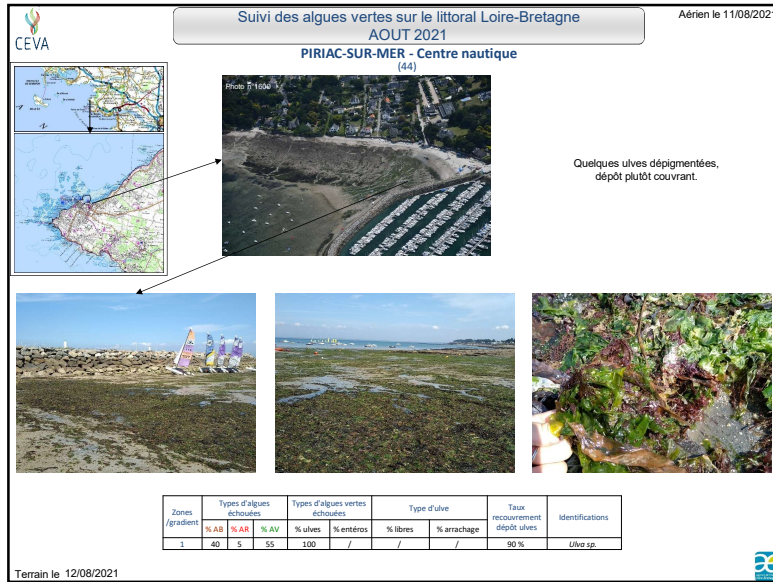
PEN-BE - La Grande Ile de Mesquiere (44)

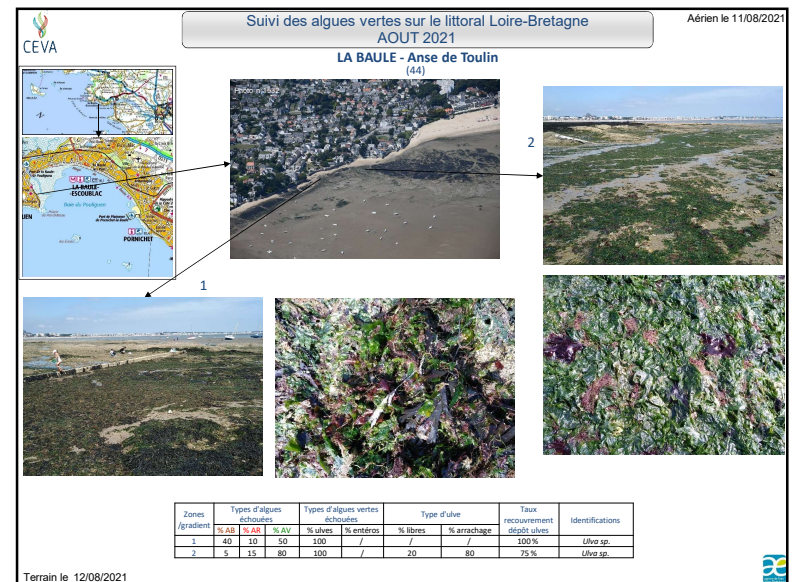
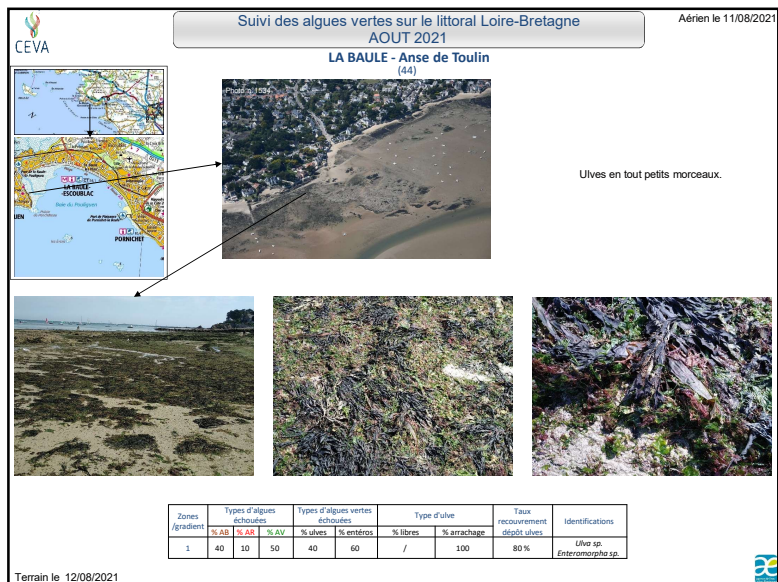
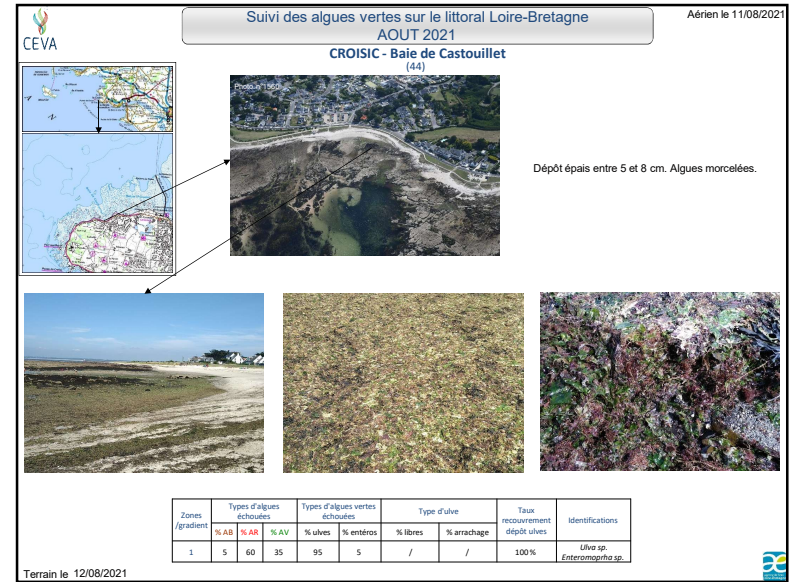
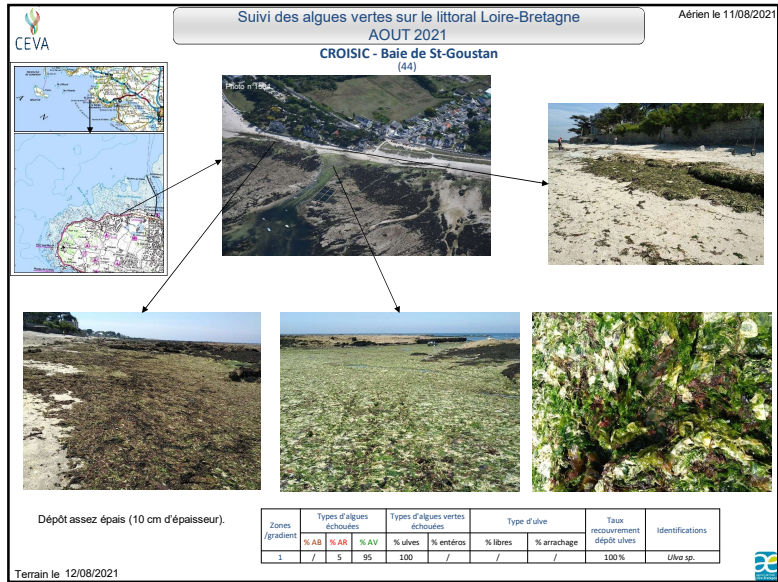
Zone 1 : Forte odeur qui se dégage du dépôt.
Zone 2 : Petit dépôt localisé

Zones /gradient	Types d'algues échouées			Types d'algues vertes échouées		Type d'ulve			Taux recouvrement dépôt ulves	Identifications
	% AB	% AR	% AV	% ulves	% entières	% libres	% arrachage			
1	25	2	73	50	50	/	/	75%	Ulva sp. Enteromorpha sp.	
2	/	/	100	40	60	/	/	70%	Ulva sp. Enteromorpha sp.	

Terrain le 12/08/2021








Suivi des algues vertes sur le littoral Loire-Bretagne
AOUT 2021

LA BAULE - Plage de Pornichet
(44)

Aérien le 11/08/2021



Police à utiliser pour les commentaires

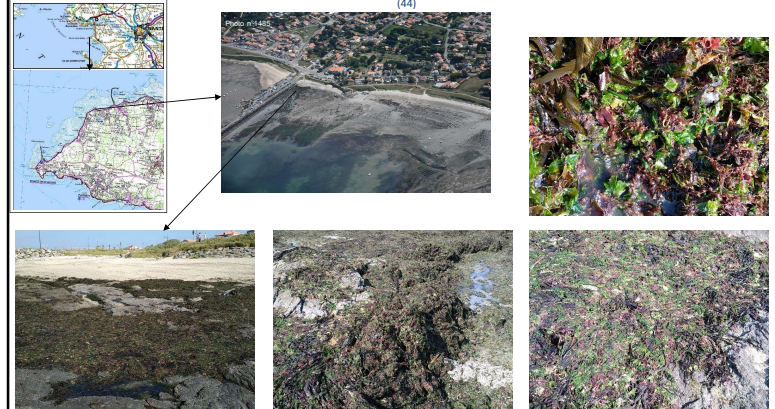
Zones /gradient	Types d'algues échouées			Types d'algues vertes échouées		Type d'ulve		Taux recouvrement dépôt ulves	Identifications
	% AB	% AR	% AV	% ulves	% entières	% libres	% arrachage		
1									

Terrain le 12/08/2021

Suivi des algues vertes sur le littoral Loire-Bretagne
AOUT 2021

PREFAILLES-PLAINE-SUR-MER - La Tara
(44)

Aérien le 11/08/2021



Ramassage d'algues récent sur le haut de plage.
Dépôt très épais (andains?) d'environ 40 cm.

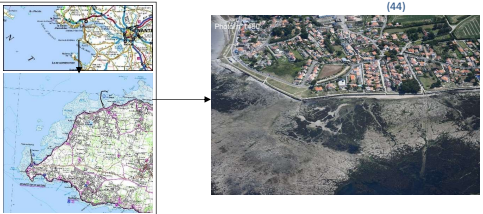
Zones /gradient	Types d'algues échouées			Types d'algues vertes échouées		Type d'ulve		Taux recouvrement dépôt ulves	Identifications
	% AB	% AR	% AV	% ulves	% entières	% libres	% arrachage		
1	35	15	50	100	/	/	/	100%	Ulve sp.

Terrain le 12/08/2021

Suivi des algues vertes sur le littoral Loire-Bretagne
AOUT 2021

PREFAILLES-PLAINE-SUR-MER - le Marais
(44)

Aérien le 11/08/2021



Police à utiliser pour les commentaires

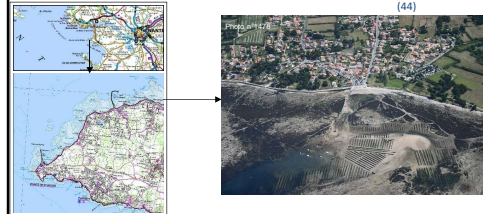
Zones /gradient	Types d'algues échouées			Types d'algues vertes échouées		Type d'ulve		Taux recouvrement dépôt ulves	Identifications
	% AB	% AR	% AV	% ulves	% entières	% libres	% arrachage		
1									

Terrain le 12/08/2021

Suivi des algues vertes sur le littoral Loire-Bretagne
AOUT 2021

PREFAILLES-PLAINE-SUR-MER - La Prée
(44)

Aérien le 11/08/2021



Police à utiliser pour les commentaires

Zones /gradient	Types d'algues échouées			Types d'algues vertes échouées		Type d'ulve		Taux recouvrement dépôt ulves	Identifications
	% AB	% AR	% AV	% ulves	% entières	% libres	% arrachage		
1									

Terrain le 12/08/2021

Suivi des algues vertes sur le littoral Loire-Bretagne
AOUT 2021

PREFAILLES-PLAINE-SUR-MER - l'EpINETTE
(44)

Aérien le 11/08/2021

Photo n°1474

Police à utiliser pour les commentaires

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									

Terrain le 12/08/2021

Suivi des algues vertes sur le littoral Loire-Bretagne
AOUT 2021

PREFAILLES-PLAINE-SUR-MER - Anse du Sud
(44)

Aérien le 11/08/2021

Photo n°1474

Police à utiliser pour les commentaires

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									

Terrain le 12/08/2021

Suivi des algues vertes sur le littoral Loire-Bretagne
AOUT 2021

NOIRMOUTIER-VIEIL - Plage des Souzeaux
(85)

Aérien le 11/08/2021

Photo n°1422

Marée montante donc dépôt en rideau épais composé d'un mélange AV/AR.

Police à utiliser pour les commentaires

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	55	45	100				80	Ulva sp.

