

CENTRE D'ÉTUDE  
& DE VALORISATION  
DES ALGUES



ALGAE TECHNOLOGY  
& INNOVATION  
CENTRE

## RCS ET RCO SEINE-NORMANDIE ANNEE 2022

Programme de contrôle de surveillance et de contrôle  
opérationnel des blooms de macroalgues opportunistes  
dans les eaux littorales du bassin Seine-Normandie

### Rapport Annuel

Mai 2023

Anthony LE BRIS : Ingénieur de projet  
Clément DANIEL : Ingénieur de projet  
Loïc CELLIER : Technicien environnement  
Sébastien BOSC : Technicien environnement  
Sylvain BALLU : Chef de projet  
Sophie RICHIER : Responsable rôle « Ecologie & Environnement »



CEVA





## SOMMAIRE

1.	CONTEXTE & OBJECTIFS .....	1
2.	MATERIELS & METHODES.....	2
2.1.	Actions communes RCS – RCO (Suivi des marées vertes) .....	3
2.1.1.	Organisation des campagnes aériennes.....	3
2.1.2.	Organisation des contrôles terrain.....	3
2.1.3.	Définition et classement des sites.....	4
2.1.4.	Géoréférencement des photos .....	7
2.1.5.	Digitalisation et détermination du taux de couverture.....	7
2.2.	Actions spécifiques programme RCS.....	8
2.2.1.	Littoral étudié RCS .....	8
2.2.2.	Indicateur « Blooms de macroalgues opportunistes ».....	9
2.2.3.	Enquêtes sur le ramassage .....	14
2.2.4.	Fiches web .....	15
2.3.	Actions spécifiques programme RCO .....	15
2.3.1.	Littoral étudié RCO .....	15
2.3.2.	Indices d'eutrophisation.....	16
3.	RESULTATS RCS (Réseau de Contrôle de Surveillance) .....	21
3.1.	Campagnes aériennes et de terrain .....	21
3.2.	Classement des sites .....	22
3.2.1.	Dénombrement des sites concernés.....	22
3.2.2.	Evolution visuelle des échouages .....	27
3.2.3.	Echouages d'autres algues .....	35
3.2.4.	Sargasses .....	39
3.2.5.	Echouages « à risque » .....	40
3.3.	Estimation quantitative surfacique .....	42
3.3.1.	Evolution saisonnière des échouages d'ulves pour le suivi RCS 2022.....	42
3.3.2.	Evolution interannuelle des échouages d'ulves de 2008 à 2022 .....	51

---

3.4.	Fiches web .....	55
3.5.	Enquêtes sur le ramassage .....	55
3.6.	Classement DCE des différentes masses d'eau normandes.....	56
4.	RESULTATS RCO (Réseau de Contrôle Opérationnel).....	66
4.1.	Campagnes aériennes et de terrain .....	66
4.2.	Classement des sites .....	66
4.1.	Estimation quantitative surfacique .....	67
4.1.1.	Evolution saisonnière des échouages d'ulves .....	67
4.1.2.	Evolutions interannuelles des échouages d'ulves.....	72
4.2.	Indices d'eutrophisation.....	75
4.2.1.	Eléments d'interprétation des profils saisonniers .....	75
4.2.2.	Profils saisonniers des quotas .....	77
5.	Conclusions.....	82
5.1.	Partie RCS (Réseau de Contrôle de Surveillance).....	82
5.2.	Partie RCO (Réseau de Contrôle Opérationnel) .....	83
6.	Annexes .....	85

## TABLE DES ILLUSTRATIONS

### Figures

Figure 1. Récapitulatif des actions menées dans le cadre des programmes de Réseau de Contrôle de Surveillance (RCS) et Réseau de Contrôle Opérationnel (RCO).....	2
Figure 2. Photographie du 31 août 2022 sur la plage de Juno Beach (Courseulles-Bernières-sur-Mer) caractérisée par un vaste dépôt d’algues rouges et brunes. Site non classé lors de cet inventaire. ....	5
Figure 3. Exemple d’un résultat du traitement par mosaïquage automatique de plusieurs photos aériennes sur les sites de Ver-Graye-sur-Mer, Courseulles-sur-Mer, Saint-Aubin-Langrune-sur-Mer et Luc-Lion-sur-Mer. Cette mosaïque est caractérisée par des paramètres de contraste et luminosité homogènes et une résolution spatiale d’environ 30 cm.....	7
Figure 4. Carte des masses d’eau du bassin Seine-Normandie, suivies dans le cadre du programme RCS de l’indicateur « blooms de macroalgues opportunistes ». Les sites en violet correspondent au redécoupage, au sein des masses d’eau, des secteurs pouvant représenter un risque de développement d’algues vertes. ....	9
Figure 5. Comparaison des morphologie des algues vertes entre les formes libres et d’arrachage sur le littoral normand. ....	11
Figure 6. Cartographie des survols aériens effectués le long du littoral Seine-Normandie avec le parcours RCO (trajet bleu) et les 9 sites suivis et le parcours RCS (trajet bleu + orange).....	16
Figure 7. (A) Nombre de sites classés au moins une fois entre 2008 et 2022 sur le littoral Seine-Normandie. (B) Nombre total de classements par année, entre 2008 et 2022. (C) Détail du nombre de classement par inventaire et par année de suivi entre 2008 et 2022. Les lignes en pointillés rouges représentent la moyenne entre 2008 et 2022. ....	25
Figure 8. Répartition des sites classés et leurs occurrences sur les 3 inventaires de mai, juillet et septembre du RCS 2022. ....	26
Figure 9. Récapitulatif de l’évolution des échouages d’algues vertes et des dépôts d’ulves sur le site du Becquet (port) pour l’année 2022. ....	28
Figure 10. Récapitulatif de l’évolution des échouages d’algues vertes et des dépôts d’ulves sur le site de la Pointe de Barfleur (port) pour l’année 2022. ....	29
Figure 11. Récapitulatif de l’évolution des échouages d’algues vertes et des dépôts d’ulves sur le site de Gefosse-Fontenay pour l’année 2022. ....	30
Figure 12. Récapitulatif de l’évolution des échouages d’algues vertes et des dépôts d’ulves sur le site de Grandcamp-Maisy pour l’année 2022.....	31
Figure 13. Récapitulatif de l’évolution des échouages d’algues vertes et des dépôts d’ulves sur le site de Port-en-Bessin pour l’année 2022.....	32
Figure 14. Récapitulatif de l’évolution des échouages d’algues vertes et des dépôts d’ulves sur le site de Courseulles-Bernières-sur-Mer pour l’année 2022.....	33

Figure 15. Récapitulatif de l'évolution des échouages d'algues vertes et des dépôts d'ulves sur le site de Saint-Aubin-Langrune-sur-Mer pour l'année 2022. ....	34
Figure 16. Photographies aériennes et de terrain des dépôts d'algues sur le site d'Arromanches – Asnelles au mois de septembre 2022.....	36
Figure 17. Photographie aérienne et observation de terrain des échouages d'autres algues. (A) Prolifération de Pylaiella sur le secteur de Saint-Vaast-la-Hougue au mois de mai. B) Prolifération d'Ectocarpales sur Agon – Blainville au mois de juillet. C) Prolifération d'algues rouges (probablement type Plocamium) sur Cap Lévi au mois de septembre. ....	37
Figure 18. Photographie d'une mare intertidale colonisée par des Sargasses qui affleurent à la surface de l'eau dans le secteur de Bréhal. ....	39
Figure 19. Observation d'échouages de Sargasses en haut de plage dans les secteurs de Courseulles-Bernières-sur-Mer et Saint-Aubin-Langrune-sur-Mer.....	40
Figure 20. Photo aérienne du dépôt en décomposition sur le site de Géfosse-Fontenay le 29 mai 2022 et des observations terrain effectuées les jours suivants. ....	41
Figure 21. Répartition des sites concernés par des échouages d'ulves par classe de surface (en ha équivalent 100%) de couverture pour le cumul annuel des trois inventaires de 2022 avec le rappel des données depuis 2008.....	44
Figure 22. Localisation des Vérités Terrain (VT) supplémentaires effectuées après le vol de septembre sur les sites de Luc-Lion-sur-Mer et Ouistreham. ....	45
Figure 23. Photos aériennes des sites de Sud Granville, Saint-Vaast-la-Hougue et Arromanches – Asnelles aux mois de juin et août 2022 présentant des échouages relativement denses d'algues vertes.....	46
Figure 24. Répartition géographique des sites concernés : cumul des surfaces observées par site lors des 3 inventaires (mai, juillet, septembre) de 2022.....	47
Figure 25. Répartition géographique des sites concernés : surfaces maximales observées par site lors des 3 inventaires (mai, juillet, septembre) de 2022.....	48
Figure 26. Répartition géographique des sites concernés : cumul des surfaces observées par masse d'eau lors des 3 inventaires (mai, juillet, septembre) de 2022. ....	50
Figure 27. (A) Surfaces d'échouages par mois d'inventaire observées sur le littoral Seine-Normandie de 2008 à 2022. (B) Surfaces cumulées totales annuelles des échouages observés sur le littoral Seine-Normandie de 2008 à 2022. Les lignes en pointillés rouges représentent les moyennes interannuelles.....	51
Figure 28. Répartition géographique des sites concernés : cumul des surfaces observées par site lors des 3 inventaires (mai, juillet, septembre) de 2008 à 2022.....	53
Figure 29. Répartition géographique des sites concernés : cumul des surfaces observées par masse d'eau lors des 3 inventaires (mai, juillet, septembre) de 2008 à 2022. ....	54
Figure 30. Ramassage sur la commune de Grandcamp-Maisy le 23 juin 2022 sur un échouage très dense en haut de plage.....	56
Figure 31. Calcul des EQR et de l'état écologique des masses d'eau Seine-Normandie de type 1 et de type 2 en 2022.....	58

---

Figure 32. Evolution annuelle de l'EQR pour chacune des masses d'eau de type 1 du littoral Seine-Normandie.....	59
Figure 33. Evolution annuelle de l'EQR pour chacune des masses d'eau de type 2 du littoral Seine-Normandie.....	60
Figure 34. Cartographie de l'état écologique des masses d'eau du littoral Seine-Normandie pour l'indicateur « Blooms de macroalgues opportunistes ».....	62
Figure 35. Evolution des surfaces d'ulves sur les 5 inventaires au cours de la saison 2022. ....	69
Figure 36. Surfaces cumulées des échouages d'ulves lors des 5 inventaires de mai à septembre (RCS+RCO) de l'année 2022. Les surfaces sont exprimées en ha équivalent 100%.....	70
Figure 37. Variations mensuelles des échouages d'ulves lors des 5 inventaires de mai à septembre (RCS+RCO) de l'année 2022. Les surfaces sont exprimées en ha équivalent 100%.....	71
Figure 38. Evolution interannuelle de la surface cumulée en ulves sur les 9 sites suivis entre 2014 et 2022. Le cumul correspond à la somme des 5 inventaires de mai à septembre. Les pointillés rouges représentent les moyennes interannuelles pour chaque site. ....	72
Figure 39. Evolution interannuelle des surfaces mensuelles en ulves sur les 9 sites suivis. Les surfaces correspondent à la somme des 5 inventaires de mai à septembre. ....	74
Figure 40. Evolution interannuelle de la contribution relative des 9 sites suivis (en %) par rapport à la surface mensuelle totale en ulves pour les 5 inventaires de mai à septembre.....	74
Figure 41. Localisation des prélèvements des échantillons d'ulves pour l'analyse des quotas internes en azote et phosphore pour les 9 sites prédéfinis dans le RCO Seine-Normandie en 2022.....	79
Figure 42. Evolution des quotas azotés et phosphorés sur la saison 2021 pour les sites 9 sites définis dans le RCO Seine-Normandie. Les lignes noires représentent les seuils critiques Q1N/P (à 2% et 0.125%) et de subsistance QON/P (à 1% et 0.05%). ....	81

## Tables

Tableau 1. Récapitulatif des sites à marées vertes au sein des masses d'eau du littoral Seine-Normandie et leur typologie. Les masses d'eau ne comportant pas de sites à marées vertes sont notées nd. Les sites à marées vertes en gras représentent les 9 sites suivis dans le cadre du RCO.....	6
Tableau 2. Détails des seuils affectés aux différentes métriques permettant d'évaluer la qualité écologique des masses d'eau touchées par les marées vertes de type 1.....	12
Tableau 3. Détails des seuils affectés aux différentes métriques permettant d'évaluer la qualité écologique des masses d'eau touchées par les marées vertes de type 2.....	13
Tableau 4. Influence du type de marée verte sur le calcul de l'EQR DCE pour les masses d'eau bretonnes et normandes de type 2. ....	14
Tableau 5. Dates des acquisitions aériennes et des observations terrain pour les inventaires RCS de l'année 2022. ....	21
Tableau 6. Récapitulatif des sites classés en 2022 pour les 3 inventaires de mai, juillet et septembre du RCS Seine-Normandie.....	24
Tableau 7. Liste des espèces identifiées dans les prélèvements des échouages majoritairement composés d'algues rouges pour les 3 sites de Barfleur, Grandcamp-Maisy et Gold Beach dans le cadre de l'étude de prospection de la diversité des algues rouges échouées. ....	38
Tableau 8. Surfaces estimées en ulves lors des 3 inventaires de l'année 2022 pour tous les sites classés. Les surfaces sont exprimées en hectares équivalent 100 %. ....	43
Tableau 9. Caractéristiques des images satellitaires Sentinel-2 disponibles à plus ou moins une semaine du vol du 24/09/2022.....	46
Tableau 10. Surfaces de couverture par les ulves par masse d'eau lors des trois inventaires RCS de l'année 2022. Les surfaces sont exprimées en hectare équivalent 100%). ....	49
Tableau 11. Détails des calculs des métrique 1 à 3 pour les marées vertes de type 1 pour chacune des masses d'eau DCE du bassin Seine-Normandie sur la base de l'EQR macroalgues opportunistes (2017-2022). ....	61
Tableau 12. Détails des calculs des métrique 1 à 3 pour les marées vertes de type 2 pour chacune des masses d'eau DCE du bassin Seine-Normandie sur la base de l'EQR macroalgues opportunistes (2017-2022). ....	61
Tableau 13. Dates des acquisitions aériennes et des observations terrain pour les inventaires RCO de l'année 2022. ....	66
Tableau 14. Récapitulatif des sites classés en 2022 pour les 2 inventaires de juin et août du RCO Seine-Normandie.....	67
Tableau 15. Surfaces d'algues vertes digitalisées lors des 2 inventaires RCO de l'année 2022 pour les 9 sites concernés par des échouages d'ulves. Les surfaces sont exprimées en hectares équivalent 100 %. Le cumul RCS+RCO représente la somme de toutes les surfaces d'ulves digitalisées sur les 5 inventaires (de mai à septembre) pour ces 9 sites. ....	68
Tableau 16. Récapitulatif des contributions relatives (%) de chaque site, moyennées pour chaque mois depuis 2014 et moyennées sur toutes les années. ....	73

---

Tableau 17. Date et localisation des prélèvements des échantillons d’ulves pour l’analyse des quotas internes en azote et phosphore pour les 9 sites prédéfinis dans le RCO Seine-Normandie en 2022.  
..... 80

## Annexes

Annexe 1. Etapes de traitements pour l’estimation des surfaces couvertes par les ulves sur un site classé.  
..... 87

Annexe 2. Questionnaire envoyé aux communes littorales pour évaluer les ramassages d’algues échouées. .... 89

## 1. CONTEXTE & OBJECTIFS

### *Programmes de contrôles pour l'élément de qualité « Blooms de macroalgues opportunistes »*

Depuis 2008, le phénomène de proliférations d'algues opportunistes fait l'objet d'un suivi régulier sur les côtes normandes dans le cadre du Réseau de Contrôle de Surveillance (RCS). La présence importante de ces algues et notamment des macroalgues vertes de type Ulves, reflète une eutrophisation du milieu. Ces suivis ont été confiés au CEVA ; qui était déjà en charge des suivis effectués sur le littoral du bassin Loire-Bretagne, afin de répondre aux exigences de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) et ainsi permettre l'évaluation de la qualité écologique des masses d'eau.

Les résultats obtenus permettent d'une part, d'identifier les masses d'eau ne respectant pas le bon état écologique et d'autre part, de cibler les zones de ces masses d'eau les plus fortement touchées par ce phénomène de proliférations et nécessitant un suivi plus soutenu à travers la mise en place d'un Réseau de Contrôle Opérationnel (RCO).

Les enjeux environnementaux et réglementaires de ces réseaux nécessitent donc d'assurer au cours du temps une reproductibilité à la fois d'un point de vue méthodologique et d'un point de vue de l'analyse et de l'interprétation des résultats. Les méthodologies déployées par le CEVA pour la mise en œuvre du RCS et du RCO sur le littoral du bassin Seine-Normandie a permis d'assurer une continuité avec les données précédemment acquises et de suivre les évolutions spatio-temporelles des échouages d'algues vertes.

### *Historique des suivis en Normandie*

Le suivi des marées vertes a débuté sur les côtes bretonnes à travers le programme régional Prolittoral entre 2002 et 2006 puis avec les programmes RCS (Réseau de Contrôle de Surveillance) et RCO (Réseau de Contrôle Opérationnel) à partir de 2007. Ces suivis ont permis de définir des stratégies et des outils spécifiques pour évaluer le phénomène des blooms d'algues vertes opportunistes et leurs évolutions spatiales et temporelles.

A la demande de la DIREN Basse-Normandie, un premier repérage aérien des secteurs touchés par ce phénomène a été effectué en juillet 2005 sur les côtes normandes. En 2006, deux autres survols ont été réalisés (en juillet et août) accompagnés de campagnes d'observations et de contrôles sur le terrain. Ces premières années de repérage ont permis de mettre en évidence la présence d'échouages d'algues relativement importants localisés sur certains sites (Granville, Gefosse-Fontenay, côte de Nacre), qui nécessitaient la mise en place d'un suivi régulier.

Les méthodologies définies pour le suivi des côtes bretonnes ont donc été adaptées et appliquées au littoral du bassin Seine-Normandie à travers le RCS à partir de 2008 (commandé par l'IFREMER) et du RCO à partir de 2014 (co-financement IFREMER/Agence de l'Eau Seine-Normandie). En 2016, les suivis RCS et RCO ont fait l'objet d'un marché commandité par l'Agence de l'Eau Seine-Normandie qui a été attribué au CEVA jusqu'en 2020. Ces suivis ont ensuite été renouvelés en réponse à appel d'offres pour la période 2021 - 2024.

### Objectifs

L'objectif de cette étude est donc de poursuivre les suivis RCS et RCO dans le cadre de la DCE pour l'élément de qualité biologique « blooms de macroalgues opportunistes », sur le littoral du bassin Seine-Normandie. Les actions menées permettront d'évaluer et de suivre la qualité écologique des masses d'eau côtières jusqu'en 2024.

## 2. MATERIELS & METHODES

Dans le cadre de la DCE, le suivi du paramètre biologique « blooms de macroalgues opportunistes » prévoit l'évaluation de la qualité écologique des masses d'eau côtières du littoral normand à travers le RCS. Une étude plus approfondie à travers le RCO a également été menée afin de déterminer l'évolution des indices d'eutrophisation sur 9 sites identifiés comme potentiellement à risque de non atteinte des objectifs environnementaux. Les programmes RCS et RCO comportent donc des actions spécifiques et complémentaires (Figure 1).

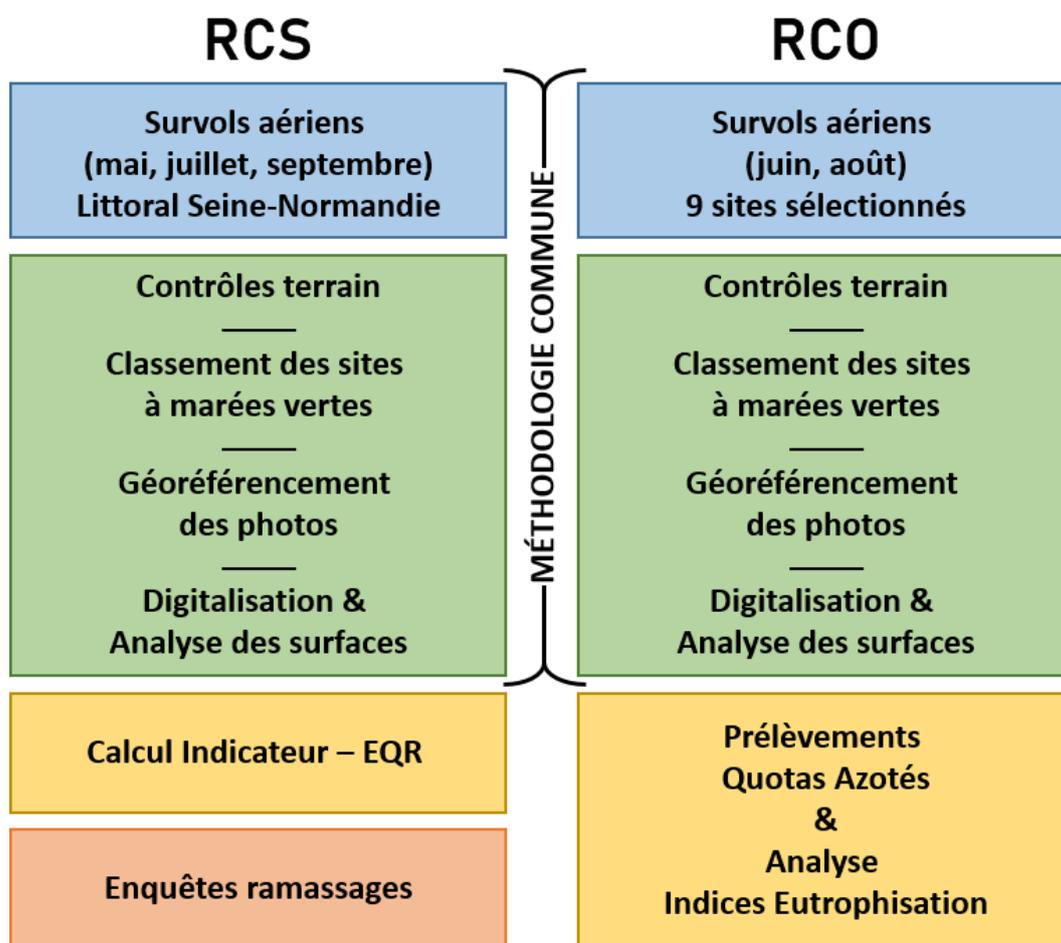


Figure 1. Récapitulatif des actions menées dans le cadre des programmes de Réseau de Contrôle de Surveillance (RCS) et Réseau de Contrôle Opérationnel (RCO).

## 2.1. Actions communes RCS – RCO (Suivi des marées vertes)

Les méthodes et outils utilisés ont été proposés et mis au point par le CEVA dans le cadre du programme Prolittoral (2002-2006) de lutte contre les marées vertes en Bretagne et appliqués sur les côtes normandes depuis 2008 (RCS) et 2014 (RCO). Le protocole détaillé dans le CCTP de l'étude publié par les Agences de l'Eau assure le suivi de la qualité environnementale des plages face au risque d'échouages de macroalgues ainsi que la comparabilité des données sur la série historique et chronologique depuis 2008.

### 2.1.1. Organisation des campagnes aériennes

Les survols sont effectués au moyen d'un avion de type CESSNA ou d'un ULM de type virus, lors des marées basses de vives eaux, avec un coefficient supérieur à 75, et dans les meilleures conditions météorologiques (*i.e.* bonne visibilité, plafond nuageux suffisamment haut). Le plan de vol a été défini afin de parcourir tout le littoral du bassin Seine-Normandie à marée basse avec une pause d'environ 1h à l'aéroport de Cherbourg pour tenir compte du décalage de l'onde de marée en Manche. Les masses d'eau FRHC05 (Cap de la Hague Nord) et FRHC61 (Intérieur de la rade de Cherbourg) ne sont pas suivies en raison de l'interdiction de survoler cette zone. De même, la masse d'eau FRHC60 (Rade de Cherbourg) n'est que partiellement survolée pour les mêmes raisons.

Les acquisitions des photographies aériennes sont réalisées à une altitude entre 1500 et 3000 pieds avec des appareils photos munis de GPS pour géoréférencer les clichés. Des plans larges des sites ainsi que des plans zoomés sur les dépôts sont réalisés afin de reconstituer des mosaïques du littoral avec une résolution pouvant atteindre 30 cm. De retour à terre, les photos sont immédiatement transférées et dépouillées afin de sélectionner les sites et les dépôts qui feront l'objet de contrôles de terrain.

### 2.1.2. Organisation des contrôles terrain

Après le dépouillement des photos aériennes, les équipes de terrain sont rapidement (24 à 72h) mobilisées sur les sites et les dépôts sélectionnés pour contrôler la présence des échouages, leur importance et la présence d'ulves. Les appareils photos sont équipés de GPS afin de géolocaliser les clichés sur les différents sites, ou lorsque plusieurs points d'échantillonnage sont effectués sur un même site. Les opérateurs terrain relèvent également le type de dépôt (andains de haut de plage, tapis, rideau), les proportions des différentes algues en présence (algues vertes : AV, algues rouges : AR, algues brunes : AB), les proportions d'algues vertes (ulves) de types filamenteuses (anciennement « entéromorphe ») ou foliacées, le pourcentage de recouvrement des ulves dans l'échouage et le mode de croissance (forme « libre » ou « d'arrachage »). Des prélèvements peuvent être effectués afin de mieux caractériser les espèces algales composant les dépôts. L'ensemble des sites contrôlés font l'objet de fiches récapitulatives et sont archivées dans la base de données CEVA puis intégrées dans une base de données dédiée aux « Marées Vertes ».

### 2.1.3. Définition et classement des sites

Pour le suivi des échouages d'algues vertes le long du littoral, le CEVA a délimité, au sein des masses d'eau littorales, des « sites à marées vertes » définis selon la typologie de marée verte observée (types d'algues rencontrés, morphologie et continuité des dépôts, figure 4). Pour certaines masses d'eau, aucun site à marées vertes n'a été défini car elles ne présentent pas de risque avéré pour les échouages d'algues vertes. La définition des sites, sur les côtes normandes, est basée sur les critères appliqués en Bretagne en tenant compte de 1/ la présence d'un échouage repéré par avion, 2/ des observations *in situ* confirmant la présence d'ulves et 3/ une discontinuité géographique, morphologique ou de composition avec un dépôt voisin (*e.g.* des dépôts séparés par une pointe rocheuse ou alimentés par des cours d'eau différents). Suite aux premiers survols des côtes normandes en 2005 et 2006 et aux observations terrain associées, le CEVA a pu définir des sites concernés par les marées vertes selon les types d'algues rencontrées, la morphologie des dépôts et leur continuité. Cependant, la morphologie du littoral et les types de dépôts observés sur le bassin Seine-Normandie sont différents de ce qui est observé sur le littoral Loire-Bretagne (*i.e.* le littoral normand présente généralement de longues et grandes plages ouvertes avec des dépôts plus ou moins continus et réguliers plutôt que des baies semi fermées comme c'est plus souvent le cas en Bretagne). La notion de « site concerné » doit donc être considérée avec attention en considérant des sites à marées vertes comprenant des grandes surfaces d'estran sableux, ainsi que des sites regroupant 7 ou 8 criques distinctes qui peuvent être considérées comme des sous-sites (*e.g.* comme c'est le cas pour le site « Pointe de Barfleur » sur la côte du Cotentin). Le dénombrement est une première approche qui permet d'alerter sur l'apparition de secteurs nouveaux, différents de sites préexistants, et de rendre un premier compte de l'extension des secteurs concernés d'une année (*e.g.* 4 sites concernés par des marées vertes ont récemment été ajoutés en 2019 sur le littoral Seine-Normandie : Le Becquet, Villers-sur-Mer, Saint-Pierre-en-Port et Yport). Sur le littoral du bassin Seine-Normandie, ce sont donc 33 sites à marées vertes qui ont été définis et répartis sur les 18 masses d'eau suivies (Tableau 1).