Terrain le 13/08/2021

Suivi des algues vertes sur le littoral Loire-Bretagne
AOUT 2021

NOIRMOUTIER-VIEIL - le Grand Vieil
(85)

Aérien le 11/08/2021

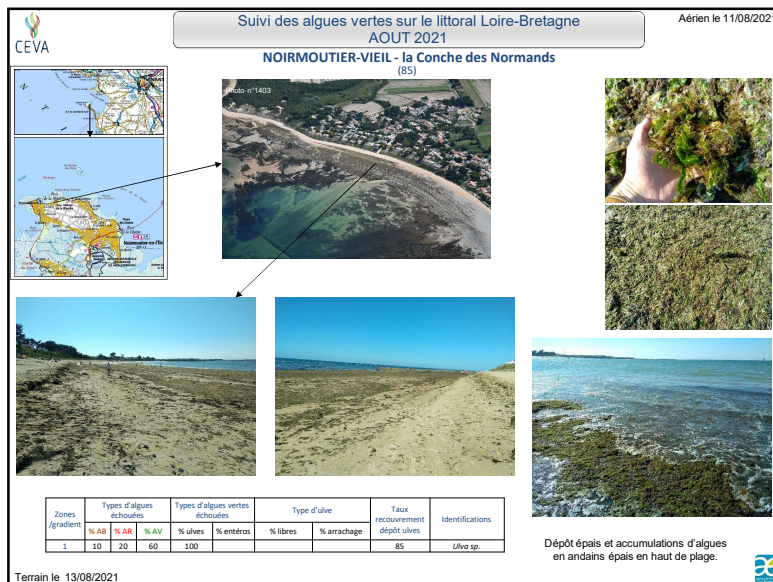
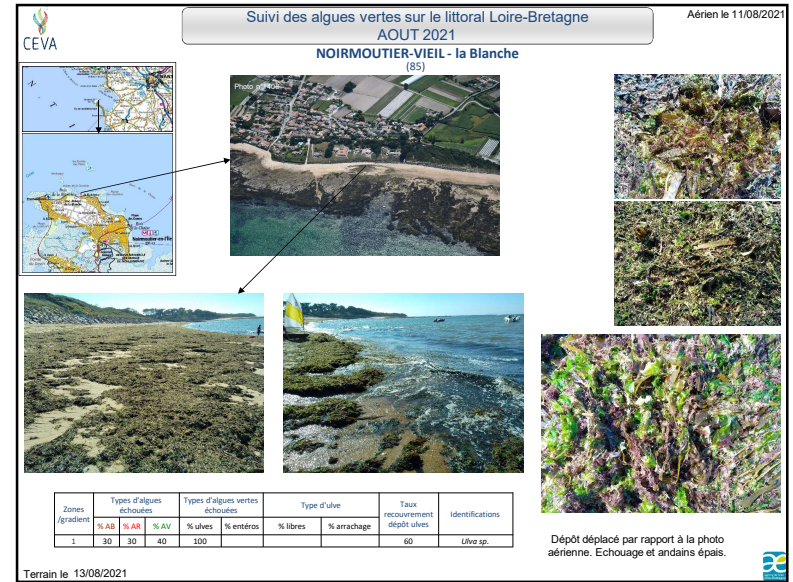
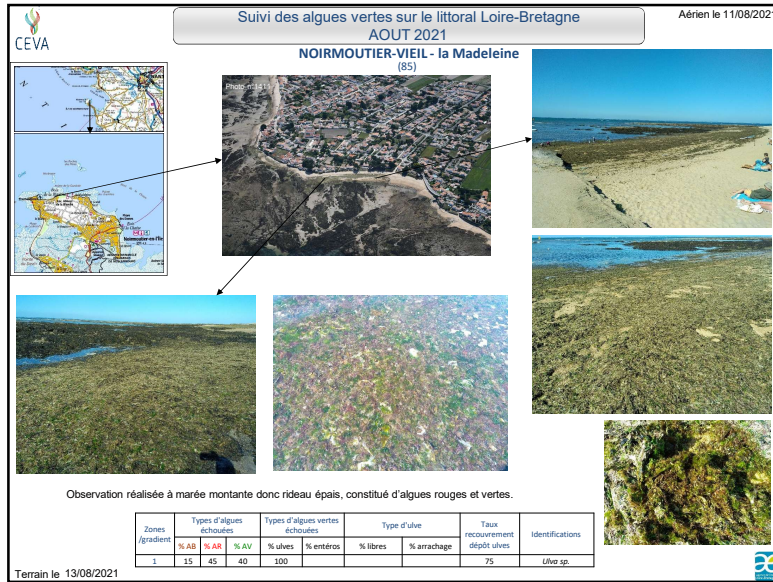
Photo n°1414

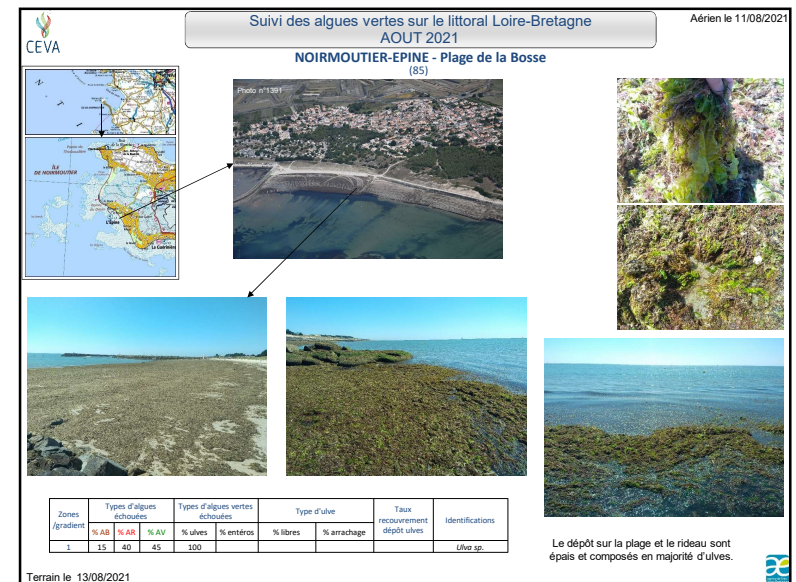
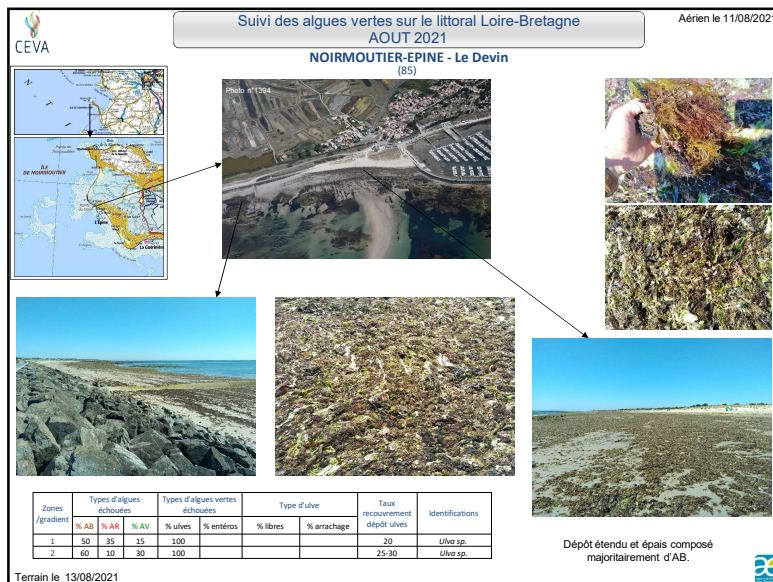
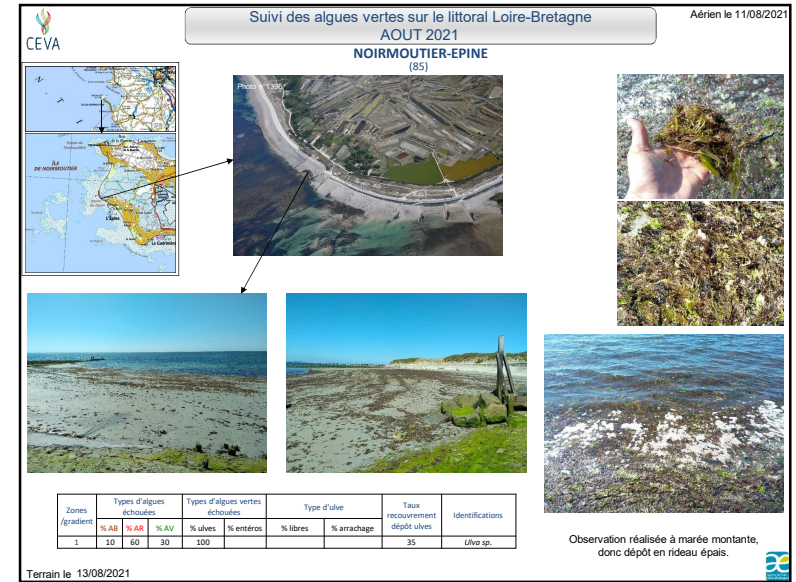
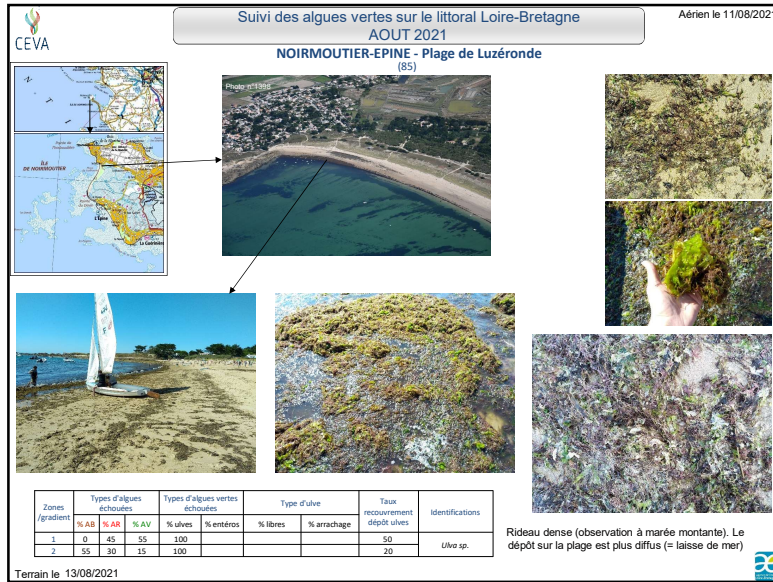
1 - Rideau épais (observation à marée montante)
2- Dépôt et sédiments noirs avec des odeurs fortes. Epaisseur du dépôt environ 5 cm.

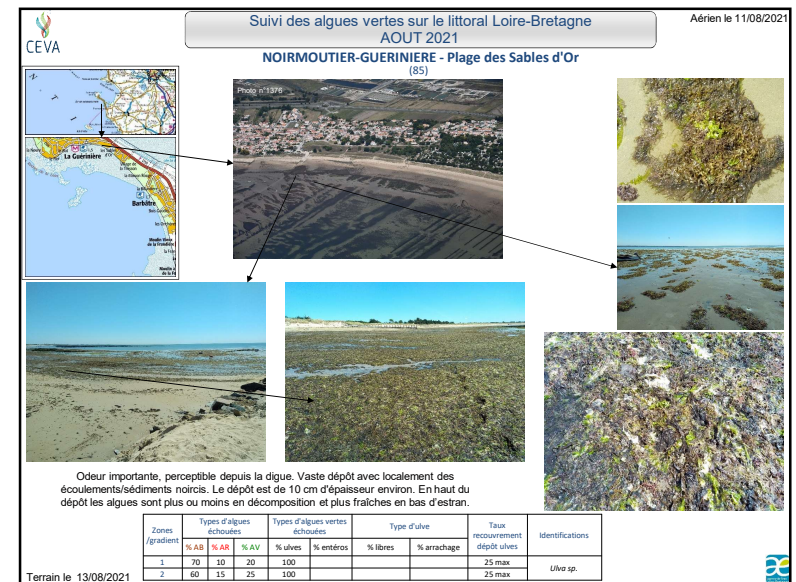
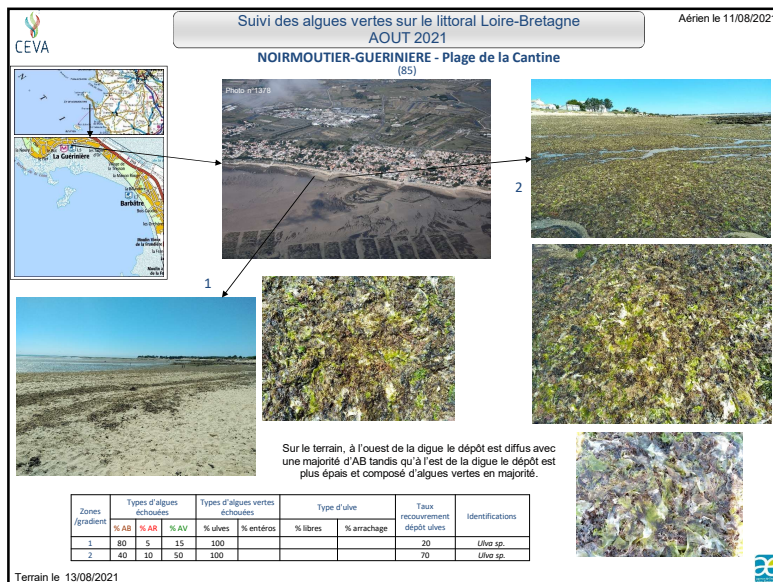
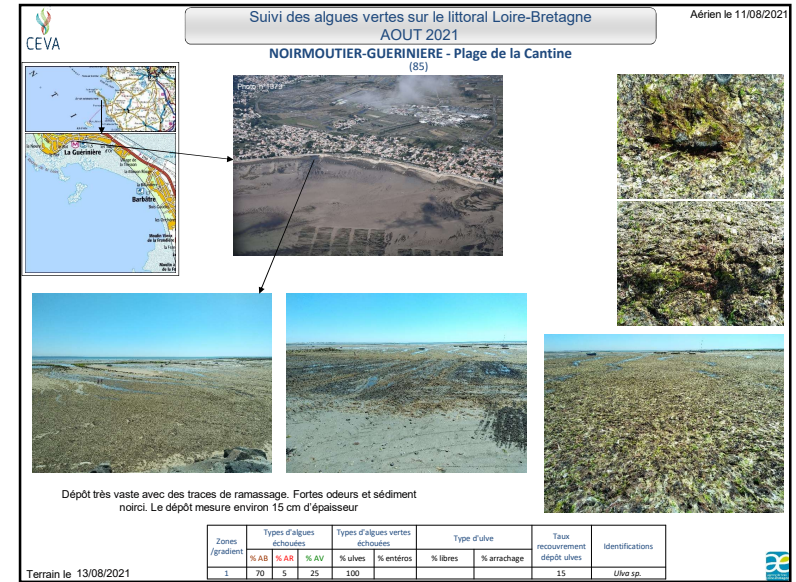
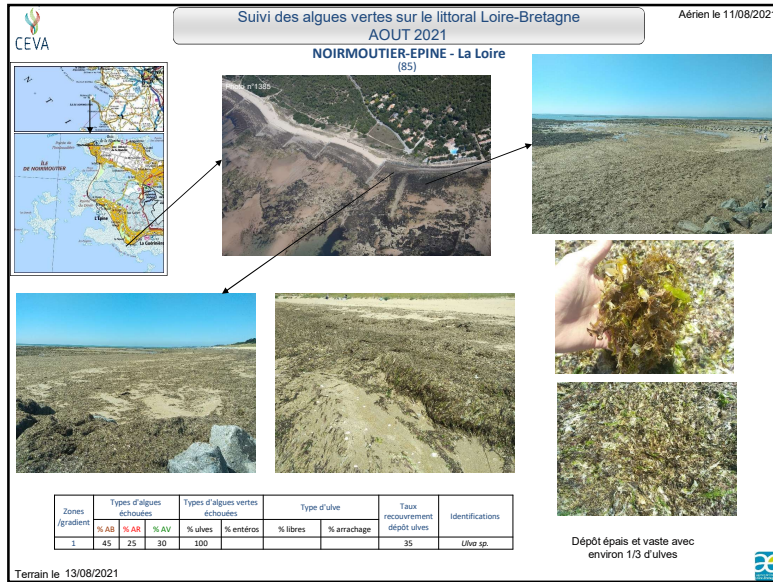
Police à utiliser pour les commentaires