Ces sites à marées vertes sont suivis lors de chaque inventaire aérien et sont ensuite classés comme « **site touché** » par un échouage d'ulves selon 2 critères principaux :

- Une quantité anormale d'algues vertes détectable par avion.
- Un contrôle de terrain confirmant la présence d'ulves échouées et dont la proportion représente plus d'un tiers du dépôt (on considère que la prépondérance des algues vertes est un indicateur d'un dysfonctionnement potentiel de l'écosystème en lien avec un phénomène d'eutrophisation).

Il n'y a donc pas, à proprement parler, de superficie minimale pour qu'un site soit classé, si ce n'est le fait que l'échouage d'algues vertes doit être détectable par avion et visible sur les photos. Cela permet de considérer les sites émergents (« alerte précoce ») de petites tailles comme les sites plus importants. Le critère de proportion d'ulves au sein d'un dépôt est particulièrement sensible pour le classement des sites sur le littoral normand, car les échouages présentent régulièrement des proportions mixtes (mélange homogène d'algues brunes, rouges et vertes) voire dominés par des algues brunes ou rouges (Figure 2). Ces échouages, malgré leur importance, ne sont donc pas systématiquement comptabilisés pour le classement d'un site sensible pour le critère « Marée verte ».

Le dénombrement de sites est un indicateur qu'il convient d'utiliser avec prudence. L'importance des développements d'algues vertes de l'année sera qualifiée de façon plus fine à travers l'indicateur des surfaces couvertes par les ulves.



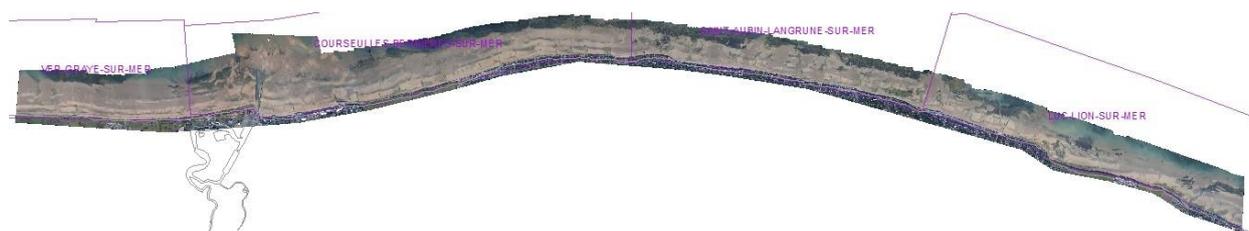
*Figure 2. Photographie du 31 août 2022 sur la plage de Juno Beach (Courseulles-Bernières-sur-Mer) caractérisée par un vaste dépôt d'algues rouges et brunes. Site non classé lors de cet inventaire.*

Tableau 1. Récapitulatif des sites à marées vertes au sein des masses d'eau du littoral Seine-Normandie et leur typologie. Les masses d'eau ne comportant pas de sites à marées vertes sont notées nd. Les sites à marées vertes en gras représentent les 9 sites suivis dans le cadre du RCO.

NOM MASSE D'EAU	CODE MASSE D'EAU	NOM SITE MAREE VERTE	TYPE MAREE VERTE
Archipel Chausey	FRHC01	nd.	nd.
Baie Du Mont-Saint-Michel - Centre Baie	FRHC02	St-Jean-Le-Thomas	1
		<b>Jullouville-Saint-Pair</b>	1
		Sud Granville	1
		Nord Granville	1
Ouest Cotentin	FRHC03	Brehal - Annoville	1
		Agon - Blainville	1
		Pirou	1
		Saint Germain - Bretteville	1
		Portbail - Carteret	1
Cap De Carteret - Cap De La Hague	FRHC04	Rozel	1
		Flamanville	1
		Siouville-Dielette	1
Rade de Cherbourg	FRHC60	Le Becquet	2
		Cap Levi	2
Cap Levy - Gatteville	FRHC07	Cap Levi	2
Barfleur	FRHC08	<b>Pointe De Barfleur</b>	2
Anse De Saint-Vaast La Hougue	FRHC09	Saint Vaast - Quineville	1
Baie Des Veys	FRHC10	<b>Grandcamp-Maisy</b>	2
		Utah Beach	2
Côte Du Bessin	FRHC11	Omaha Beach	2
		Port-En-Bessin	2
Côte De Nacre Ouest	FRHC12	<b>Gold Beach</b>	1
		Arromanches - Asnelles	1
		<b>Ver-Graye-Sur-Mer</b>	1
		<b>Courseulles-Bernières-Sur-Mer</b>	1
Côte De Nacre Est	FRHC13	<b>Saint-Aubin-Langrune-Sur-Mer</b>	1
		<b>Luc-Lion-Sur-Mer</b>	1
			1
Baie De Caen	FRHC14	Ouistreham	1
Côte Fleurie	FRHC15	Houlgate	1
		Villers-sur-Mer	1
Le Havre - Antifer	FRHC16	nd.	nd.
Pays De Caux Sud	FRHC17	Yport	2
		Saint-Pierre-en-Port	2
Estuaire De Seine	FRHT01-02	nd.	nd.
Estuaire De Seine - Aval	FRHT03	Villerville	1
Estuaire De l'Orne	FRHT04	nd.	nd.
Baie du Mont-Saint-Michel – Fond de baie	FRHT05	nd.	nd.
Baie Des Veys – Fond de baie	FRHT06	<b>Gefosse-Fontenay</b>	1
La Risle	FRHT07	nd.	nd.

#### 2.1.4. Géoréférencement des photos

Les sites qui ont été classés comme « **site concerné** » par les échouages d'algues vertes font ensuite l'objet d'une estimation surfacique des dépôts et nécessitent donc le géoréférencement et le calage des photographies acquises lors des survols. Le nombre de photos pour reconstituer une mosaïque d'un site est variable et dépend de l'étendue de chaque secteur. Une fois importées sous SIG, les meilleures photos sont calées à partir d'au moins 10 points de référence (« amers »), disponibles dans une base de données constituée par le CEVA, et à l'aide des ortholittorales V2. Les mosaïques de photos créées pour chaque site concerné permettent d'obtenir une information spatiale fine et rectifiée des déformations liées aux acquisitions aériennes (*e.g.* photos acquises en vue oblique avec des échelles différentes entre le 1<sup>er</sup> plan et l'arrière-plan) sur toute la partie de l'estran. Dans certains cas, lorsque les conditions d'acquisition et météorologiques ont été favorables, une méthode de calage semi-automatique basée sur des logiciels d'orthorectification d'images drone (Agisoft Metashape) a été testée au CEVA. Cela a permis, pour certains inventaires, de constituer une mosaïque du littoral avec parfois plusieurs dizaines de photos (au niveau de la Côte de Nacre par exemple qui comprend plusieurs sites à marées vertes contiguës), avec une résolution de près de 30 cm et des paramètres de contraste et de luminosité homogènes (Figure 3). Ces premiers tests s'avèrent très concluants et confirment l'intérêt de faire évoluer la méthodologie et ainsi optimiser le temps de traitement.



*Figure 3. Exemple d'un résultat du traitement par mosaïquage automatique de plusieurs photos aériennes sur les sites de Ver-Graye-sur-Mer, Courseulles-sur-Mer, Saint-Aubin-Langrune-sur-Mer et Luc-Lion-sur-Mer. Cette mosaïque est caractérisée par des paramètres de contraste et luminosité homogènes et une résolution spatiale d'environ 30 cm.*

#### 2.1.5. Digitalisation et détermination du taux de couverture

A partir des mosaïques de chaque site, tous les dépôts d'algues vertes, visibles sur les photos aériennes et contenant une proportion d'ulves supérieure à 30 % sont digitalisés par photo-interprétation à une échelle entre 1/2500<sup>ème</sup> et 1/5000<sup>ème</sup>. Les digitalisations distinguent les échouages d'algues formant des andains en haut de plage, les tapis sur l'estran et également les algues dans le rideau (algues flottant en bordure de mer). Pour chaque dépôt digitalisé, un taux de recouvrement des algues vertes a été attribué par photo-interprétation. Afin de garantir une homogénéité avec les données historiques, un catalogue illustrant les taux de recouvrement applicables en fonction des photos aériennes et de dépôts types (étalonnés par traitements d'images), a été constitué et sert de référence au CEVA.

Pour chaque polygone tracé (délimitant un dépôt d'algue homogène), la surface en « ha équivalent 100 % » a été calculée (taux de recouvrement x surface du dépôt) afin d'estimer la surface réellement couverte par les algues vertes et de réaliser des comparaisons intra/inter- annuelles et intra/inter- sites.

Toutes les données surfaciques sont ensuite compilées dans la base de données « Algues Vertes » interne au CEVA (Base Access®) afin de disposer pour chaque site et chaque inventaire :

- de la somme des surfaces constituées par le rideau
- de la somme des surfaces concernées par les dépôts d'ulves
- 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 des résultats pour chaque inventaire sur l'ensemble de la saison. **L'ensemble des étapes de traitements pour évaluer les surfaces d'ulves échouées pour un site classé est récapitulé dans l'annexe 1.**

#### Indicateur DCE (rappel)

Pour le calcul des indicateurs écologiques et l'évaluation de la qualité des masses d'eau, seules les surfaces d'ulves numérisées dans le cadre du RCS (aux mois de mai, juillet et septembre) sont comptabilisées. En effet, le suivi des surfaces des dépôts pour les inventaires de juin et août, dans le cadre du RCO, n'est pas exhaustif et ne concerne que les 9 sites prédéfinis. Les métriques et grilles d'évaluation ont été établies à l'échelle des masses d'eau qui se composent de plusieurs sites à marées vertes.

## 2.2. Actions spécifiques programme RCS

### 2.2.1. Littoral étudié RCS

La réalisation des survols aériens du RCS a pour objectif d'acquérir des photos aériennes exploitables pour quantifier les surfaces d'ulves échouées présentes en **mai, juillet et septembre** sur le littoral du bassin Seine-Normandie. Les acquisitions débutent au niveau de la baie du Mont-Saint-Michel et se termine au niveau de la baie de Somme (Figure 4). Les côtes de Haute-Normandie, FRHC16 (Le Havre – Antifer), FRHC17 (Pays de Caux Sud), et FRHC18 (Pays de Caux Nord), ne sont pas survolées pour l'inventaire de septembre à cause du manque de lumière au moment de la marée basse tardive à cette période de l'année. L'archipel des îles Chausey (FRHC01), ainsi que les masses d'eau de transition de l'estuaire amont de la Seine (FRHT01 et 02), de l'estuaire de l'Orne (FRHT04) et de La Risle (FRHT07) ne sont pas suivies car elles ne présentent pas de risque face aux marées vertes. Pour le suivi des échouages d'algues vertes, la méthodologie appliquée est celle décrite dans la partie 2.1.

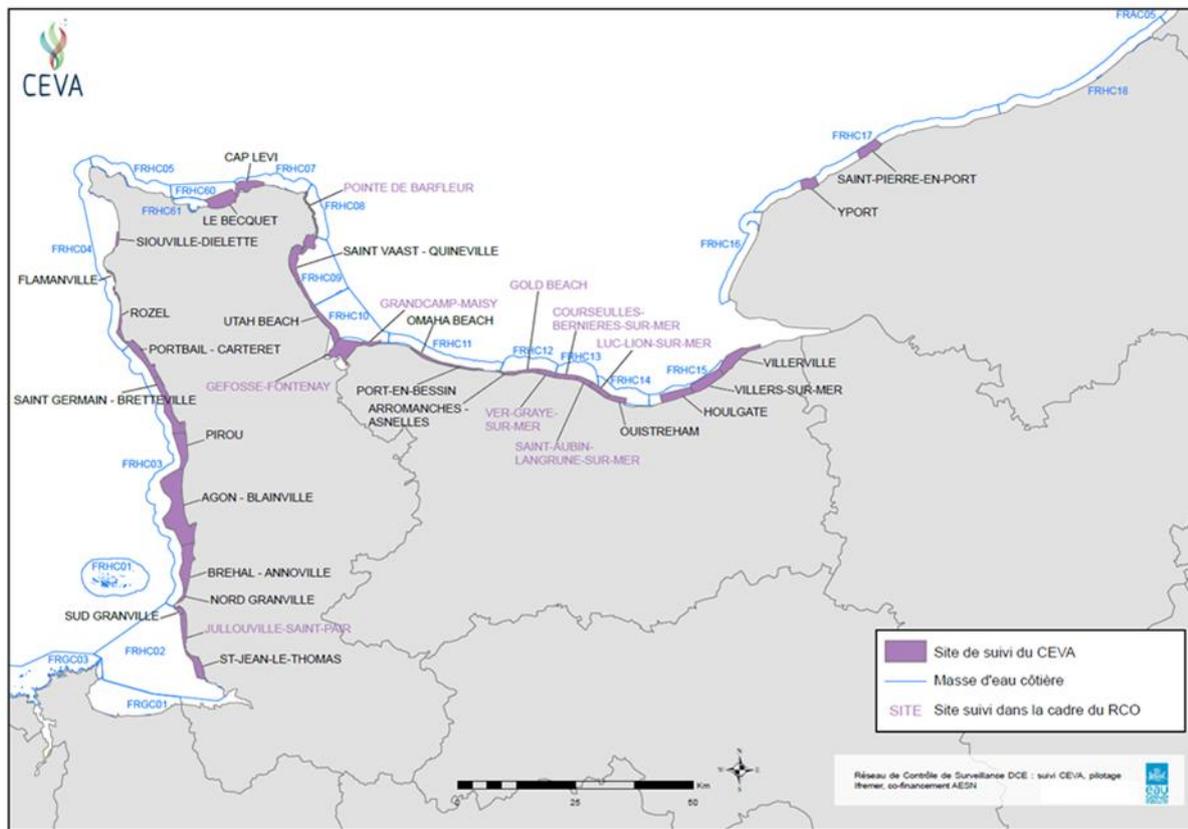


Figure 4. Carte des masses d'eau du bassin Seine-Normandie, suivies dans le cadre du programme RCS de l'indicateur « blooms de macroalgues opportunistes ». Les sites en violet correspondent au redécoupage, au sein des masses d'eau, des secteurs pouvant représenter un risque de développement d'algues vertes.

### 2.2.2. Indicateur « Blooms de macroalgues opportunistes »

L'indicateur pour l'élément de qualité « blooms de macroalgues opportunistes » a été développé par le CEVA, initialement pour les côtes bretonnes, puis adapté pour les différentes configurations de marées vertes rencontrées le long du littoral Manche/Atlantique. Une typologie des marées vertes a donc été décrite, en fonction notamment des types de côtes et de la morphologie des algues vertes. Pour les 3 types de marées vertes qui ont été définis, le calcul des métriques se base sur les surfaces de roches (substrat dur), les surfaces AIH (substrats meubles potentiellement colonisables correspondant aux surfaces de sable et de vase), et sur les surfaces des dépôts d'algues vertes (en unité « ha équivalent 100 % » de recouvrement). Pour la Normandie, seules des marées vertes de type 1 et de type 2 ont été observées sur le littoral dont les métriques sont détaillées ci-dessous (le type 3 correspond aux marées vertes sur les vasières, appliqué notamment pour les masses d'eau de transition).

### Rappels et précisions sur la définition des types de marées vertes

Jusqu'en 2011, seules 2 typologies de marées vertes étaient considérées, les marées vertes se développant sur substrat sableux (dont les biomasses sont mobiles) ou marées vertes de type 1 et sur substrat vaseux (dont les biomasses sont peu mobiles) ou marées vertes de type 3. Sur les substrats sableux, les relevés de terrain ont montré que les algues pouvaient être sous deux formes, « libre » (*i.e.* croissance dans la colonne d'eau) ou « arrachées » (*i.e.* phase de croissance préalable sur platiers rocheux avec le crampon de fixation toujours visible). A partir de ces données d'observations, Rossi (2012)<sup>1</sup> ont décrit un troisième type de marées vertes et la typologie pour l'ensemble des masses d'eau a été révisée selon différents critères d'attribution relatif au type 2 :

- La fréquence des **échouages mixtes** (*i.e.* plus les échouages sont en mélange et plus ils sont caractéristiques d'échouages de type 2, avec l'arrachage d'autres algues que les algues vertes).
- L'étendue des **surfaces rocheuses** occupées sur la zone intertidale (*i.e.* **supérieure à 30%**).
- Capacité des algues d'arrachage à continuer une croissance sous forme dérivante dans un milieu propice dont la configuration des plages est équivalente aux critères des marées vertes de type 1.

En 2013, le CEVA a également effectué une campagne de prélèvements d'algues pour évaluer la diversité des espèces d'ulves le long du littoral normand (CEVA, 2014)<sup>2</sup> et décrire leur morphologie. Ces échantillons ont permis de mettre en évidence une prépondérance des algues de type « d'arrachage » par rapport aux algues en forme « libre » (Figure 5).

<sup>1</sup> Rossi, N. (2012). Domaine d'application et validation des grilles d'évaluation de la qualité des masses d'eau côtières et de transition élaborées dans le cadre de la DCE. Élément de qualité biologique «macroalgues opportunistes».

<sup>2</sup> CEVA (2014). Contrôle de surveillance DCE 2013. Suivi des blooms de macroalgues opportunistes. Rapport Final

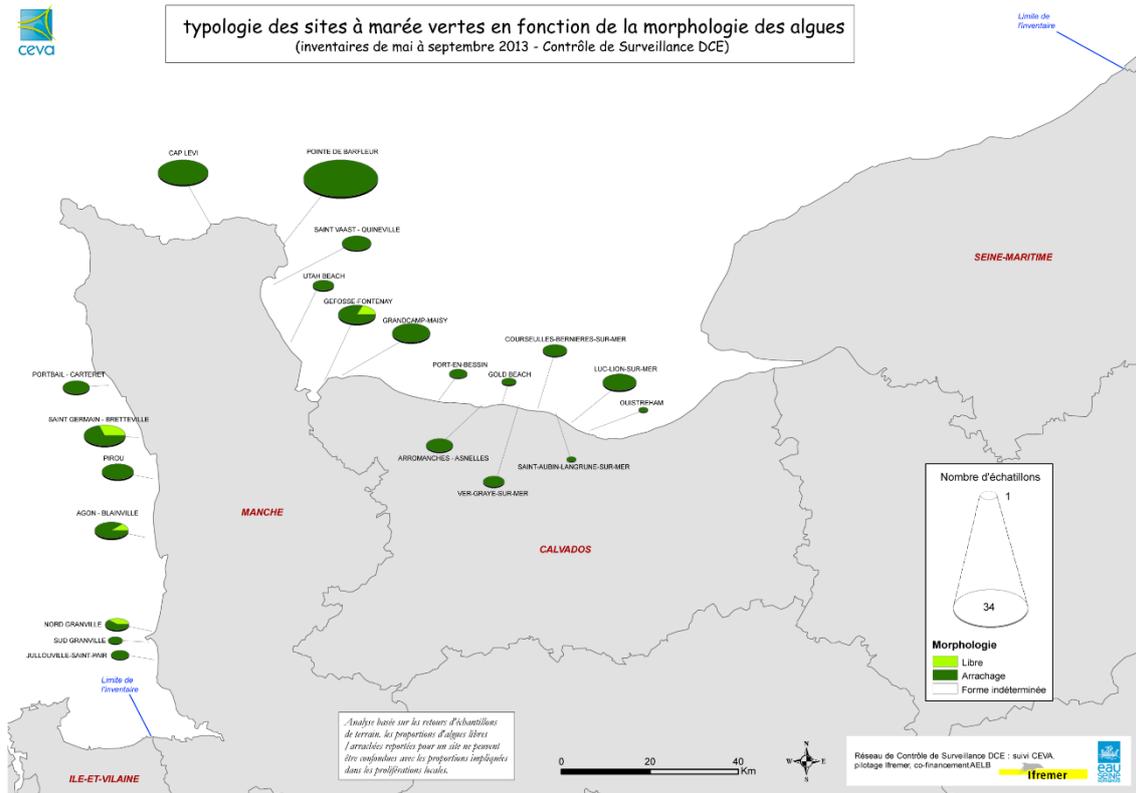


Figure 5. Comparaison des morphologie des algues vertes entre les formes libres et d'arrachage sur le littoral normand.

### 2.2.2.1. Marées vertes de type 1

Les marées vertes de type 1 correspondent à un développement massif d'ulves dérivantes dont la reproduction végétative se fait de manière libre dans la colonne d'eau. Ces cas de marées vertes se produisent dans les grandes baies sableuses et les dépôts d'algues se retrouvent à la fois flottants, formant un « rideau » au bord de l'eau, et échoués sur la plage. Pour les marées vertes de type 1, trois métriques ont été définies pour caractériser l'importance et la durée du bloom :

- **Métrique 1** : Pourcentage maximum de l'AIH (aire potentiellement colonisable) recouverte par les ulves.

Pour le calcul de cette métrique, la moyenne des maximums annuels de couverture algale (ha équi 100) est effectuée sur 6 ans. Lorsque les données ne sont pas disponibles sur 6 ans, la moyenne est calculée sur les années pour lesquelles des données existaient. La moyenne est ensuite divisée par l'AIH et multipliée par 100 pour avoir un résultat exprimé en pourcentage.

- **Métrique 2** : Pourcentage moyen de l'AIH recouverte par les ulves.

Pour le calcul de cette métrique, la moyenne des moyennes annuelles (moyennes des surfaces mesurées aux mois de mai, juillet et septembre) de couverture algale (ha équi 100) est effectuée sur 6 ans. La

moyenne est ensuite divisée par l'AIH et multipliée par 100 pour avoir un résultat exprimé en pourcentage.

- **Métrique 3** : Fréquence des dépôts d'ulves dont la surface excède 1,5 % de l'AIH.

Le calcul de cette métrique s'effectue en divisant le nombre de fois où la surface des dépôts d'algues vertes (ha équi 100) est représentative d'un état écologique moyen (surface > 1,5 % de l'AIH) par le nombre total d'inventaires effectués. Le résultat est ensuite multiplié par 100 pour obtenir un pourcentage.

Les seuils de chacune des métriques ont été définis à dire d'expert et selon l'historique des données, en considérant que le très bon état écologique est associé à la quasi absence d'ulves. Suite au processus européen d'intercalibration, les seuils entre le Bon Etat et le Très Bon Etat ont été revus en 2017 et sont présentés dans le tableau 2.

*Tableau 2. Détails des seuils affectés aux différentes métriques permettant d'évaluer la qualité écologique des masses d'eau touchées par les marées vertes de type 1.*

Métrique 1 (%)	Métrique 2 (%)	Métrique 3 (%)	EQR	Etat écologique
[0-0.5[	[0-0.25[	[0-10[	[1-0.8[	Très bon
[0.5-1.5[	[0.25-0.75[	[10-30[	[0.8-0.6[	Bon
[1.5-4[	[0.75-2[	[30-60[	[0.6-0.4[	Moyen
[4-10[	[2-5[	[60-90[	[0.4-0.2[	Médiocre
[10-100]	[5-100]	[90-100]	[0.2-0]	Mauvais

La liste des sites concernés par des marées vertes de type 1, pour le bassin Seine-Normandie, est récapitulée dans le tableau 1.

#### 2.2.2.2. Marées vertes de type 2

Les marées vertes de type 2 se produisent également majoritairement dans les grandes baies sableuses. Cependant, à la différence des marées vertes de type 1, les ulves ont eu une première phase de croissance fixée sur un platier rocheux puis elles ont été décrochées du substrat lors d'épisodes de tempêtes. Les algues ainsi arrachées se retrouvent échouées sur les plages, généralement à proximité des platiers rocheux. Trois métriques ont été décrites pour caractériser les marées vertes de type 2 :

- **Métrique 1** : Pourcentage des dépôts printaniers d'ulves (mai) par rapport à la surface de substrat rocheux.

Le mois de mai a été choisi car les échouages à cette période sont représentatifs du développement algal printanier sur les platiers rocheux. Cette métrique se calcule par la moyenne des surfaces algales de mai (ha équi 100) sur 6 ans. La moyenne est divisée par l'aire du substrat rocheux.

- **Métrique 2** : Pourcentage moyen des dépôts estivaux d'ulves (juillet-septembre) par rapport à la surface de substrat rocheux.

Cette métrique est dépendante du développement algal moyen ayant lieu sur les platiers rocheux au cours de la saison estivale et d'un apport excessif d'éléments nutritifs dans le milieu. Elle se calcule par la moyenne des moyennes des surfaces d'algues de juillet à septembre (en ha équi 100) sur 6 ans. La moyenne est divisée par l'aire du substrat rocheux.

- **Métrique 3** : Pourcentage maximum de substrat meuble touché par des échouages d'ulves.

Cette métrique permet de qualifier l'importance des échouages au niveau du substrat sableux au maximum annuel. Elle se calcule par la moyenne des maximums des surfaces algales en juillet et septembre (ha équi 100) sur 6 ans. La moyenne est ensuite divisée par l'aire du substrat sableux compris dans l'estran.

Les seuils de chacune des métriques ont été définis à dire d'expert et selon l'historique des données, en considérant que les algues vertes ne doivent représenter qu'une très faible proportion des algues qui se développent sur le substrat rocheux. Les critères de chaque métrique sont présentés dans le tableau 3.

*Tableau 3. Détails des seuils affectés aux différentes métriques permettant d'évaluer la qualité écologique des masses d'eau touchées par les marées vertes de type 2.*

Métrique 1 (%)	Métrique 2 (%)	Métrique 3 (%)	EQR	Etat écologique
[0-1[	[0-0.5[	[0-0.5[	[1-0.8]	Très bon
[1-2[	[0.5-1[	[0.5-1.5[	[0.8-0.6]	Bon
[2-10[	[1-5[	[1.5-4[	[0.6-0.4]	Moyen
[10-20[	[5-10[	[4-10[	[0.4-0.2]	Médiocre
[20-100]	[10-100]	[10-100]	[0.2-0]	Mauvais

La liste des sites concernés par des marées vertes de type 2, pour le bassin Seine-Normandie, est récapitulée dans le tableau 1.

#### Influence des types de marées vertes sur le calcul des indicateurs DCE

Un travail a été mené au CEVA en 2012 (Rossi, 2012)<sup>3</sup> afin d'appliquer la typologie de marées vertes associée aux masses d'eau bretonnes et normandes suivies dans le cadre de la DCE. Cette étude a comparé l'influence des métriques et des calculs selon les types 1 et 2 de marées vertes sur le résultat final de l'indice écologique (EQR) et le classement des masses d'eau (Tableau 4). Dans la majorité des cas, le calcul des marées vertes de type 2 est plus favorable pour l'évaluation de la qualité de la masse d'eau à platiers rocheux car la surface du substrat rocheux étant prise en compte, elle permet donc d'être plus représentatif du site concerné.