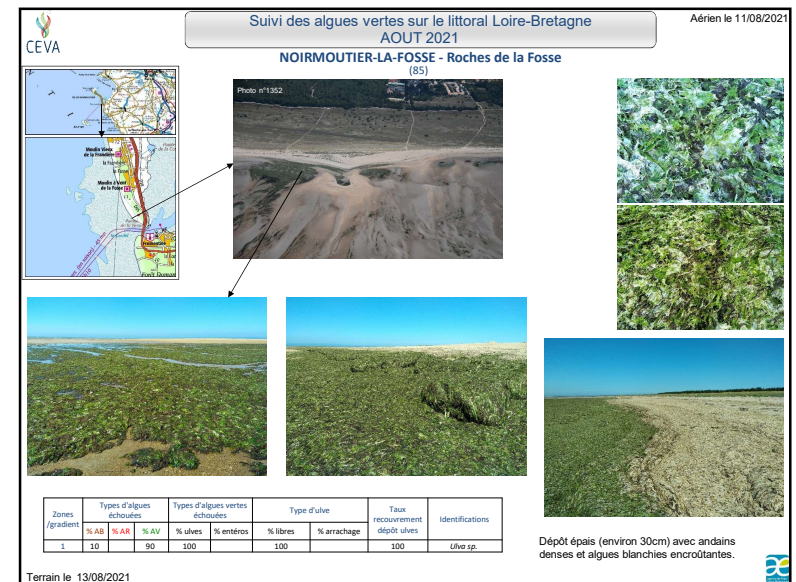
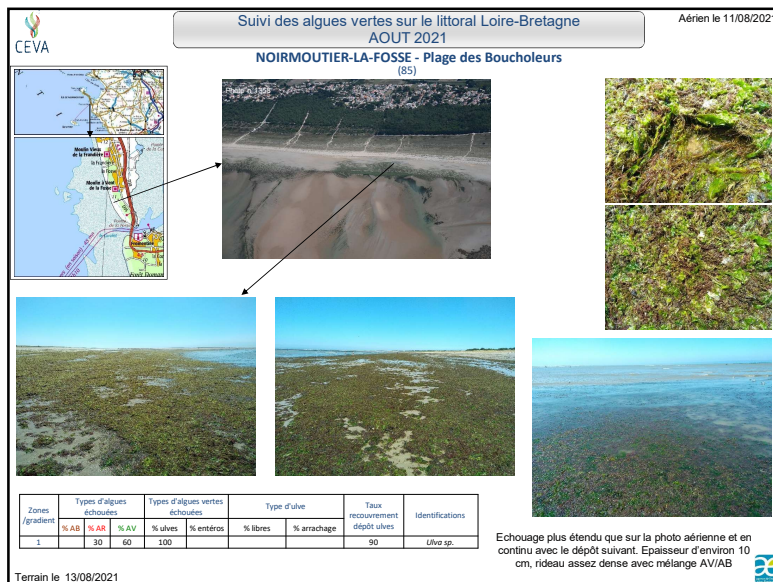
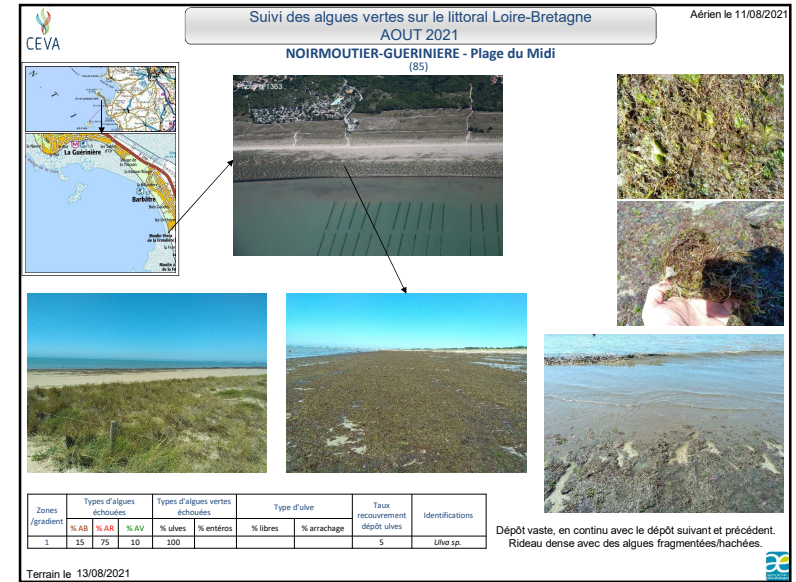
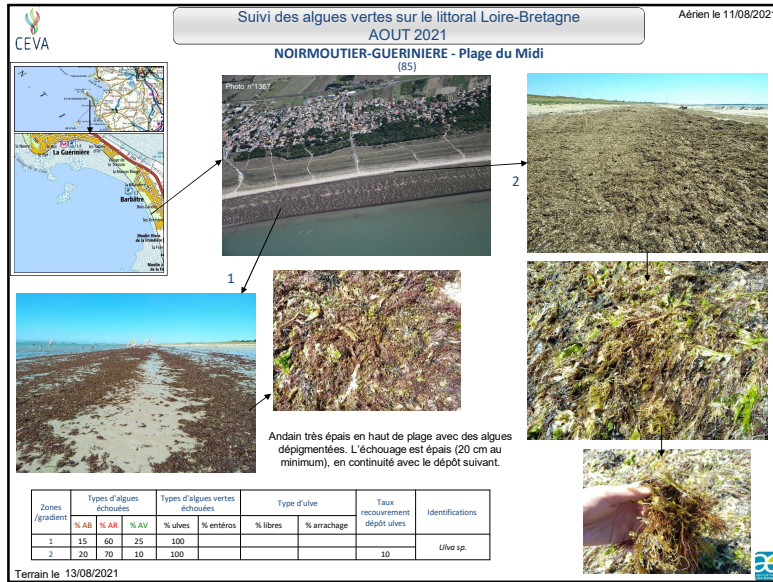
Zones /gradient	Types d'algues échouées			Types d'algues vertes échouées		Type d'ulve		Taux recouvrement dépôt ulves	Identifications
	% AB	% AR	% AV	% ulves	% entéros	% libres	% arrachage		
1	45	25	35	100					
2	40	5	55	100				40	Ulva sp.

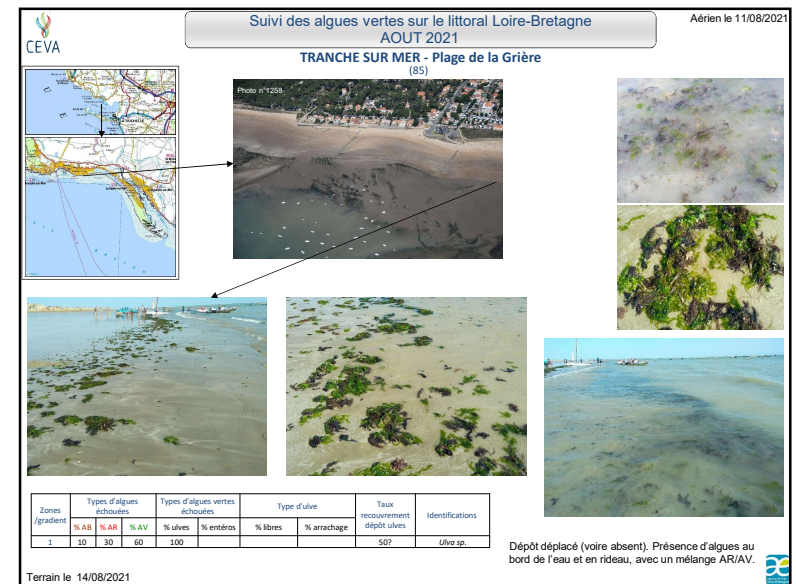
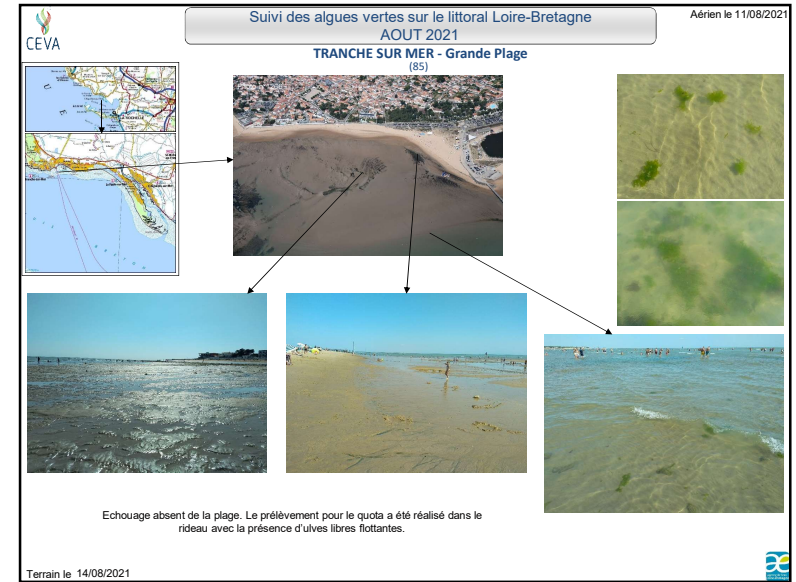
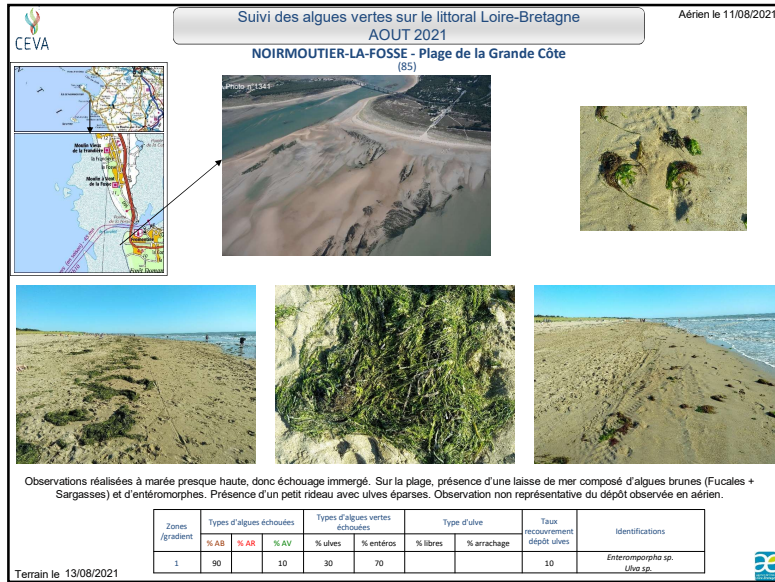
Terrain le 13/08/2021











Suivi des algues vertes sur le littoral Loire-Bretagne
AOUT 2021

TRANCHE SUR MER - Pointe d'Arçay (85)





Photo n°1230

Dépôt difficile d'accès (distance A/R de 8-10 km au bout de la plage).
Observation effectuée plus au nord mais dépôt non retrouvé.

Terrain le 14/08/2021

Suivi des algues vertes sur le littoral Loire-Bretagne
AOUT 2021

RE-LA-FLOTTE - Plage de la Clavette (17)

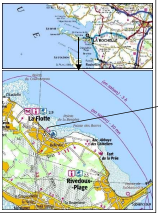

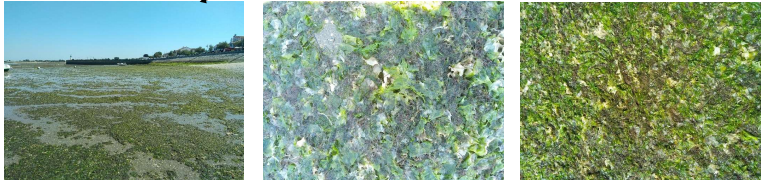




Photo n°1144

Dépôt vaste et d'environ 10 cm d'épaisseur avec des AV majoritairement. Présence d'herbiers de zostères.

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	Ulva sp.

Terrain le 14/08/2021

Suivi des algues vertes sur le littoral Loire-Bretagne
AOUT 2021

RE-LA-FLOTTE - Plage de la Clève (17)










Photo n°1150

Dépôt moins dense que sur la photo aérienne

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	30	65	100				35	Ulva sp.

Terrain le 14/08/2021

Suivi des algues vertes sur le littoral Loire-Bretagne
AOUT 2021

RE-SAINT-MARTIN-EN-RE - port de la Citadelle (17)



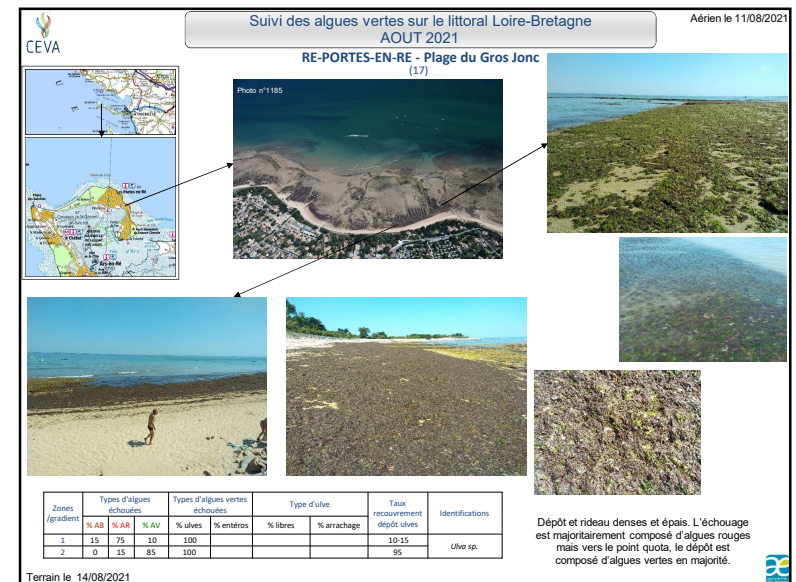
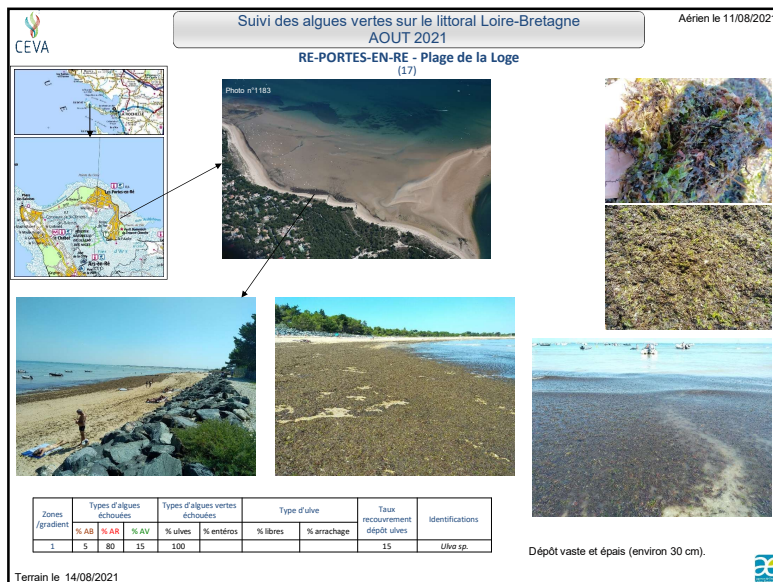
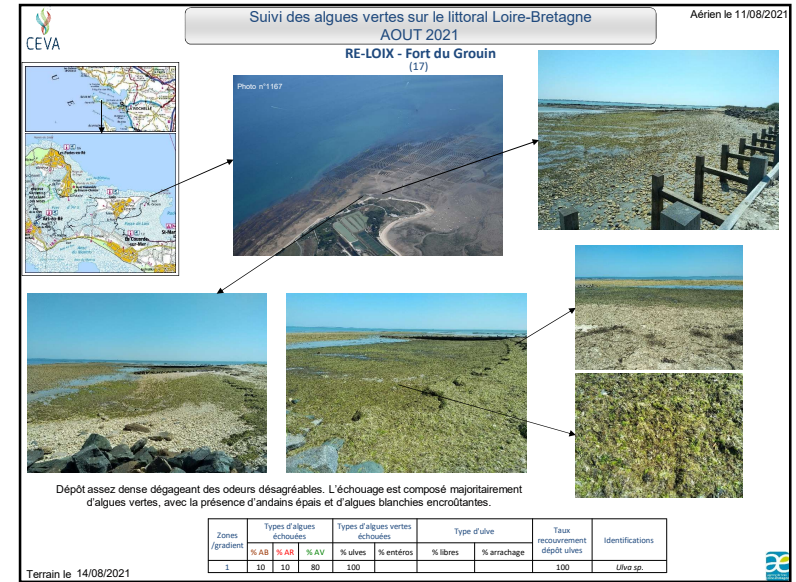
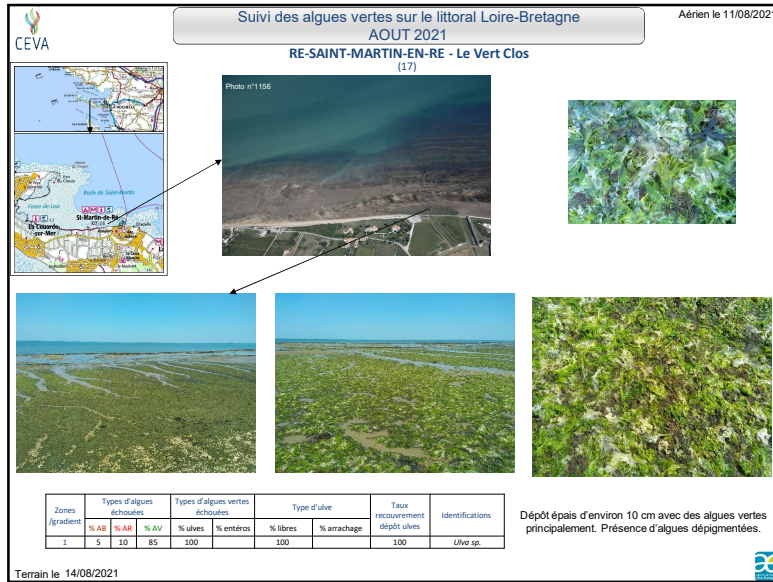



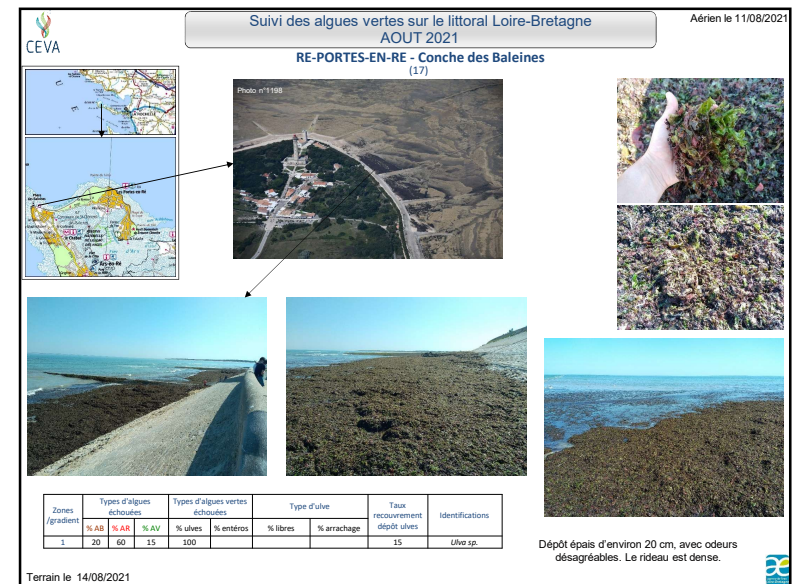
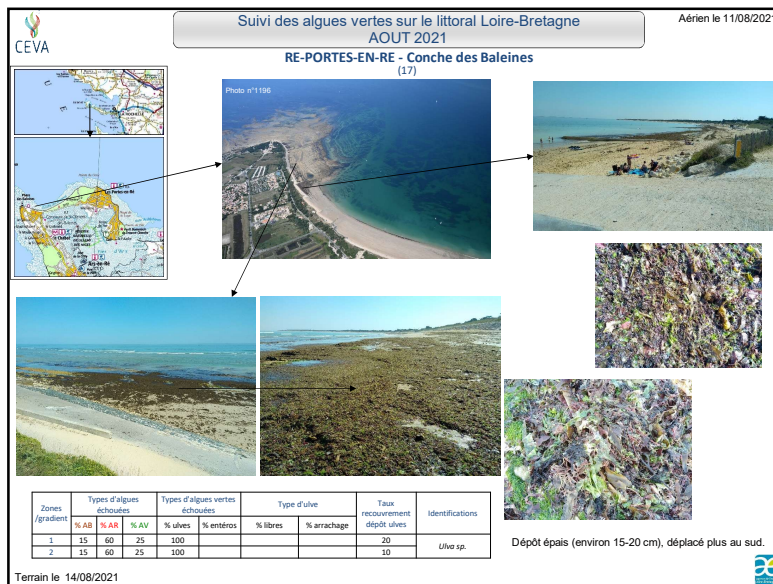
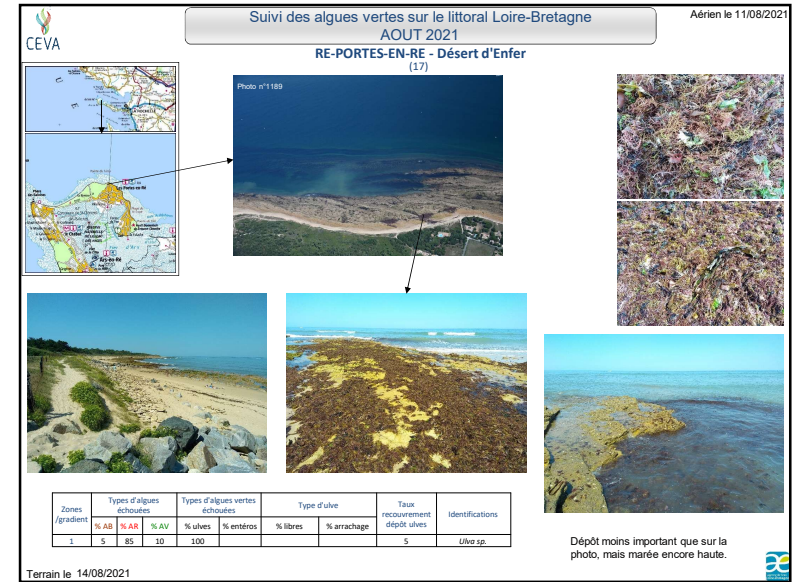
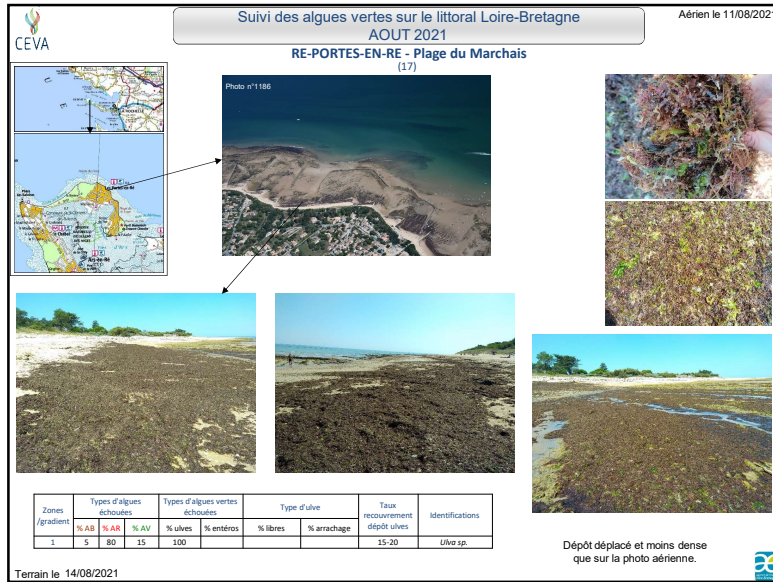

Photo n°1152

Dépôt observé depuis les remparts car difficile d'accès mais l'aspect est similaire au dépôt présent à « Le Vert Clis ».

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	10	85	100				100	Ulva sp.