<sup>3</sup> Rossi, 2012. Domaine d'application et validation des grilles d'évaluation de la qualité des masses d'eau côtières et de transition élaborées dans le cadre de la DCE. Élément de qualité biologique «macroalgues opportunistes».

Tableau 4. Influence du type de marée verte sur le calcul de l'EQR DCE pour les masses d'eau bretonnes et normandes de type 2.

Code ME	Données utilisées	EQR Final Type 1	EQR Final Type 2
FRGC13	2006-2011	0.79	0.86
FRGC28	2006-2011	0.83	0.88
FRGC32	2006-2011	0.63	0.66
FRGC38	2006-2011	0.95	0.96
FRGC42	2006-2011	0.99	0.99
FRGC44	2006-2011	0.81	0.76
FRGC45	2006-2011	0.87	0.84
FRGC46	2006-2011	0.87	0.93
FRGC47	2008-2011	0.53	0.65
FRGC50	2008-2011	0.98	0.97
FRGC51	2008-2011	0.91	0.93
FRHC07	2008-2011	0.69	0.79
FRHC08	2008-2011	0.25	0.53
FRHC10	2008-2011	0.78	0.78
FRHC11	2008-2011	0.89	0.88

### 2.2.3. Enquêtes sur le ramassage

Un formulaire d'enquête a été envoyé à toutes les communes littorales de la Normandie en début d'année 2023. Il aborde les constatations d'échouages sur le littoral communal et les ramassages éventuellement entrepris : volume, type d'algue, coûts engendrés, moyens de ramassage et destination des algues. Notons les limites de ces enquêtes dont les résultats restent toutefois nécessaires à prendre en compte (éventuellement pour le suivi du SDAGE, mais aussi car ils peuvent, au moins sur certains sites, influencer les indicateurs surfaciques relevés par ailleurs). La qualité des données récoltées est en effet très variable : les volumes peuvent provenir d'estimations, ou être peu fiables en particulier lors de pratique de remise à la mer. Parfois, la proportion en algues vertes est difficilement quantifiée et les méthodes d'évaluation des coûts peuvent être hétérogènes selon les communes. Malgré cette variabilité, les informations relevées permettent d'appréhender dans les grandes lignes les volumes collectés et leur évolution au fil des ans. Le questionnaire envoyé aux communes est disponible en annexe 2. Depuis 2020, le CEVA a mis en place un questionnaire électronique en ligne accessible sur le site internet du CEVA (<https://www.ceva-algues.com/document/questionnaire-algues-vertes/>) afin de remplacer le questionnaire papier et faciliter les réponses et leur traitement.

#### 2.2.4. Fiches web

Depuis fin 2020 et en concertation avec l'Agence de l'Eau Seine Normandie, une carte interactive du littoral normand a été mise en ligne par le CEVA<sup>4</sup> et disponible également sur le site de l'Agence de l'Eau Seine-Normandie<sup>5</sup>. Des fiches récapitulatives relatives à chaque site suivi sur le littoral Seine-Normandie sont mises à disposition du grand public. Ces fiches ont pour but d'améliorer la diffusion et la valorisation des données acquises dans le cadre des missions de suivis des échouages d'algues en mettant à disposition les informations essentielles pour chaque site (*i.e.* photos aériennes et terrain, proportions moyennes des algues vertes, rouges, brunes, historiques des échouages, fréquence des échouages, localisation des dépôts, surfaces annuelles d'algues vertes, indice écologique des échouages de macroalgues).

### 2.3. Actions spécifiques programme RCO

#### 2.3.1. Littoral étudié RCO

Les campagnes aéroportées du programme RCO sont réalisées en **juin** et **août** afin de renforcer les suivis sur des sites classés (et considérés comme étant à risque de non atteinte des objectifs environnementaux) et de disposer d'informations mensuelles durant la période principale d'échouage (*e.g.* évolution interannuelle, durée et dynamique de la prolifération). Le suivi RCO concerne 9 sites répartis sur les côtes de la Manche et du Calvados (Tableau 1 et Figure 6) qui ont été sélectionnés en raison des surfaces et des occurrences d'échouages d'algues vertes relevées les années antérieures. Pour le suivi des échouages d'algues vertes, la méthodologie appliquée est celle décrite dans la partie 2.1.

<sup>4</sup> <https://www.ceva-algues.com/document/algues-vertes-en-normandie/>

<sup>5</sup> [http://www.eau-seine-normandie.fr/qualite-de-l-eau/qualite-des-eaux-littorales/surveillance\\_echouage\\_algues](http://www.eau-seine-normandie.fr/qualite-de-l-eau/qualite-des-eaux-littorales/surveillance_echouage_algues)

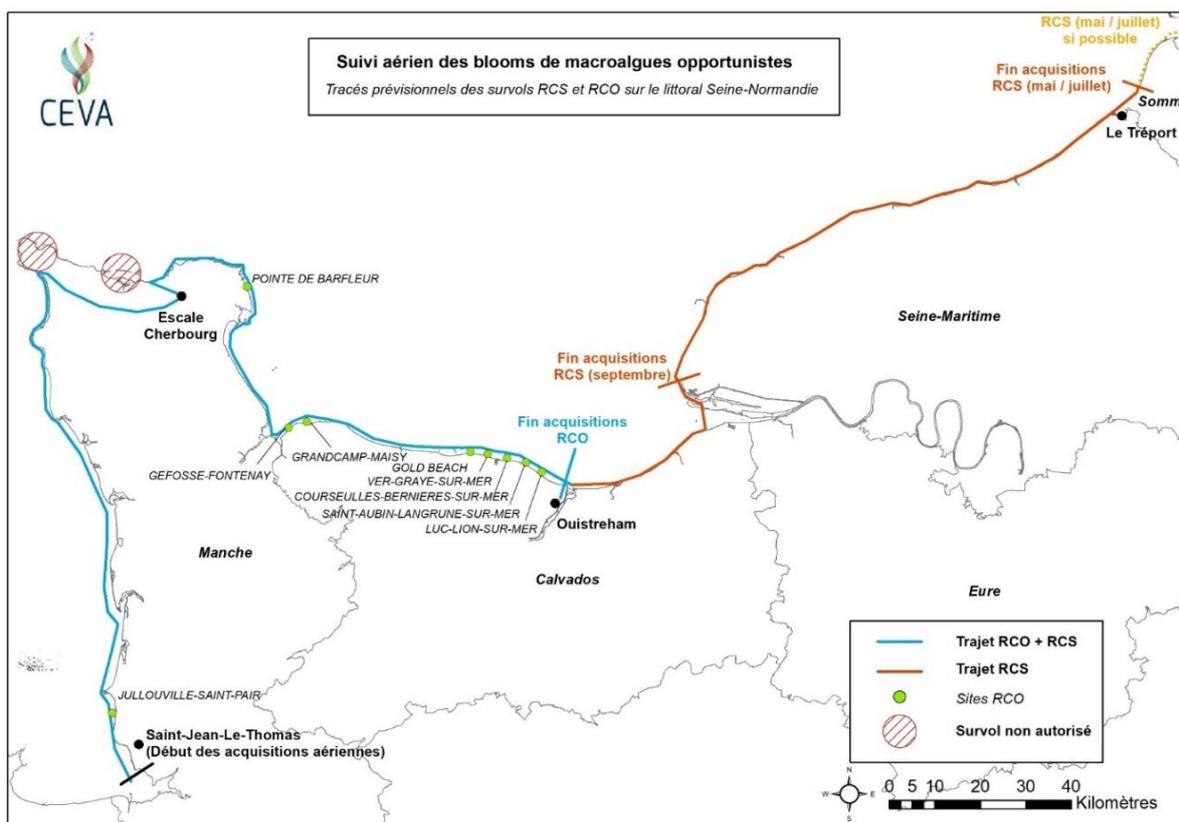


Figure 6. Cartographie des survols aériens effectués le long du littoral Seine-Normandie avec le parcours RCO (trajet bleu) et les 9 sites suivis et le parcours RCS (trajet bleu + orange).

### 2.3.2. Indices d'eutrophisation

#### Principe

La mesure du niveau d'eutrophisation des 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 et 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 apports d'azote (N) et de phosphore (P) sur la croissance des ulves en période estivale, en relation avec certains facteurs climatiques.

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

- d'établir un état de référence nutritionnel pour le degré d'eutrophisation atteint dans le site, en mesurant le niveau de saturation de la croissance des algues par les sels nutritifs. Ce niveau traduit aussi la sensibilité du site à des apports supplémentaires en sels nutritifs, comme sa résilience potentielle à des mesures préventives (en cas de sursaturation de la croissance) ;
- de mettre en place un indicateur de suivi pour contrôler en continu l'effet de mesures préventives sur le bassin versant. Cet effet peut s'observer sur la composition chimique des algues avant même de pouvoir être mesuré sur la croissance ou la biomasse 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.

Techniquement, cette méthode consiste à analyser l'évolution des teneurs en azote ou en phosphore des ulves, par rapport :

1. à des 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,
2. à des quotas de subsistance (notés  $Q_0N$  pour l'azote et  $Q_0P$  pour le phosphore) à partir desquels la croissance devient nulle (Dion et al., 1996).

Ces valeurs de quotas ont été consolidées à partir d'expérimentations réalisées au CEVA sur *Ulva sp.* (*Ulva lacinulata* précédemment *U. armoricana* ; CEVA 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 considéré que 80 à 100 % de la croissance maximale est maintenue au-dessus d'un quota critique ( $Q_1N$ ) de 2 % de la matière sèche (M.S), et que la croissance s'annule en-dessous d'un quota de subsistance ( $Q_0N$ ) de 1 % de la M.S.

Pour le phosphore, il est considéré que la croissance commence à être limitée en dessous de 0,12 % de la MS ( $Q_1P$ ) et qu'elle devient nulle en dessous de 0,05 % de la MS ( $Q_0P$ ).

Nous partons du postulat que les différentes espèces d'ulves, présentes sur les différents sites, possèdent les mêmes caractéristiques de quotas limitants qu'*Ulva armoricana*, espèce la plus répandue dans les proliférations d'ulves et qui est la seule à avoir fait l'objet d'investigations précises pour la détermination de ses quotas internes critiques et de subsistance.

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

Les algues ont été prélevées deux fois par mois entre début-mai et début-septembre, représentant donc un total de 9 campagnes de prélèvements pour chacun des 9 sites du suivi RCO. Ces points de prélèvements sont fixes et ont été déterminés d'après les suivis des années antérieures : zones présentant des échouages réguliers et des algues en bon état physiologique, avec un estran accessible pour les opérateurs.

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 (rideau). Sept à dix échantillons de 20 à 50 g (poids frais) ont été récoltés, à chaque fois que les quantités d'algues présentes le permettaient, à une dizaine de mètres les uns des autres, puis rassemblés en un seul lot dans un sac de prélèvement.

De retour au laboratoire, les lots ont été conditionnés : nettoyage dans un ou plusieurs bains d'eau de mer, rinçage rapide à l'eau distillée pour éliminer le sel, congélation des échantillons à -20 °C et lyophilisation. Avant chaque analyse, les lots ont été homogénéisés au broyeur. Chaque lot a fait l'objet d'une analyse sur matière sèche de l'azote Kjeldahl et du phosphore total. L'ensemble des dosages est réalisé par Upscience, laboratoire agréé COFRAC, sous-traitant du CEVA.



Enquêtes  
ramassage  
**Algues  
Vertes**

**Indicateur**  
Macroalgues  
Opportunistes  
**MAO**

Evaluation  
Surfacique  
**Algues  
Vertes**

**RCS**





### 3. RESULTATS RCS (Réseau de Contrôle de Surveillance)

#### 3.1. Campagnes aériennes et de terrain

Les 3 vols prévus en 2022 dans le cadre du RCS ont pu être réalisés lors des créneaux visés, lors des marées de vives eaux à la fin de chaque mois (Tableau 5), selon les critères recommandés (coefficient de marée >75, horaire +/- 45 min par rapport à l'heure de la basse mer, etc.). Pour les inventaires de mai et juillet, l'ensemble des sites suivis ont été photographiés en intégralité avec des clichés exploitables pour les traitements sous SIG lorsque cela est nécessaire (e.g. calage, détermination des surfaces des échouages). Cependant, au mois de septembre, les conditions météorologiques étaient instables sur le créneau de vol. Malgré des conditions convenables sur la globalité du littoral le jour du vol (24 septembre), la météo s'est dégradée brutalement en arrivant sur le secteur de Luc-Lion-sur-Mer. Ce dernier site n'a donc pas pu être observé en aérien, mais les observations terrain ont été renforcées et ajoutées à différents endroits habituellement sensibles pour évaluer la présence et/ou l'importance des échouages sur les plages.

Les observations et échantillonnages sur le terrain ont été réalisés rapidement à la suite des vols tels que préconisés dans la méthodologie de surveillance DCE. Cette réactivité entre les équipes en vol et les équipes de terrain est primordiale, notamment sur les côtes normandes où l'hydrodynamisme peut entraîner des déplacements importants et rapides des sédiments et des dépôts d'algues, parfois à l'échelle de temps d'une marée. Les observations terrain ont permis d'élaborer 52, 60 et 65 fiches de synthèse pour les mois de mai, juillet et septembre respectivement. Ces fiches fournissent des détails sur tous les dépôts qui ont nécessité une vérification *in situ* et peuvent donc correspondre à plusieurs observations différentes pour un même site.