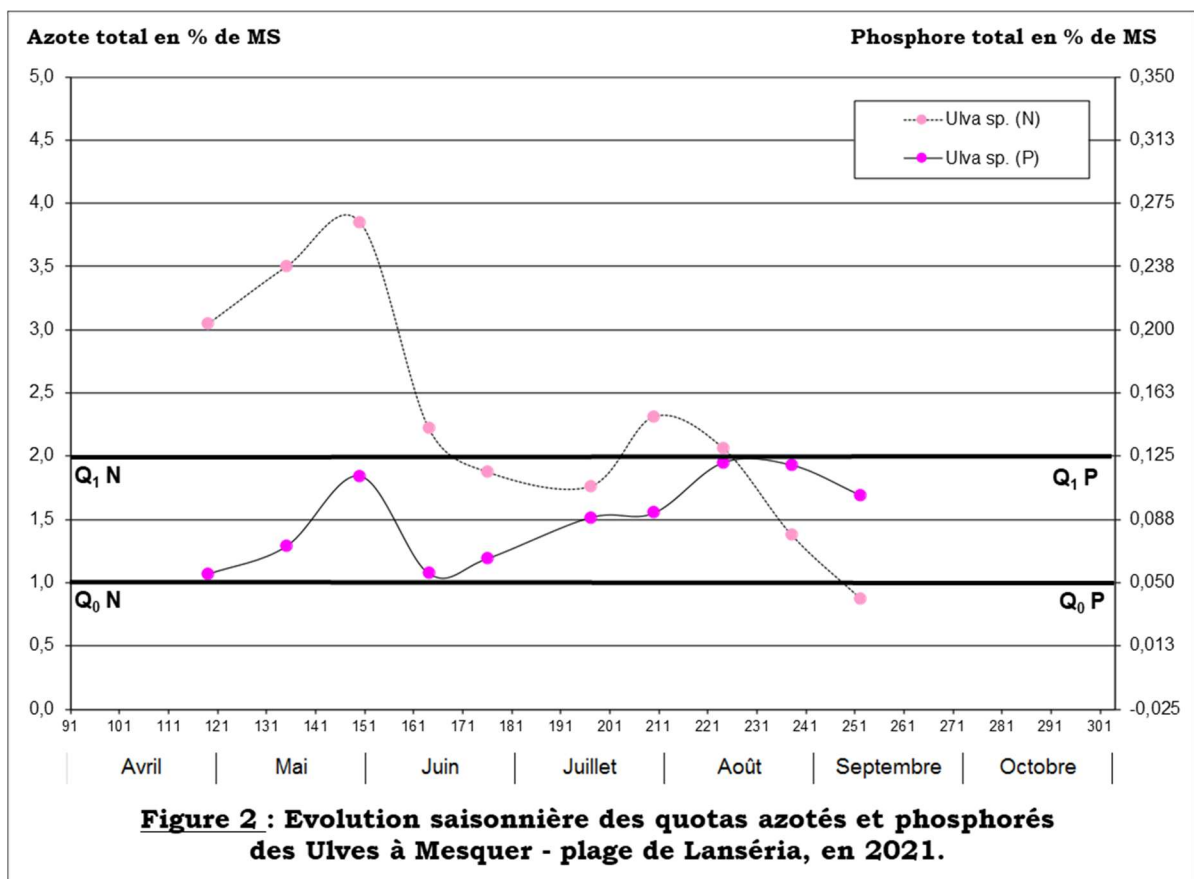
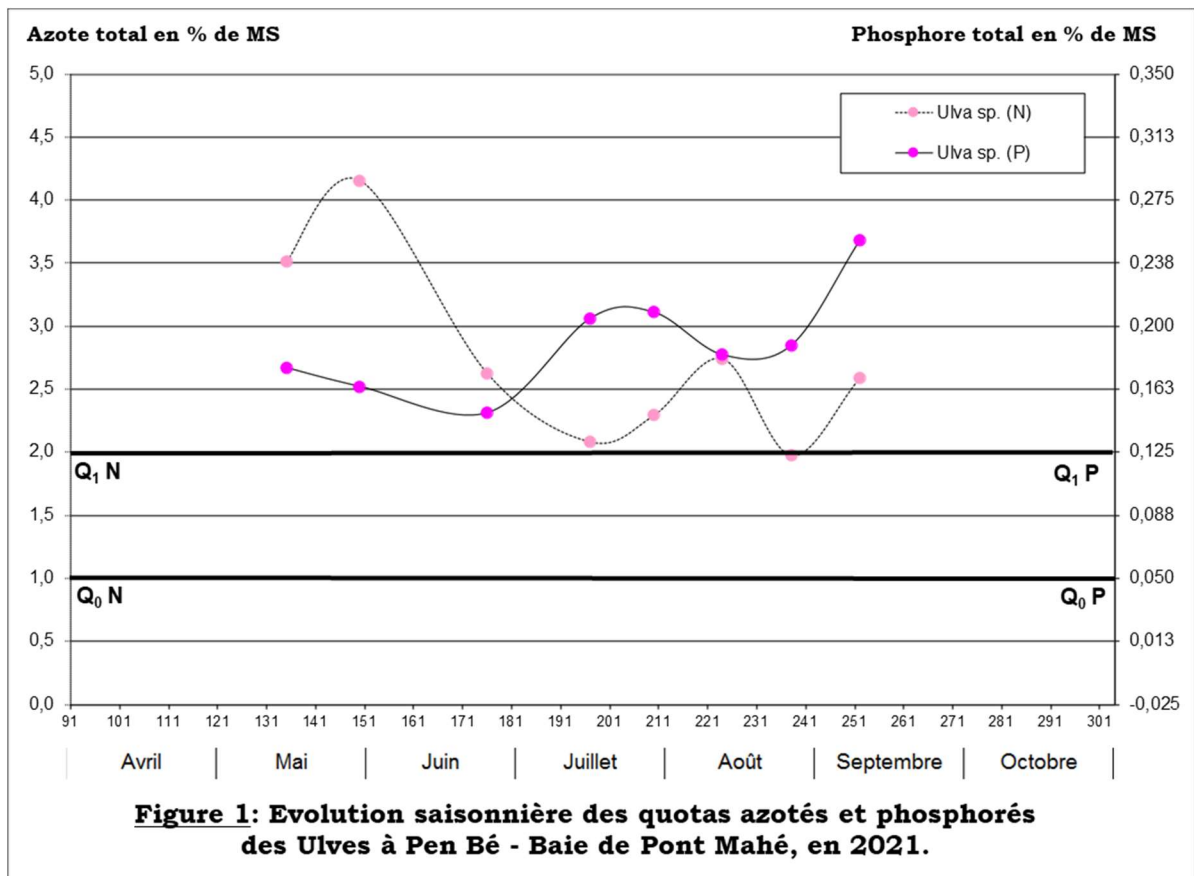
Terrain le 14/08/2021

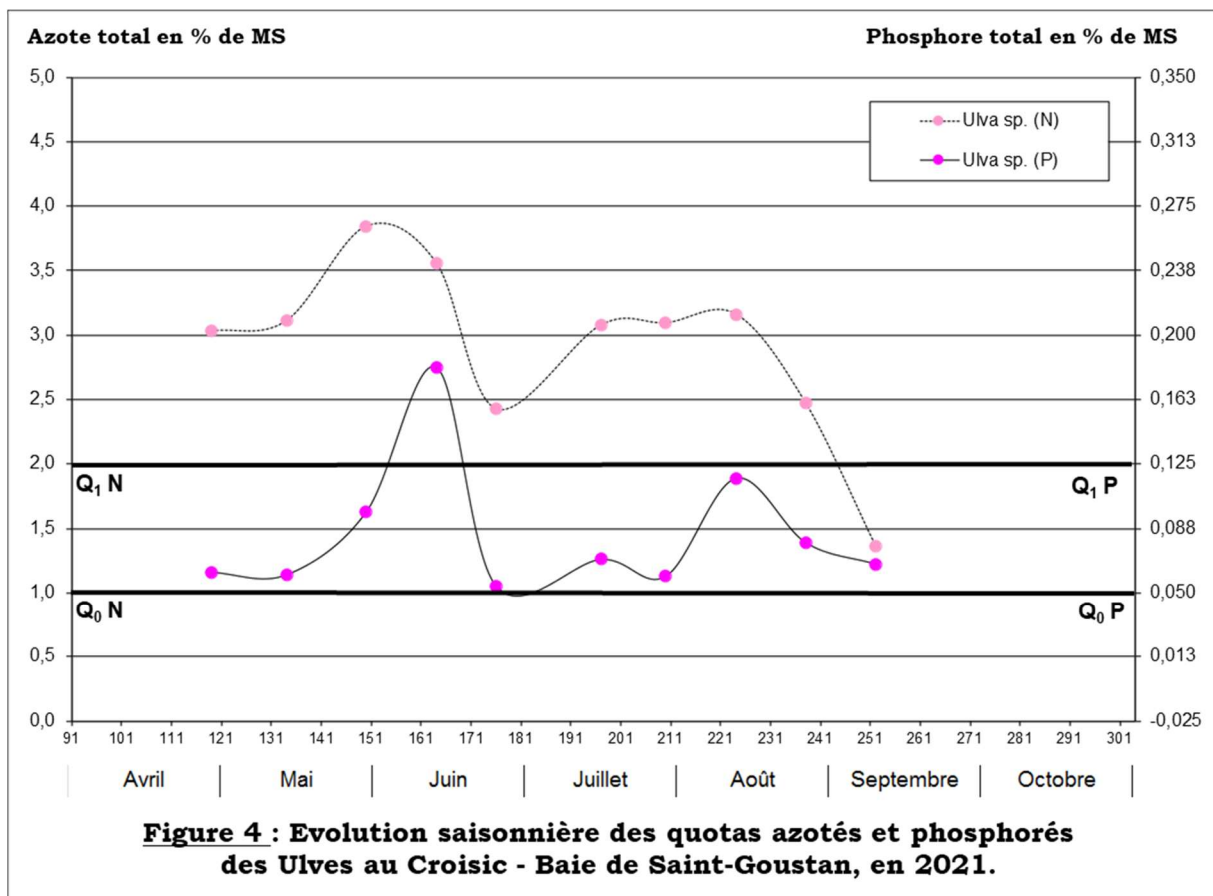
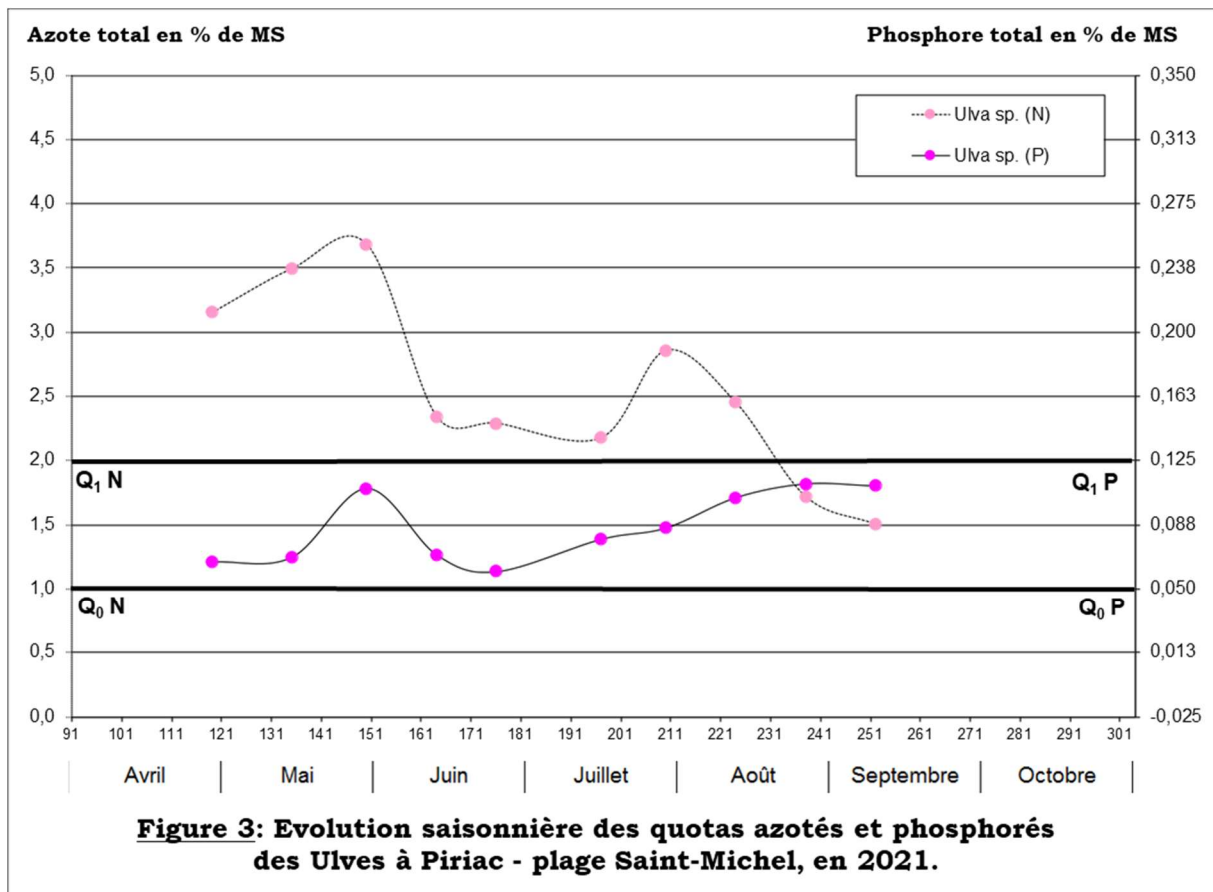


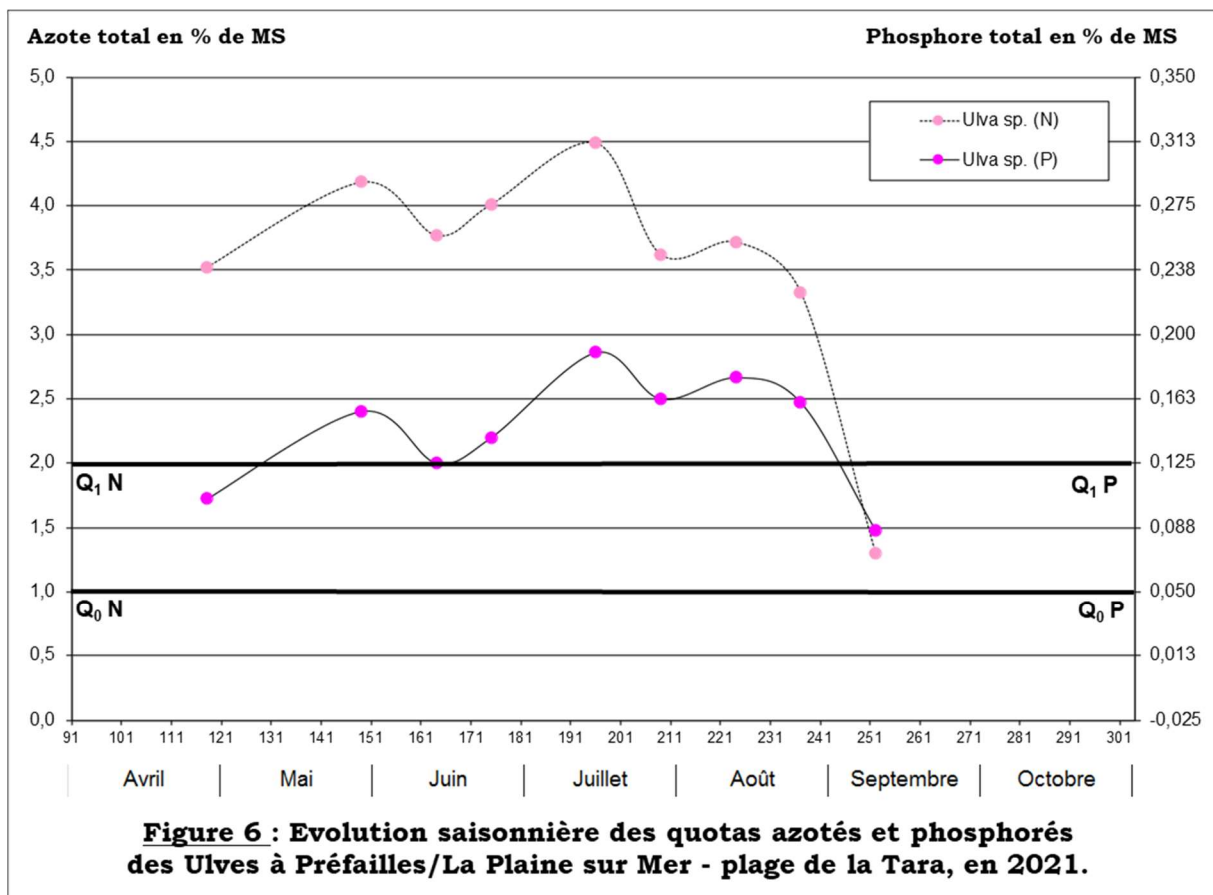
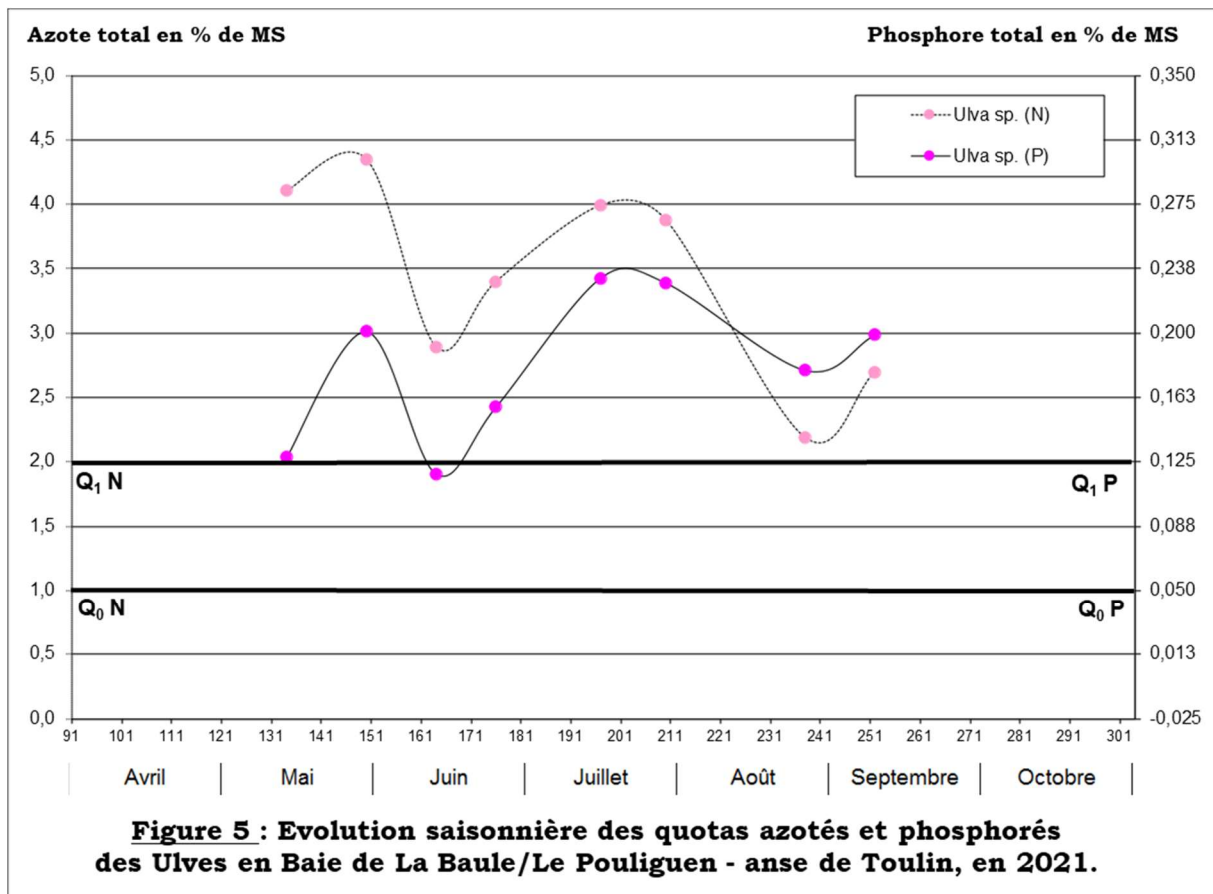


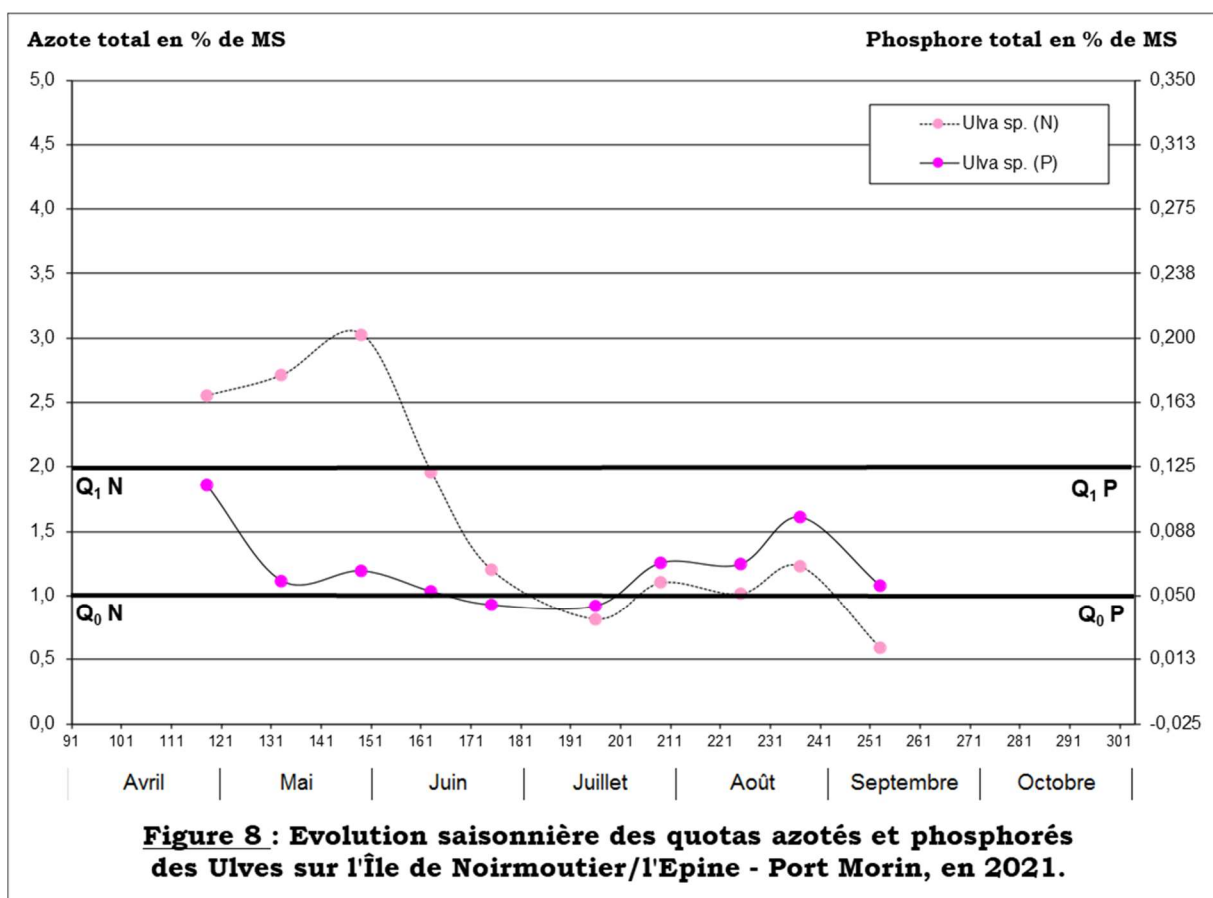
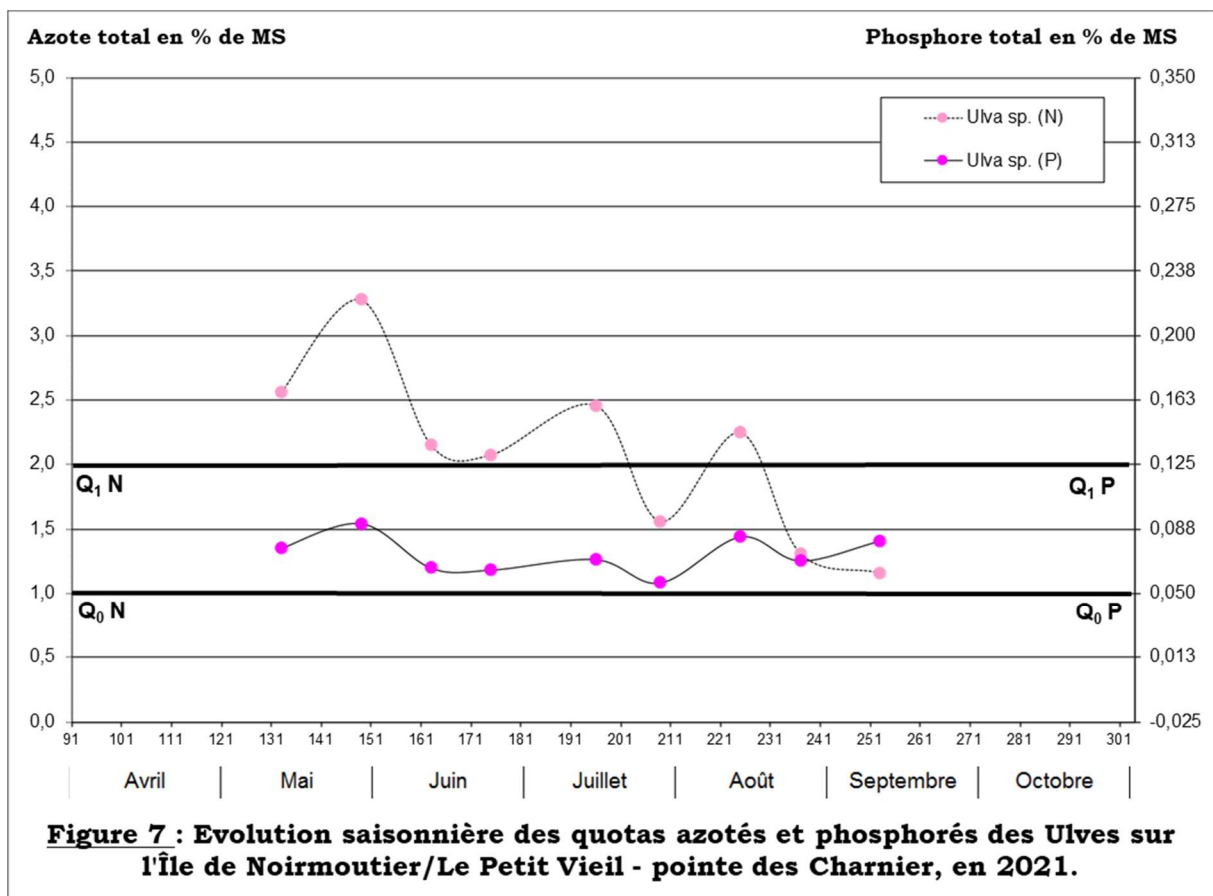
Annexe 3 :

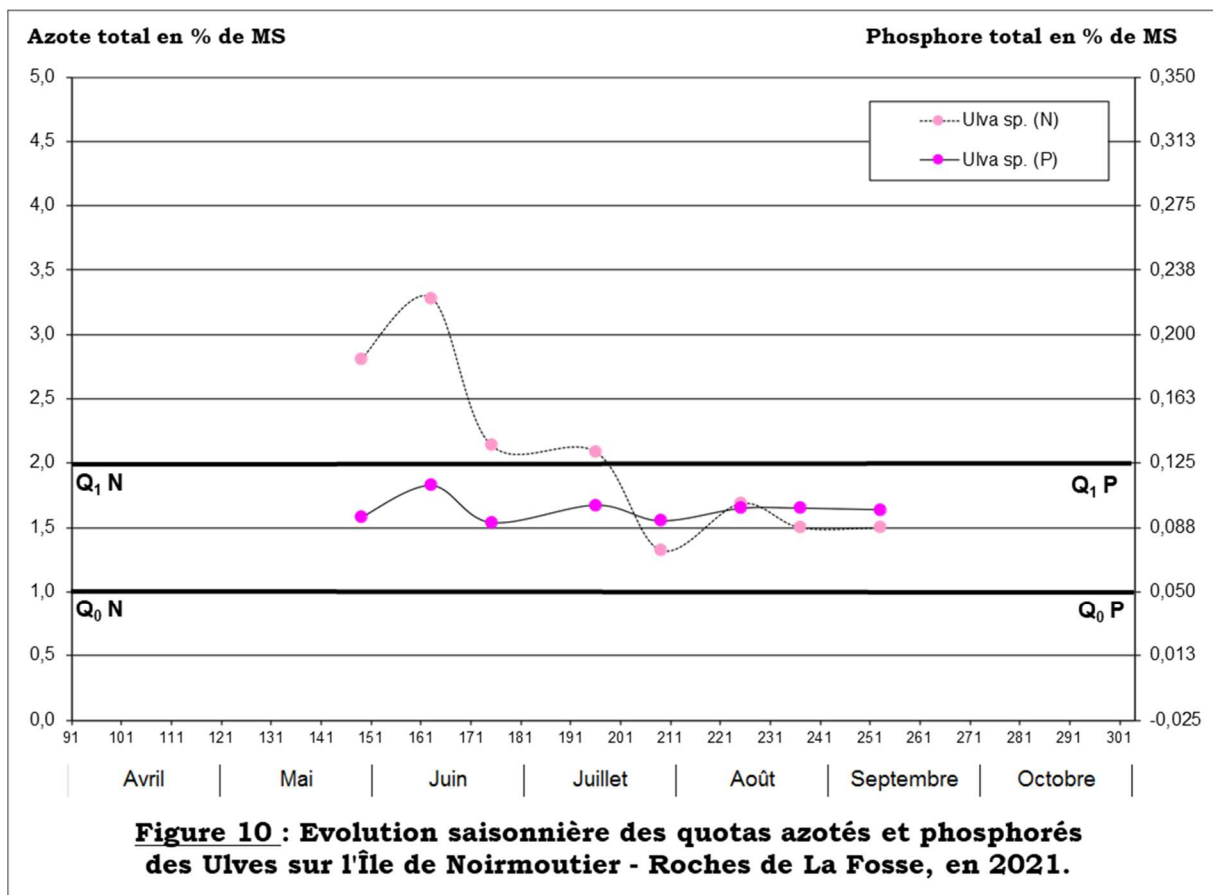
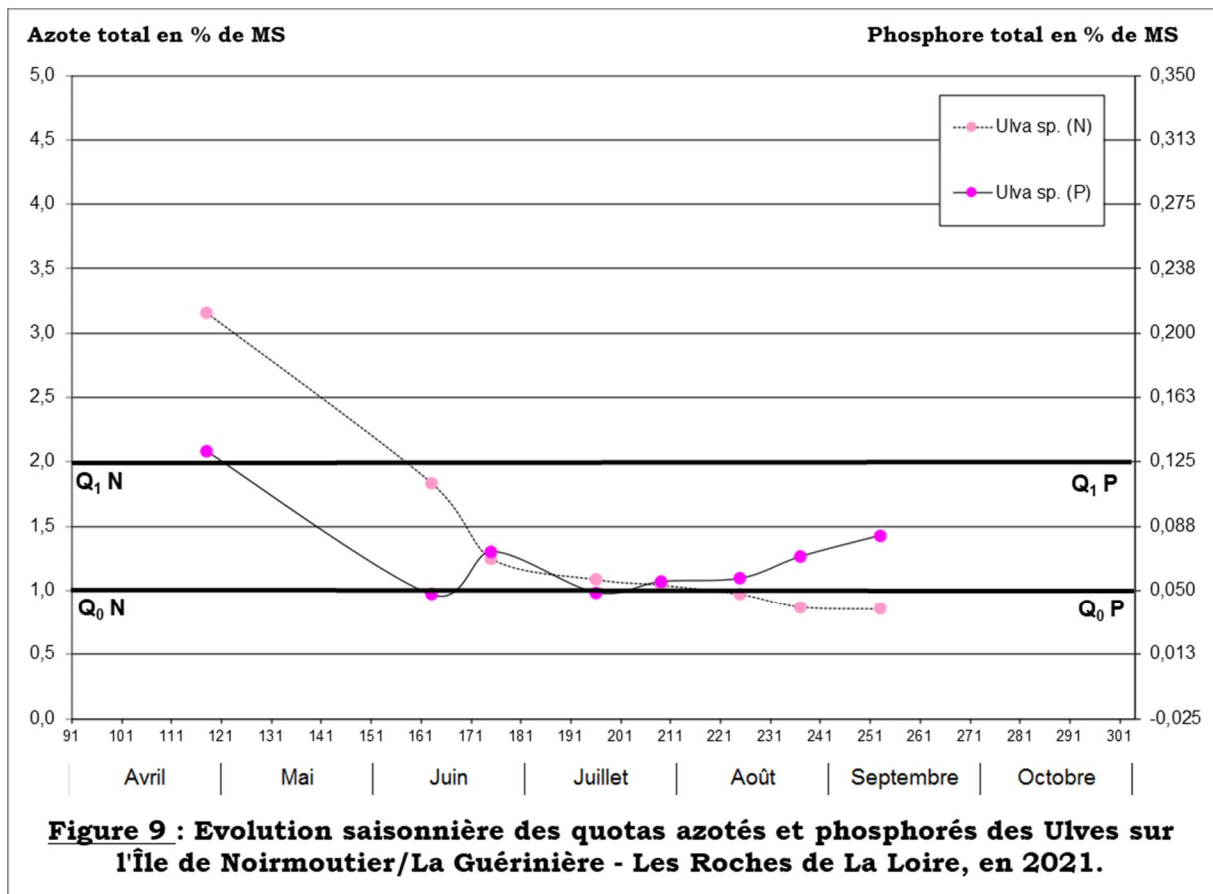
- courbes détaillées annuelles pour les quotas
- localisation des prélèvements par date.