*Tableau 5. Dates des acquisitions aériennes et des observations terrain pour les inventaires RCS de l'année 2022.*

Inventaire RCS	Date du vol	Coefficient de marée	Littoral survolé	Date des observations <i>in situ</i>	Nombre de fiches réalisées
MAI	29/05/2022	76	Saint-Jean-le-Thomas > Le Tréport	30/05 au 02/06/2022	52
JUILLET	29/07/2022	74	Saint-Jean-le-Thomas > Baie de Somme	30/07 au 01/08/2022	60
SEPTEMBRE	24/09/2022	78	Saint-Jean-le-Thomas > Saint-Aubin	25-26 /09/2022	65

## 3.2. Classement des sites

### 3.2.1. Dénombrement des sites concernés

Le classement des sites, qui est notamment basé sur une proportion d'ulves jugée « anormale » (supérieure à 30%) dans un échouage identifié par avion, est particulièrement sensible sur le littoral Seine-Normandie qui présente des échouages souvent mixtes (mélanges d'algues vertes, rouges, brunes). En 2022, quelques sites ou secteurs (exemple : certaines plages ou criques le long du site de Barfleur) n'ont pas été classés ou traités malgré la présence d'échouages massifs dominés par d'autres types d'algues que les algues vertes lorsqu'elles représentaient moins de 30 % de l'échouage.

Pour l'ensemble des 3 inventaires du RCS 2022, sur les 33 sites du littoral Seine-Normandie, **19 sites ont été classés au moins 1 fois** comme concernés par des échouages d'ulves (Tableau 6), ce qui correspond approximativement à la moyenne interannuelle depuis 2008 (18,5 sites). Parmi ces sites, **5 ont été classés une seule fois, 7 sites ont été classés à 2 reprises et 7 sites ont été classés pour chacun des 3 inventaires**. Depuis le début des suivis, le nombre de sites classés varie entre 14 sites au minimum pour l'année 2008 et 23 sites au maximum pour l'année 2020 (Figure 7A). En comparant le nombre total de classement (un même site peut être classé plusieurs fois dans la saison), l'année 2022 se situe au niveau de la moyenne interannuelle (40 sites) avec les **40 classements au total** sur les 3 inventaires. Sur toute la période, le nombre de sites classés au cours d'une année varie de 29 classements en 2008 à 48 classements en 2017 (Figure 7B). Un des indicateurs pour estimer la précocité et la durée des événements des marées vertes est le nombre de sites classés en mai et en septembre par rapport à la moyenne interannuelle. En moyenne sur les 14 dernières années de suivi, 11 sites ont été classés en mai, environ 15 en juillet et 14 en septembre (Figure 7C). Les 8 années, dont 2022, pour lesquelles le nombre de sites classés en mai a été supérieur à la moyenne interannuelle peuvent être qualifiées de précoces avec des échouages d'algues répartis sur plusieurs sites le long de la côte dès le début de saison. Cependant, pour l'année 2022, la notion de précocité est à nuancer car les prises de vues aériennes ont été réalisées sur les créneaux de marées de vives eaux à la fin du mois de mai (29/05/2022). En effet, en raison du décalage des marées d'une année sur l'autre et comme pour les années 2010, 2014, 2018 et 2021, les créneaux d'acquisition de l'année 2022 correspondaient aux marées de vives eaux à la fin de chaque mois. Pour ces 5 années, les données du mois de mai sont donc comparables aux données acquises au début du mois de juin pour les autres années.

D'autre part, les 8 années pour lesquelles le nombre de sites touchés par des échouages a été supérieur à la moyenne interannuelle, peuvent être qualifiées de tardives. L'année 2022 ne figure pas parmi ces années tardives en termes de nombre de sites classés pour le mois de septembre. En revanche, les années 2019 et 2021, considérées comme tardive, le sont d'autant plus par rapport aux autres années puisque les acquisitions ont été effectuées fin septembre.

Les sites classés pour l'année 2022 se répartissent principalement à partir de l'est Cotentin (Pointe de Barfleur) et le Calvados (jusqu'à Ouistreham) avec la plupart des sites touchés à plusieurs reprises au cours de l'année. La côte ouest Cotentin ainsi que les côtes de la Seine-Maritime sont davantage épargnées par des échouages massifs d'algues vertes. Seuls les sites de Jullouville-Saint-Pair et Granville (dans la continuité de Jullouville) sont parfois concernés par des échouages d'algues vertes plus ou moins denses (Figure 8).

Tableau 6. Récapitulatif des sites classés en 2022 pour les 3 inventaires de mai, juillet et septembre du RCS Seine-Normandie.

Sites	Inventaire	Inventaire	Inventaire	Occurrence 2022	Rappels		Occurrences 2019
	MAI	JUILLET	SEPTEMBRE		2021	2020	
St-Jean-Le-Thomas						1	
Jullouville-Saint-Pair				2	2	2	2
Sud Granville				1	2	1	2
Nord Granville						1	
Brehal - Annoville							
Agon - Blainville							
Pirou							
Saint Germain - Bretteville							
Portbail - Carteret							
Rozel							
Flamanville							
Siouville-Dielette						1	
Le Becquet				3	3	3	2
Cap Levi				1	2	3	1
Pointe De Barfleur				3	3	3	3
Saint Vaast - Quineville				2	2	1	1
Utah Beach				1	1	1	1
Gefosse-Fontenay				3	2	2	3
Grandcamp-Maisy				3	3	1	3
Omaha Beach				1	2		
Port-En-Bessin				3	3		3
Arromanches - Asnelles				2	3	1	2
Gold Beach				2	3	1	3
Ver-Graye-Sur-Mer				2	3	2	2
Courseulles-Bernieres-Sur-Mer				3	3	3	3
Saint-Aubin-Langrune-Sur-Mer				3	3	3	3
Luc-Lion-Sur-Mer				2	3	3	3
Ouistreham				2	2	1	2
Houlgate						1	
Villers-sur-Mer				1			
Villerville					2	1	2
Yport						1	
Saint-Pierre-en-Port						2	1
<b>TOTAL</b>	<b>13</b>	<b>17</b>	<b>10</b>	<b>40</b>	<b>47</b>	<b>39</b>	<b>42</b>

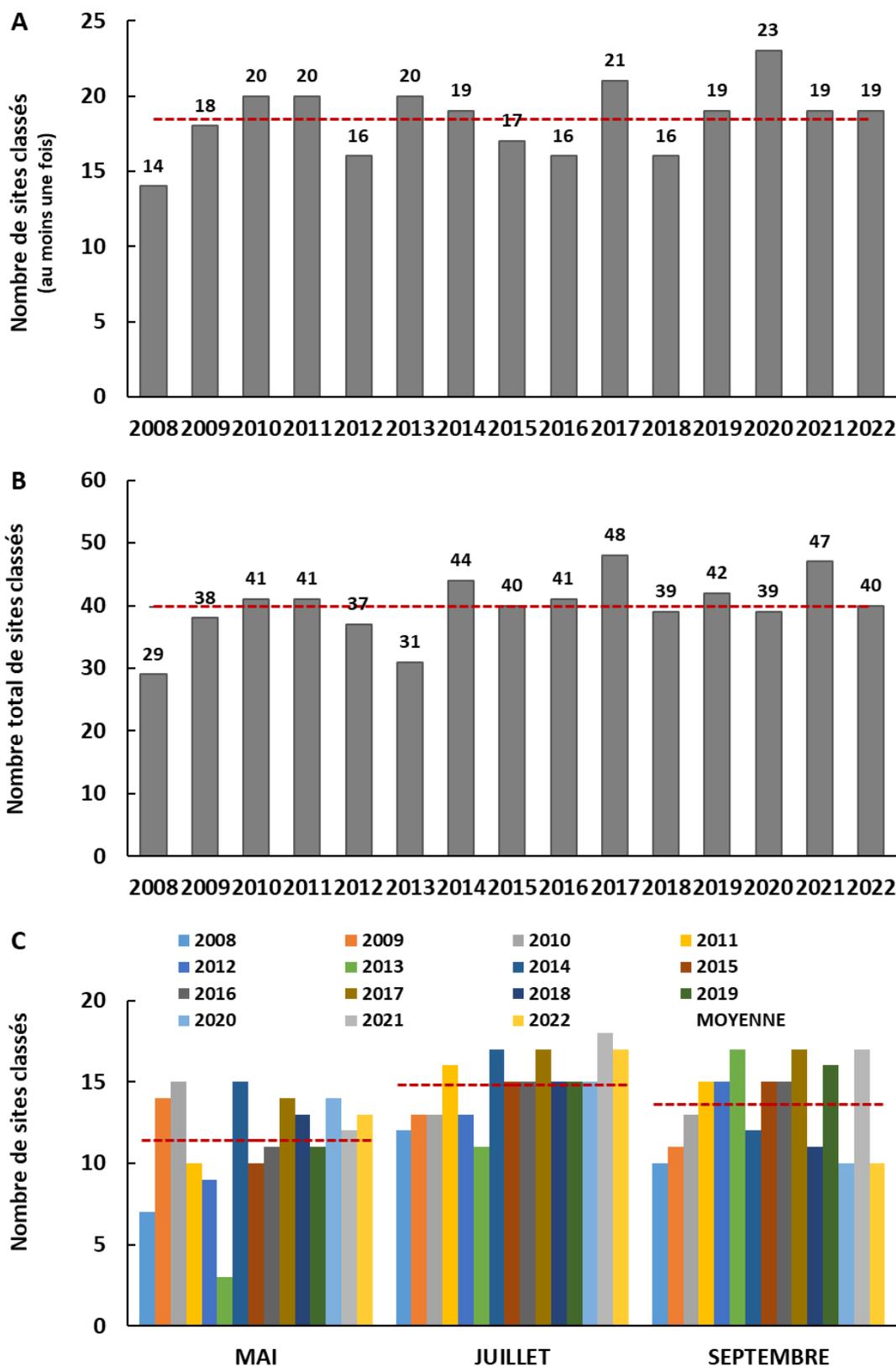


Figure 7. (A) Nombre de sites classés au moins une fois entre 2008 et 2022 sur le littoral Seine-Normandie. (B) Nombre total de classements par année, entre 2008 et 2022. (C) Détail du nombre de classement par inventaire et par année de suivi entre 2008 et 2022. Les lignes en pointillés rouges représentent la moyenne entre 2008 et 2022.

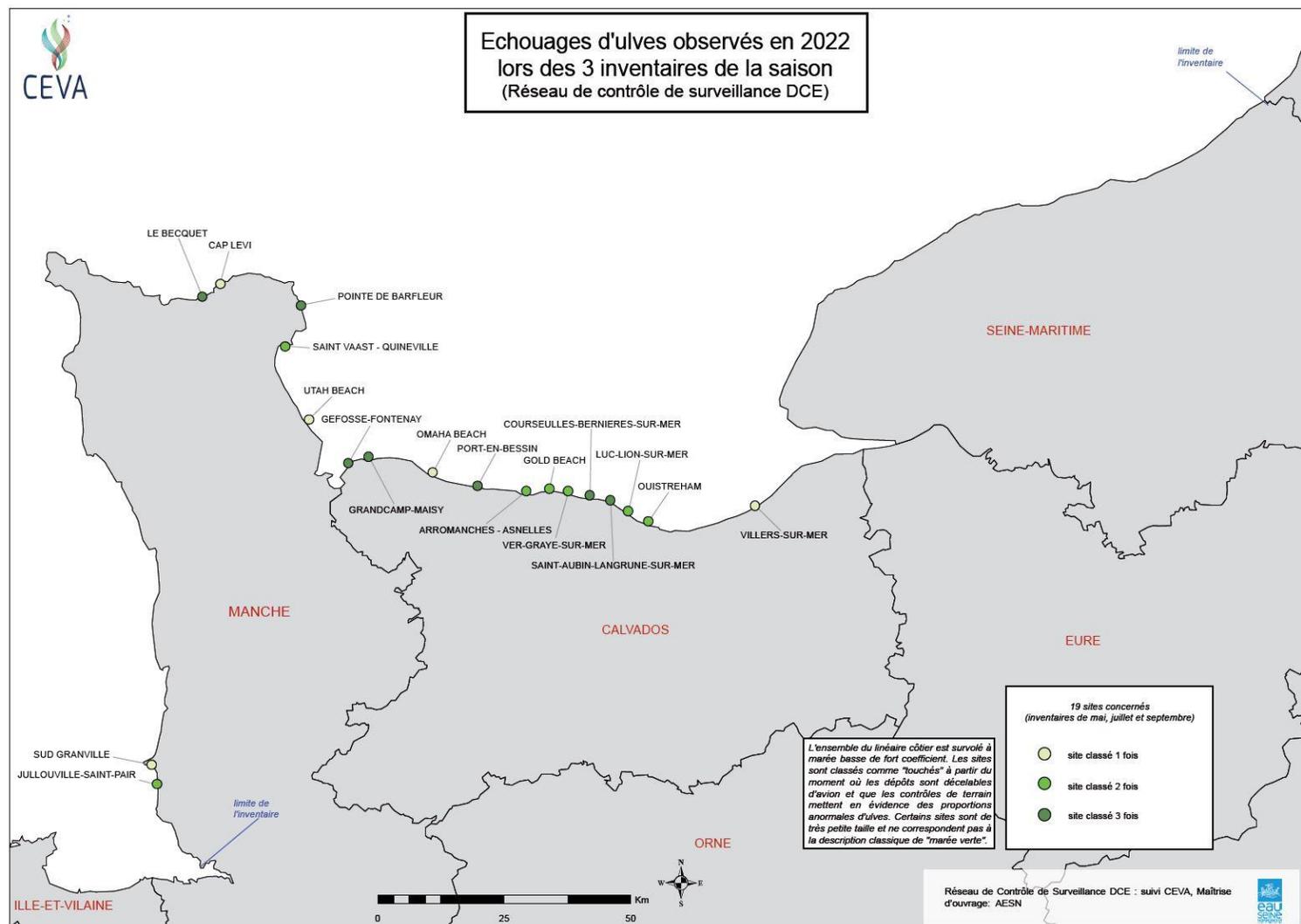


Figure 8. Répartition des sites classés et leurs occurrences sur les 3 inventaires de mai, juillet et septembre du RCS 2022.