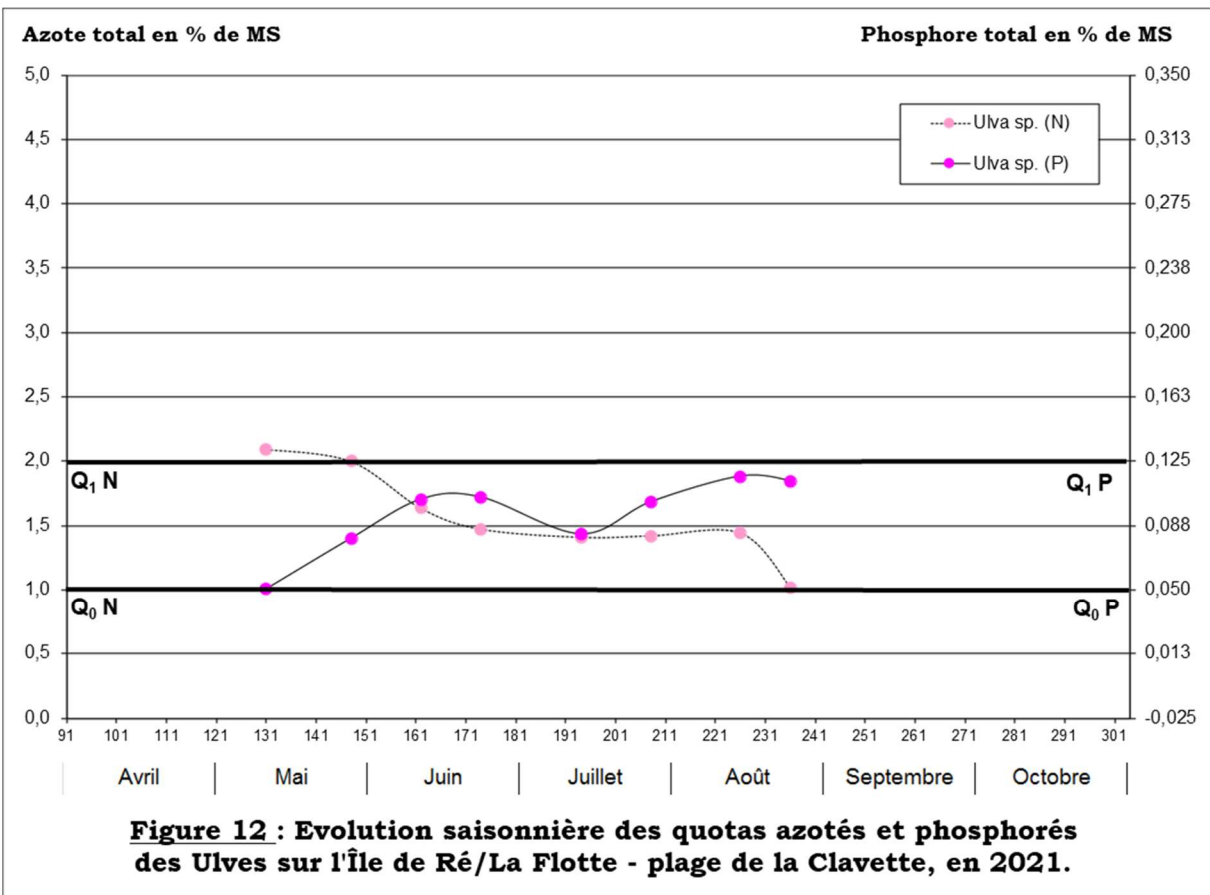
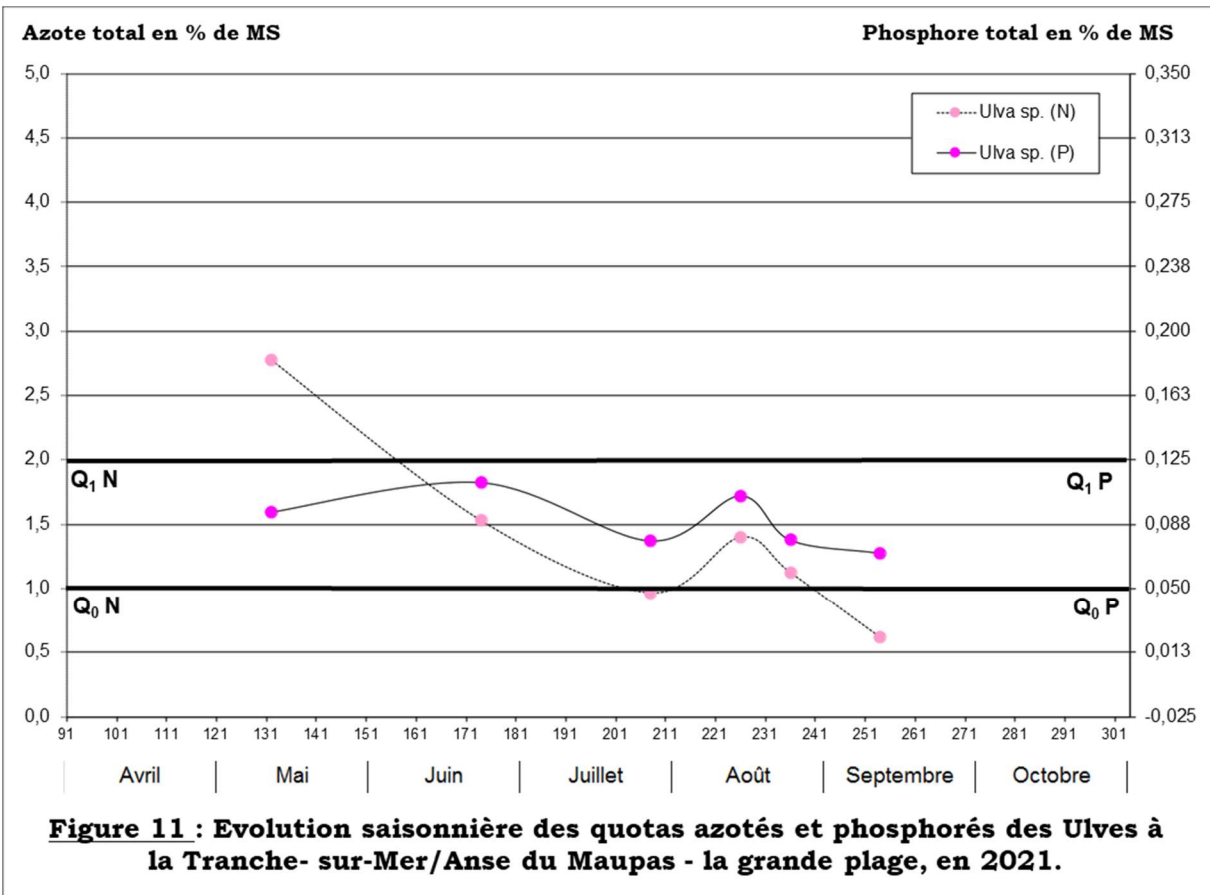


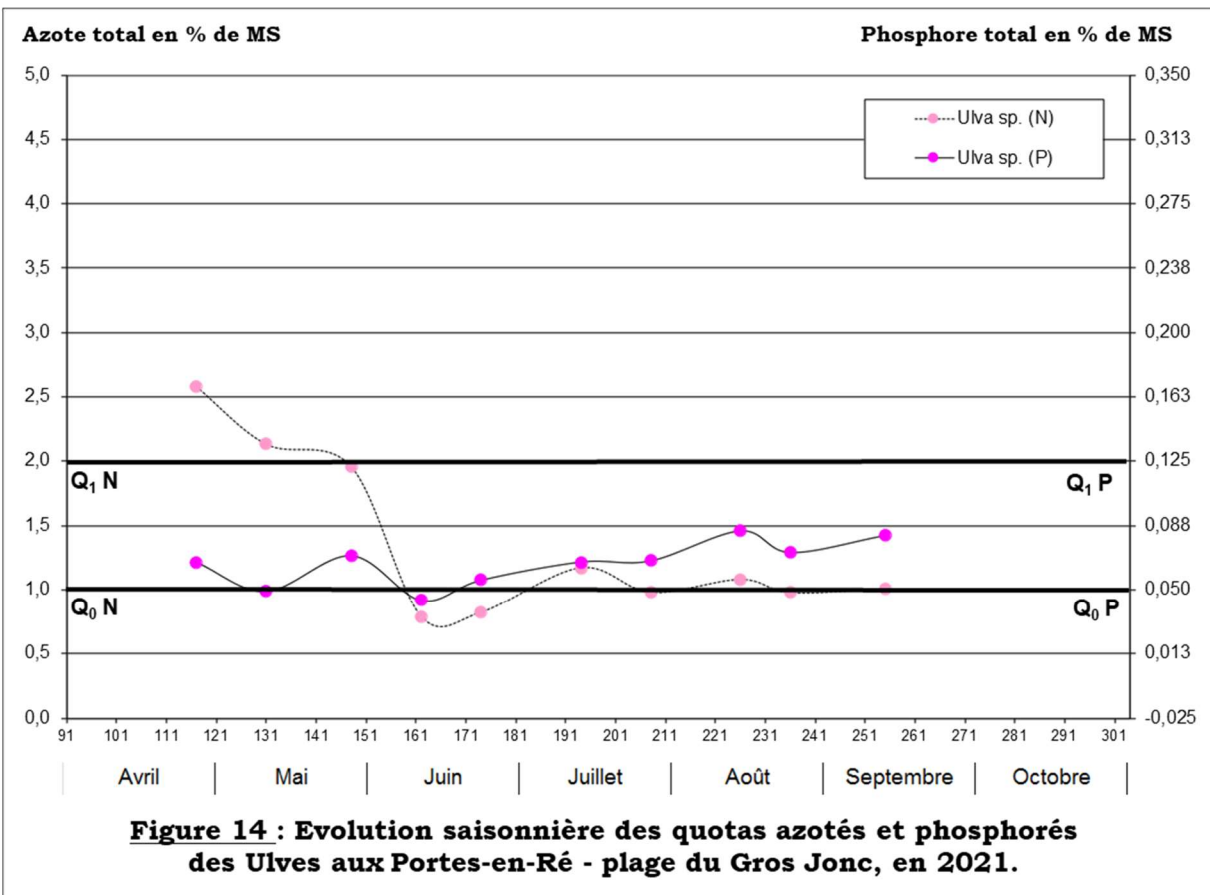
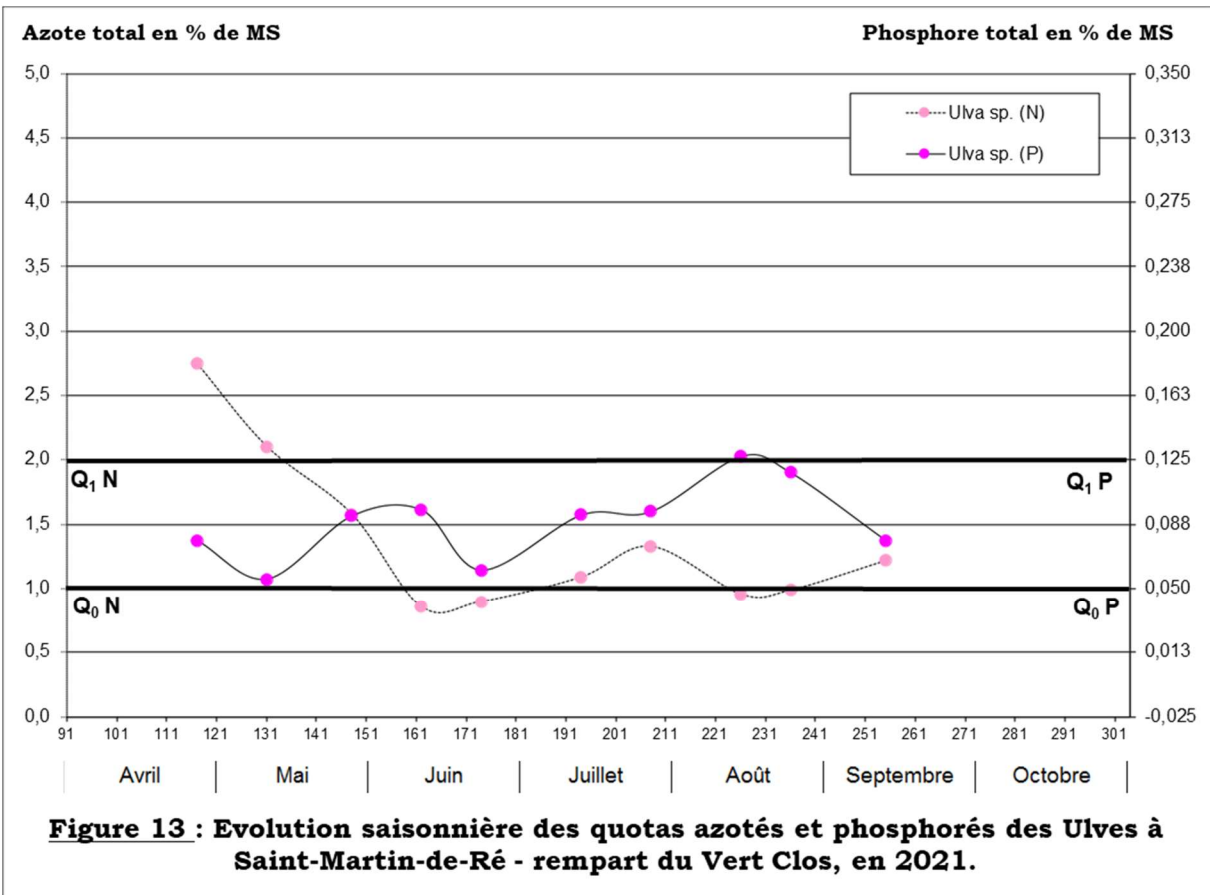






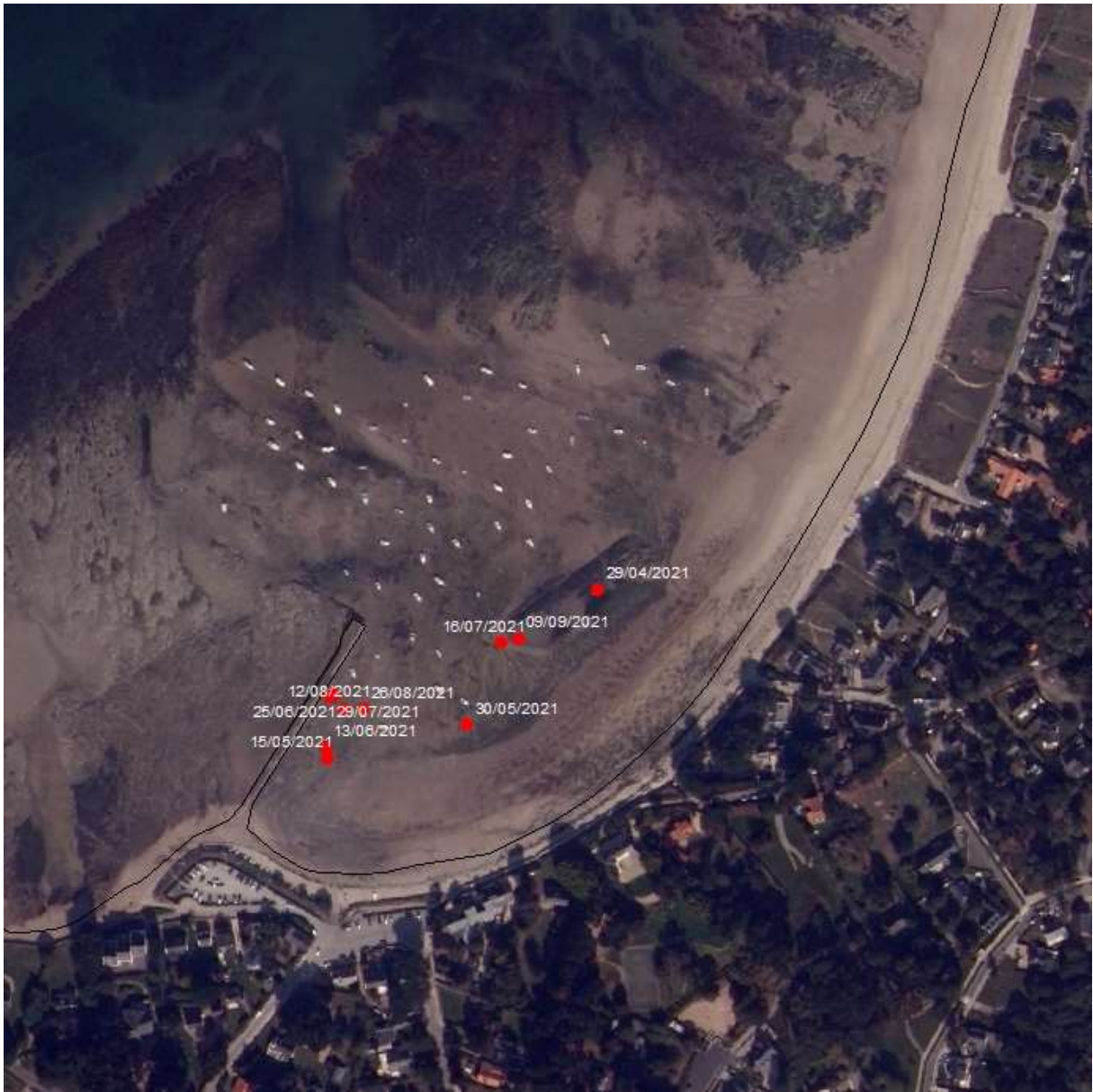








« Pen Bé »



« Mesquer »



« Piriac sur Mer »



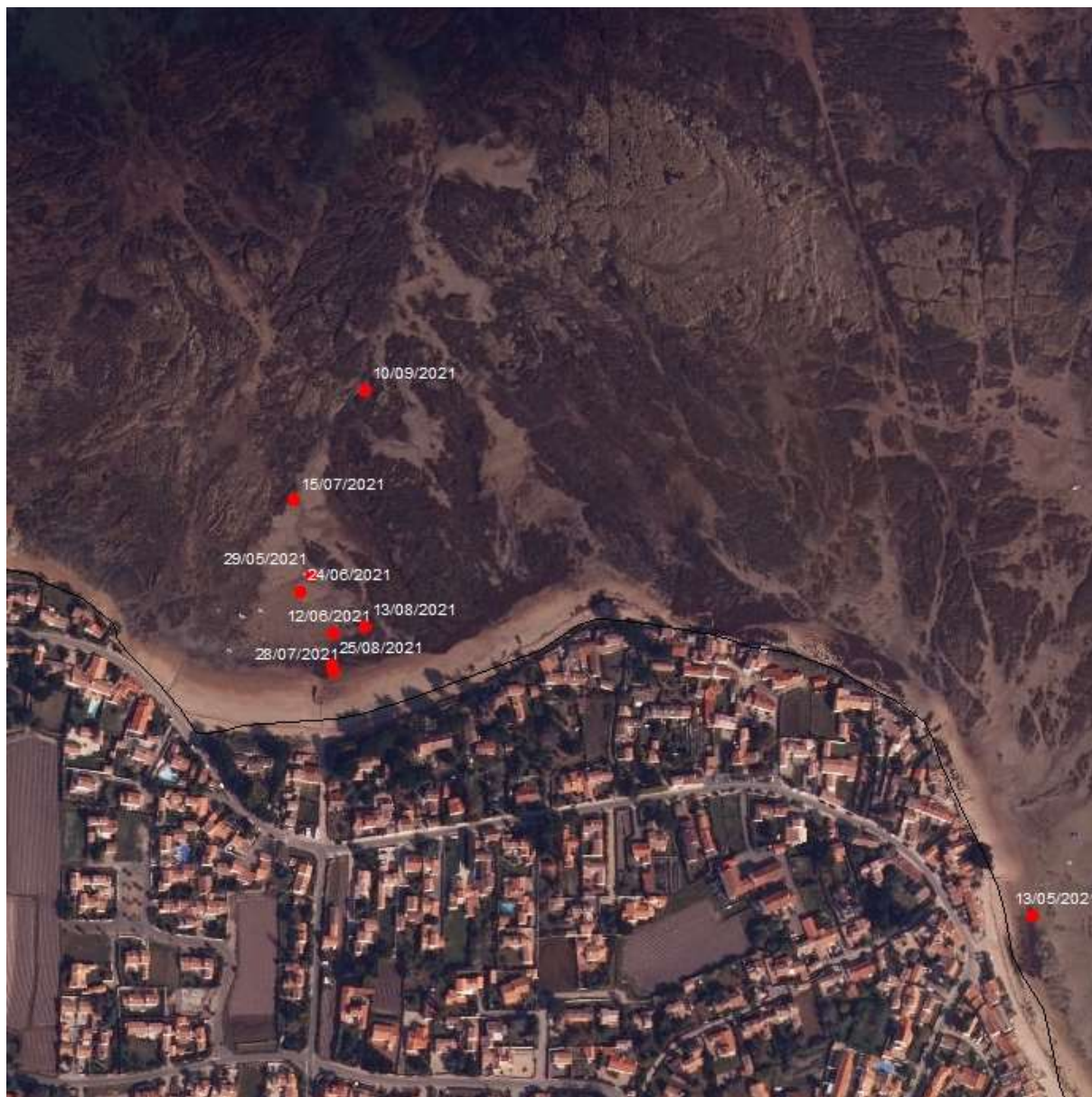
« La Baule »



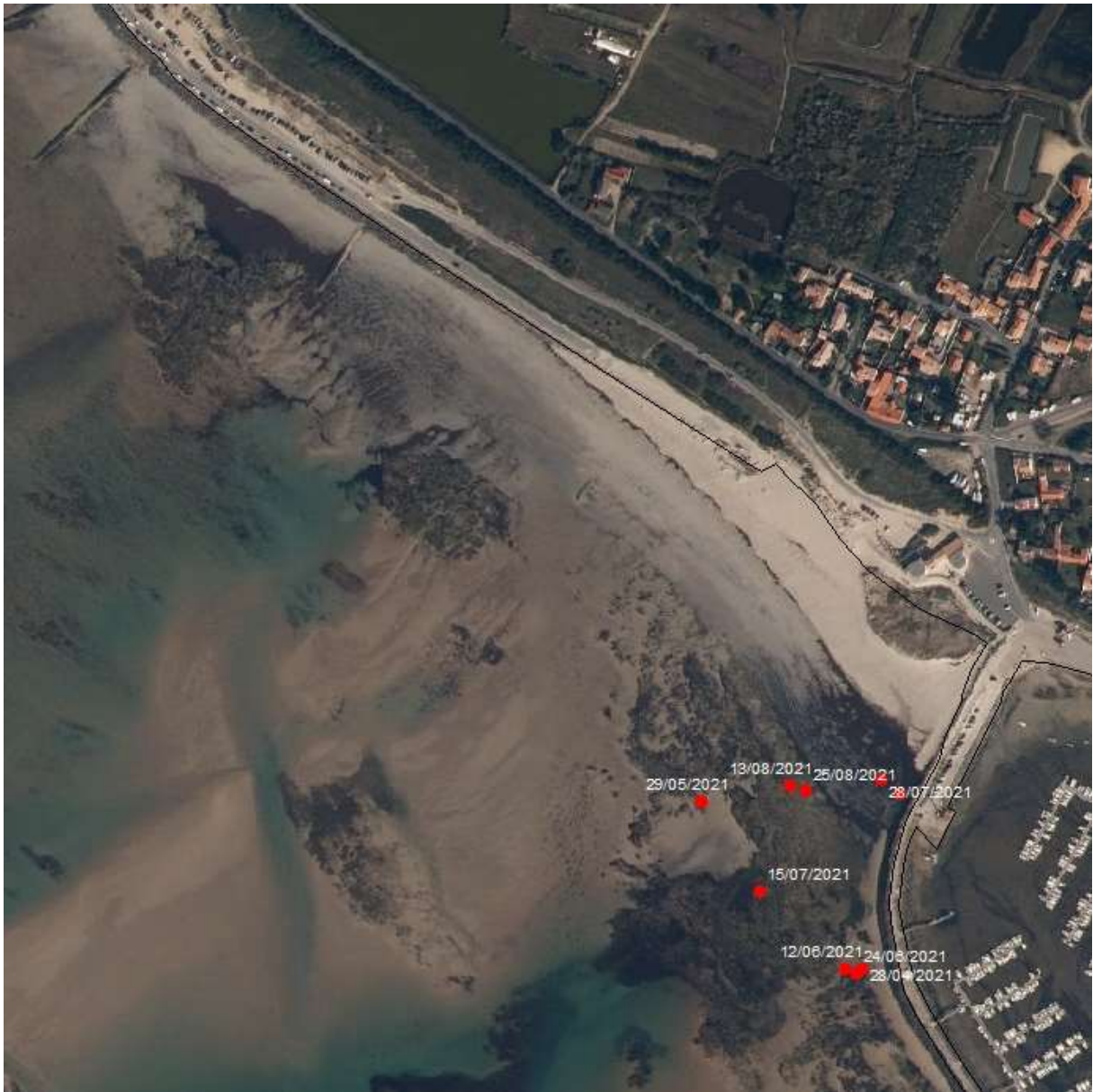
« Le Croisic »



« Préfailles-La Plaine Sur Mer »



« Noirmoutier – le Vieil »



« Noirmoutier – Epine »



« Noirmoutier – La Fosse »



« Noirmoutier – Guérinière »



« La Tranche Sur Mer »



« Ré – La Flotte en Ré »



« Ré – Saint Martin en Ré »



« Ré – Portes en Ré »