### 3.2.2. Evolution visuelle des échouages

Au cours de la saison 2022, 7 sites ont régulièrement été touchés par des échouages d'ulves impliquant un classement en « site concerné » pour les 3 inventaires de mai à septembre et pour lesquels un aperçu visuel et temporel est donné dans les figures 9 à 15 ci-dessous. Les pourcentages de recouvrement correspondent aux observations du dépôt réalisées sur le terrain pour chaque type d'algues (brunes, rouges, vertes) sans considérer les espèces, tandis que la surface globale (en hectares équivalents 100%) comprend uniquement les ulves pour tous les dépôts digitalisés sur l'ensemble du site en question. Les proportions d'algues brunes, rouges, vertes présentées sont le résultat d'une moyenne sur plusieurs observations réalisées pour un même site. Elles peuvent être variables entre les sites ainsi que pour un même site selon le mois d'inventaire. La localisation des dépôts est également variable au sein d'un site et pour le même inventaire. Pour les autres sites qui n'ont pas été classés, la proportion en algues vertes dans les dépôts était insuffisante ou la biomasse était négligeable.

## Le Becquet



Figure 9. Récapitulatif de l'évolution des échouages d'algues vertes et des dépôts d'ulves sur le site du Becquet (port) pour l'année 2022.

### Pointe de Barfleur



Figure 10. Récapitulatif de l'évolution des échouages d'algues vertes et des dépôts d'ulves sur le site de la Pointe de Barfleur (port) pour l'année 2022.

### Gefosse-Fontenay

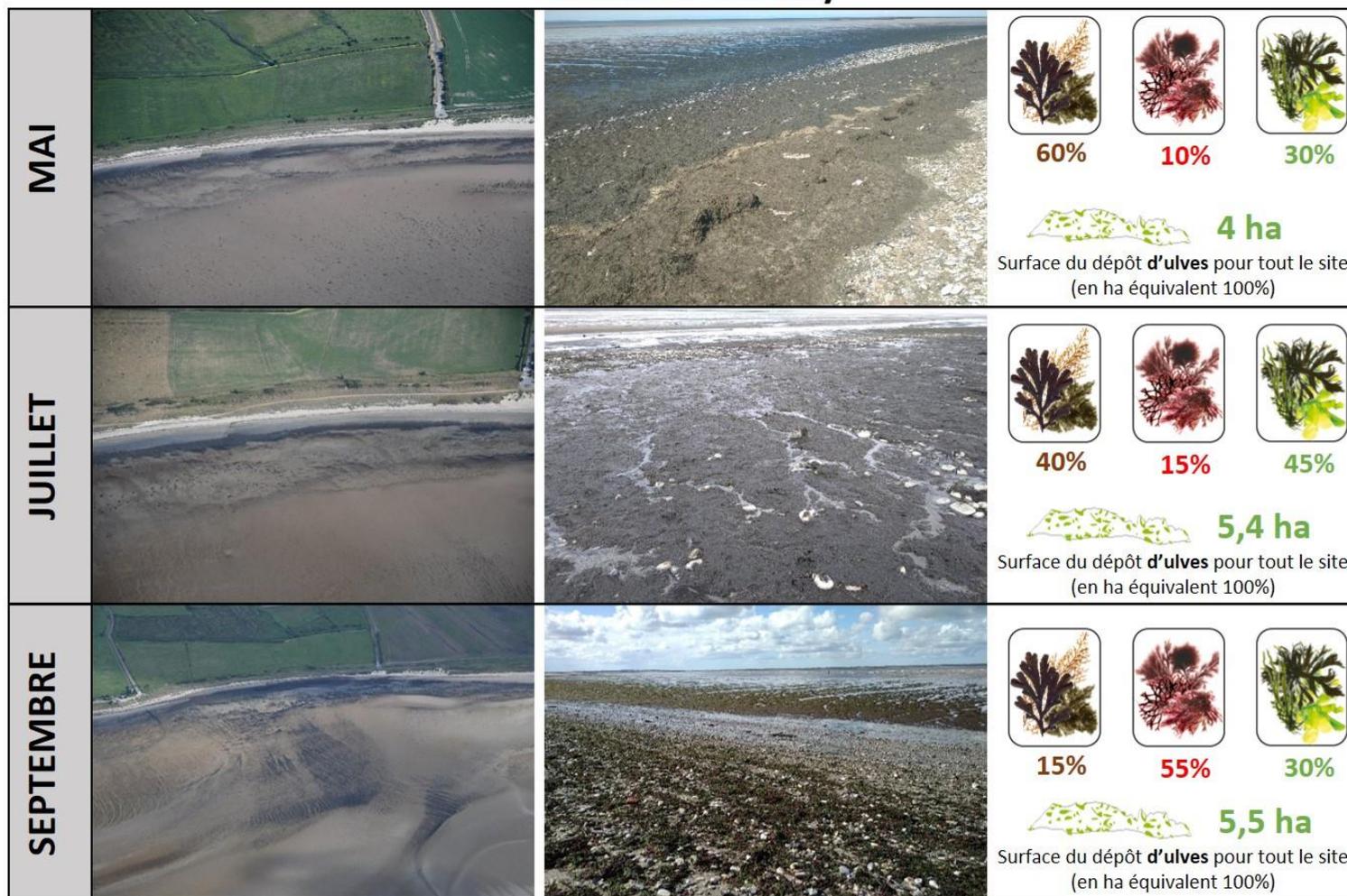


Figure 11. Récapitulatif de l'évolution des échouages d'algues vertes et des dépôts d'ulves sur le site de Gefosse-Fontenay pour l'année 2022.

## Grandcamp-Maisy



Figure 12. Récapitulatif de l'évolution des échouages d'algues vertes et des dépôts d'ulves sur le site de Grandcamp-Maisy pour l'année 2022.

## Port-en-Bessin



Figure 13. Récapitulatif de l'évolution des échouages d'algues vertes et des dépôts d'ulves sur le site de Port-en-Bessin pour l'année 2022.

### Courseulles-Bernières-sur-Mer



Figure 14. Récapitulatif de l'évolution des échouages d'algues vertes et des dépôts d'ulves sur le site de Courseulles-Bernières-sur-Mer pour l'année 2022.

### Saint-Aubin-Langrune-sur-Mer



Figure 15. Récapitulatif de l'évolution des échouages d'algues vertes et des dépôts d'ulves sur le site de Saint-Aubin-Langrune-sur-Mer pour l'année 2022.

### 3.2.3. Echouages d'autres algues

#### 3.2.3.1. Algues brunes / rouges

Les dépôts d'algues localisés sur les côtes normandes sont régulièrement caractérisés par un mélange plus ou moins homogène d'algues brunes, rouges, vertes. Sans dominance des ulves, le site n'est pas classé et donc non considéré dans le cadre du suivi DCE. De façon générale sur la côte ouest du Cotentin entre Granville et Siouville, les échouages observés sont composés d'algues brunes arrachées. Ce linéaire côtier est en effet caractérisé par de grandes plages de sable fin avec moins de platiers rocheux favorables à la croissance des algues vertes. Dans la laisse de mer des algues vertes peuvent être retrouvées mais souvent sous forme filamenteuse et non des ulves en lame, caractéristiques des marées vertes.

Sur la saison 2022, plusieurs occurrences d'échouages d'autres algues pourraient être considérées comme des proliférations. Cela a été notamment le cas au mois de mai sur le secteur de Saint-Vaast-la-Hougue et Gefosse-Fontenay avec des échouages de *Pylaiella* et parfois en mélange avec des algues vertes filamenteuses (Figure 17A). En juillet, des dépôts vastes ont été observés en aérien sur le site d'Agon – Blainville. Ces échouages, situés en bas d'estran ne présente aucun indice visible de la présence d'algues vertes et correspondent plutôt à des algues brunes de type Ectocarpales (Figure 17B). Enfin, en septembre, plusieurs plages sur le site de Cap Lévi au nord du Cotentin ont été impactées par des échouages clairement de couleur rouge, probablement de type *Plocamium* (Figure 17C).

Sur la côte de Nacre, qui est davantage touché par des échouages d'algues vertes que les côtes ouest et nord du Cotentin, des échouages massifs dominés par des algues rouges et brunes peuvent également être observés, notamment comme cela a été le cas sur le site d'Arromanches – Asnelles en septembre 2022 (Figure 16). Ces types d'échouage, malgré leur importance, ne permettent pas de classer les sites comme touchés par les algues vertes de type ulves et ne sont donc pas pris en compte dans ces suivis.

Néanmoins, ces dépôts plus ou moins denses et plus ou moins en mélange peuvent également se décomposer sur les plages s'ils ne sont pas repris par les marées. Malgré l'absence d'algues vertes, leur décomposition occasionne des perturbations sur le milieu (putréfaction, dégagement d'H<sub>2</sub>S, sédiment noirci...).



Figure 16. Photographies aériennes et de terrain des dépôts d'algues sur le site d'Arromanches – Asnelles au mois de septembre 2022.



Figure 17. Photographie aérienne et observation de terrain des échouages d'autres algues. (A) Prolifération de *Pylaiella* sur le secteur de Saint-Vaast-la-Hougue au mois de mai. B) Prolifération d'*Ectocarpales* sur Agon – Blainville au mois de juillet. C) Prolifération d'algues rouges (probablement type *Plocamium*) sur Cap Lévi au mois de septembre.

Au cours de l'année 2022, à la demande de l'Agence de l'Eau Seine-Normandie, une action a été menée sur le terrain pour identifier plus précisément les algues rouges retrouvées dans des échouages sur 3 sites qui présentent régulièrement des dépôts de ce type (Barfleur, Grandcamp-Maisy, Gold Beach/Arromanches – Asnelles). La diversité sur ces sites a été analysée sur la période estivale, de juin à septembre. Une liste d'une quarantaine d'espèces différentes a été établie avec des espèces communes entre ces sites et qui peuvent être retrouvées à chaque mois échantillonné (Tableau 7).

*Tableau 7. Liste des espèces identifiées dans les prélèvements des échouages majoritairement composés d'algues rouges pour les 3 sites de Barfleur, Grandcamp-Maisy et Gold Beach dans le cadre de l'étude de prospection de la diversité des algues rouges échouées.*

BARFLEUR	GOLD BEACH	GRANDCAMP-MAISY
<i>Aglaothamnion sp.</i>	<i>Calliblepharis ciliata</i>	<i>Calliblepharis ciliata</i>
<i>Bornetia secundiflora</i>	<i>Caulacanthus okamuræ</i>	<i>Calliblepharis jubata</i>
<i>Calliblepharis jubata</i>	<i>Ceramium sp.</i>	<i>Callithamnion spp.</i>
<i>Caulacanthus okamuræ</i>	<i>Chondracanthus acicularis</i>	<i>Ceramium ciliatum</i>
<i>Ceramium echionotum</i>	<i>Chondrus crispus</i>	<i>Ceramium sp.</i>
<i>Ceramium sp.</i>	<i>Cryptopleura ramosa</i>	<i>Chondracanthus acicularis</i>
<i>Chondracanthus acicularis</i>	<i>Dictyota dichotoma</i>	<i>Chondrus crispus</i>
<i>Chondrus crispus</i>	<i>Dilsea carnosa</i>	<i>Cladostephus spongiosus</i>
<i>Chylocladia verticillata</i>	<i>Fucus serratus</i>	<i>Cryptopleura ramosa</i>
<i>Cryptopleura ramosa</i>	<i>Fucus vesiculosus</i>	<i>Dictyota dichotoma</i>
<i>Dictyota dichotoma</i>	<i>Gracilaria sp.</i>	<i>Gelidium pulchellum</i>
<i>Dilsea carnosa</i>	<i>Halidrys siliquosa</i>	<i>Gracilaria bursa pastoris</i>
<i>Gracilaria sp.</i>	<i>Heterosiphonia plumosa</i>	<i>Gracilaria sp.</i>
<i>Halopithys incurva</i>	<i>Metacallophyllis laciniata</i>	<i>Halopithys incurva</i>
<i>Heterosiphonia plumosa</i>	<i>Palmaria palmata</i>	<i>Heterosiphonia plumosa</i>
<i>Laurencia sp.</i>	<i>Plocamium sp.</i>	<i>Metacallophyllis laciniata</i>
<i>Mastocarpus stellatus</i>	<i>Polysiphonia sp.</i>	<i>Nitophyllum punctatum</i>
<i>Metacallophyllis laciniata</i>	<i>Porphyra purpurea</i>	<i>Plocamium sp.</i>
<i>Nitophyllum punctatum</i>	<i>Sargassum muticum</i>	<i>Polyides rotunda</i>
<i>Osmundea sp.</i>	<i>Spyridia sp.</i>	<i>Rhodophyllis divaricata</i>
<i>Palmaria palmata</i>	<i>Ulva sp.</i>	<i>Sargassum muticum</i>
<i>Phyllophora pseudoceranoides</i>		<i>Sphaerococcus coronopifolius</i>
<i>Plocamium sp.</i>		<i>Ulva sp.</i>
<i>Polyides rotunda</i>		
<i>Polysiphonia sp.</i>		
<i>Sargassum muticum</i>		
<i>Sphaerococcus coronopifolius</i>		
<i>Ulva sp.</i>		
<i>Vertebrata fructiculosa</i>		
<i>Vertebrata sp.</i>		

Les espèces les plus représentées dans les échouages en termes d'occurrence et/ou d'abondance sont *Cryptopleura ramosa*, *Metacallophyllis laciniata*, *Heterosiphonia plumosa*, *Ceramium ciliatum*/*Ceramium sp.*, *Palmaria palmata*, *Sphaerococcus coronopifolius* et *Dilsea carnosa*.

### 3.2.4. Sargasses

En plus des échouages massifs d'algues vertes, rouges ou brunes décrit ci-dessus, le littoral normand est également parfois impacté par des échouages massifs de Sargasses (*Sargassum muticum*) qui colonisent les platiers rocheux et les surfaces sableuses à sédiments grossiers, notamment dans les zones qui restent immergées à marée basse. Ces algues brunes ont une croissance importante formant de longues lanières qui affleurent à la surface de l'eau et qui peuvent envahir certaines mares intertidales (Figure 18). Lors des tempêtes ces algues peuvent être arrachées et s'échouer sur les plages.



Figure 18. Photographie d'une mare intertidale colonisée par des Sargasses qui affleurent à la surface de l'eau dans le secteur de Bréhal.

Sur la saison 2022, quelques échouages épars de Sargasses ont été observés sur les plages avec des biomasses relativement faibles, notamment sur les secteurs de Courseulles-Bernières-sur-Mer et de Saint-Aubin-Langrune-sur-Mer (Figure 19). Au cours de la saison, d'autres relevés terrain indiquent la présence avérée de Sargasses (entières ou parfois juste les flotteurs qui se sont décrochés du thalle) comme sur les sites de Bréhal, Bretteville, Gold Beach (plage Le Paisty Vert), Barfleur et Utah Beach mais dans des proportions négligeables. Les échouages observés sont principalement composés d'un mélange d'algues rouges, vertes et brunes dont des fucales et Sargasses. Ces échouages en mélange sont probablement le résultat d'arrachages survenus après des épisodes de fortes houles et de vents violents.



Figure 19. Observation d'échouages de Sargasses en haut de plage dans les secteurs de Courseulles-Bernières-sur-Mer et Saint-Aubin-Langrune-sur-Mer.

### 3.2.5. Echouages « à risque »

Les échouages, qu'ils soient majoritairement composés d'ulves ou d'autres types d'algues, peuvent, lorsqu'ils s'accumulent pendant plusieurs jours, engendrer des nuisances visuelles, olfactives et finir par se décomposer en entraînant des émanations de gaz  $H_2S$  qui peuvent être toxiques.

Cette année, le principal site concerné par des dépôts à risque, comme cela est régulièrement observé, a été le site de Gefosse-Fontenay, dont les dépôts en haut de plage se sont rapidement décomposés dès le mois de mai (Figure 20). Des figures de sédiment et d'écoulements noirs ont été observées avec la présence d'échouages d'algues dont l'identification était impossible. Les odeurs de putréfaction se ressentaient dès l'arrivée sur le haut de plage et les détecteurs d' $H_2S$  ont mesurés jusqu'à 7 ppm à hauteur d'homme au-dessus du sédiment ou du dépôt.

Au Havre de Roubarry sur le site de Barfleur, une valeur d'environ 1,5 ppm a été mesurée à hauteur d'homme au-dessus d'un dépôt d'algues qui semblent relativement frais, sans véritable signes de décomposition. Tout au long de la saison, à plusieurs reprises, des dépôts dégagant de fortes odeurs caractéristiques d'une décomposition ont été signalés mais sans détection de dégagement d' $H_2S$ . Ces situations ont été reportées sur les sites déjà identifiés ci-dessus, sur d'autres plages, ainsi que sur d'autres sites tels que Luc-Lion-sur-Mer et Grandcamp-Maisy.



Figure 20. Photo aérienne du dépôt en décomposition sur le site de Géfosse-Fontenay le 29 mai 2022 et des observations terrain effectuées les jours suivants.

### 3.3. Estimation quantitative surfacique

#### 3.3.1. Evolution saisonnière des échouages d'ulves pour le suivi RCS 2022

Le suivi annuel de la prolifération d'ulves comprend le recensement du nombre de sites concernés par des échouages massifs d'ulves qui permet d'avoir un indicateur sur l'étendue de la marée verte (pour savoir quels sites sont touchés et si de nouveaux sites apparaissent), mais ne permet pas d'évaluer l'ampleur de celle-ci. Pour cela, les surfaces d'estran recouvertes par des échouages d'ulves sont estimées après chaque vol pour les sites classés. Cet indice surfacique permet d'établir des comparaisons intra- et inter-annuelles pour chaque inventaire et chaque site. L'unité choisie pour les comparaisons des surfaces est l'hectare en équivalent 100% de recouvrement en ulves. Les surfaces des inventaires de mai, juillet et septembre pour l'année 2022, ainsi que le cumul et le maximum annuel est présenté dans le tableau 8 pour chacun des sites classés. Aux mois de mai et septembre, aucun site ne se détache complètement avec des échouages importants, les surfaces en ulves restent relativement modérées. Au mois de juillet, seul le site de Courseulles-Bernières-sur-Mer semble impacté des surfaces d'échouages plus élevées avec 19,5 ha (maximum annuel observé), mais qui, en comparaison avec d'autres années plus denses, ne représentent pas des surfaces exceptionnelles (record atteint en juin 2021 avec 54 ha). Pour ce site-là, l'un des plus gros contributeurs, les surfaces annuelles cumulées sur les 3 inventaires sont parmi les plus faibles avec les années 2009 (20,3 ha), 2010 (18,6 ha) et 2020 (36,7 ha), en comparaison du maximum atteint en 2019 avec 90 ha. Le cumul annuel est très variable selon les sites avec des surfaces minimales inférieures à 1 ha pour les sites de Sud Granville, Cap Lévi et Villers-sur-Mer et jusqu'à **35,3 ha** pour le site de Courseulles-Bernières-sur-Mer. Au total, sur les 3 inventaires, seulement 144,5 ha d'échouages ont été digitalisés. C'est l'année la plus faible en termes d'échouages d'algues vertes sur ce littoral avec 42,2 ha au mois de mai, 67 ha au mois de juillet et 35,2 ha au mois de septembre. La Pointe de Barfleur, Gefosse-Fontenay, Grandcamp-Maisy, Courseulles-Bernières-sur-Mer et Luc-Lion-sur-Mer font partie des sites les plus touchés en 2022.

En revanche la plupart des sites sur la côte ouest du Cotentin sont relativement dépourvus d'échouages d'ulves. Des échouages d'algues brunes sont observés avec parfois un mélange avec quelques algues vertes mais les proportions ne permettent pas de qualifier ces dépôts en tant que marées vertes. Les sites proches de l'estuaire de la Seine sont également pauvres en échouages d'algues vertes avec cependant le site Villers-sur-Mer qui a été classé au mois de juillet en raison de quelques échouages visiblement vert en aérien et dont les figures étaient caractéristiques d'échouages d'ulves. Les surfaces de ces dépôts ne sont par contre pas très élevées et ils ont rapidement été repris lors des pleines mers suivantes. En Seine-Maritime, les sites de Yport et Saint-Pierre-en-Port ont été surveillés mais les dépôts localisés sur les plages ne semblaient pas remplir les critères définis pour qualifier un échouage d'algues vertes.

*Tableau 8. Surfaces estimées en ulves lors des 3 inventaires de l'année 2022 pour tous les sites classés. Les surfaces sont exprimées en hectares équivalent 100 %.*

Sites	Mai (ha)	Juillet (ha)	Septembre (ha)	Cumul annuel (ha)	Maximum annuel (ha)
<b>St-Jean-Le-Thomas</b>					
Jullouville-Saint-Pair		1,6	0,6	2,3	1,6
Sud Granville			0,4	0,4	0,4
Nord Granville					
Brehal - Annoville					
Agon - Blainville					
Pirou					
Saint Germain - Bretteville					
Portbail - Carteret					
Rozel					
Flamanville					
Siouville-Dielette					
Le Becquet	0,6	0,3	0,2	1,1	0,6
Cap Levi	0,2			0,2	0,2
Pointe De Barfleur	7,8	8,6	9,0	25,4	9,0
Saint Vaast - Quineville		0,4	3,8	4,2	3,8
Utah Beach		2,5		2,5	2,5
Gefosse-Fontenay	4,0	5,4	5,5	14,9	5,5
Grandcamp-Maisy	6,9	5,9	5,5	18,3	6,9
Omaha Beach		1,2		1,2	1,2
Port-En-Bessin	0,3	0,6	0,2	1,1	0,6
Arromanches - Asnelles	3,2	3,6		6,8	3,6
Gold Beach	2,2	5,2		7,4	5,2
Ver-Graye-Sur-Mer	2,2	1,0		3,2	2,2
Courseulles-Bernières-Sur-Mer	8,8	19,5	6,9	35,3	19,5
Saint-Aubin-Langrune-Sur-Mer	0,8	1,8	3,1	5,8	3,1
Luc-Lion-Sur-Mer	4,4	7,3		11,7	7,3
Ouistreham	0,8	1,5		2,3	1,5
Houlgate					
Villers-sur-Mer		0,5		0,5	0,5
Villerville					
Yport					
Saint-Pierre-en-Port					
<b>TOTAL</b>	<b>42,2</b>	<b>67,0</b>	<b>35,2</b>	<b>144,5</b>	

Tout comme en 2020 (année faible), l'année 2022 est représentée par de nombreux sites avec des surfaces de dépôts inférieures à 5 ha et aucun site avec d'importants échouages couvrant plus de 40 ha (Figure 21). Sur les 33 sites suivis, 19 ont été impactés par des échouages mais 14 d'entre eux ont des surfaces inférieures à 10 ha et seulement 5 sites présentent des surfaces modérées entre 10 et 40 ha, dont Courseulles-Bernières-sur-Mer et La Pointe de Barfleur qui comportent respectivement 35,3 et 25,4 ha.

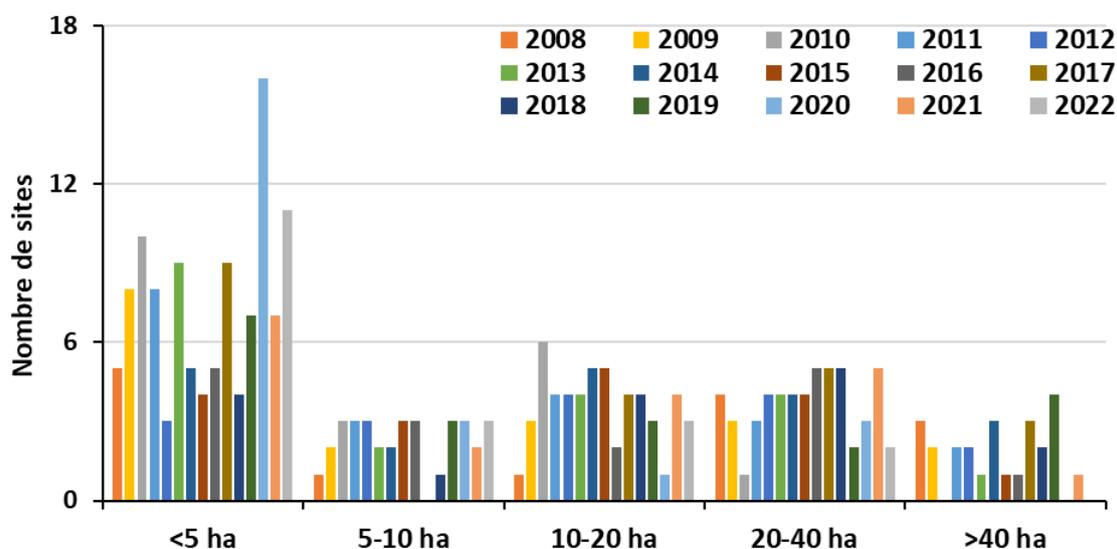


Figure 21. Répartition des sites concernés par des échouages d’ulves par classe de surface (en ha équivalent 100%) de couverture pour le cumul annuel des trois inventaires de 2022 avec le rappel des données depuis 2008.

Les informations surfaciques sont récapitulées et synthétisées sur les cartographies ci-dessous et correspondent aux surfaces cumulées (Figure 24) et maximales (Figure 25) observées sur l’ensemble des 3 inventaires. Sur la façade ouest cotentin, seuls les sites de Jullouville-Saint-Pair et le Sud de Granville ont été touchés par quelques échouages d’algues vertes. Les échouages principaux se concentrent entre le nord Cotentin au niveau de Barfleur, la baie des Veys (Gefosse-Fontenay & Grandcamp-Maisy) et les côtes du Bessin et de Nacre, à partir d’Arromanches-Asnelles, jusqu’à Ouistreham. Cependant, comme évoqué ci-dessus, les biomasses sont relativement faibles par rapport à d’autres années où des échouages réellement denses peuvent être observés, notamment sur des sites comme Arromanches – Asnelles, Gold Beach ou Luc-Lion-sur-Mer. Au niveau de la pointe de Barfleur, les surfaces d’échouages sont relativement denses malgré la présence régulière d’échouages d’algues rouges sur certaines plages. Sur le site de Gefosse-Fontenay, les surfaces de dépôts n’ont pas été exceptionnelles pour ce secteur mais des figures de décomposition et de putréfaction sont apparues tôt, dès l’inventaire à la fin du mois de mai. Ces dépôts ne sont pas forcément toujours constitués d’algues vertes, mais peuvent se composer d’un mélange d’algues rouges et brunes, principalement d’ectocarpales de type *Pylaiella*. En revanche, en ce qui concerne la côte de Nacre, il est rappelé que **pour la première fois depuis le début des suivis, en raison des conditions météorologiques perturbées, le survol du mois de septembre a été interrompu** à la limite des sites de Saint-Aubin-Langrune-sur-Mer et Luc-Lion-sur-Mer. D’autres sources d’acquisitions d’images ont été envisagées (e.g. par drone, images satellitaires) mais les conditions météo les jours suivants ne se sont pas améliorées pour organiser un survol drone et la présence de nuages n’a pas permis d’obtenir une vue dégagée à marée basse sur les images satellites (Sentinel-2 notamment) à +/- 1 semaine du vol (Tableau 9). Les potentiels surfaces d’échouages n’ont donc pas été prises en compte pour ces sites. Cependant, malgré l’absence de photos aériennes, des relevés supplémentaires sur le terrain ont tout de même été effectués sur des secteurs habituellement impactés par des échouages massifs. Les observations *in situ* ont montré que les proportions en ulves à la fin de ce mois de septembre étaient relativement faibles et que les surfaces des dépôts observés n’étaient pas si importantes (Figure 22).

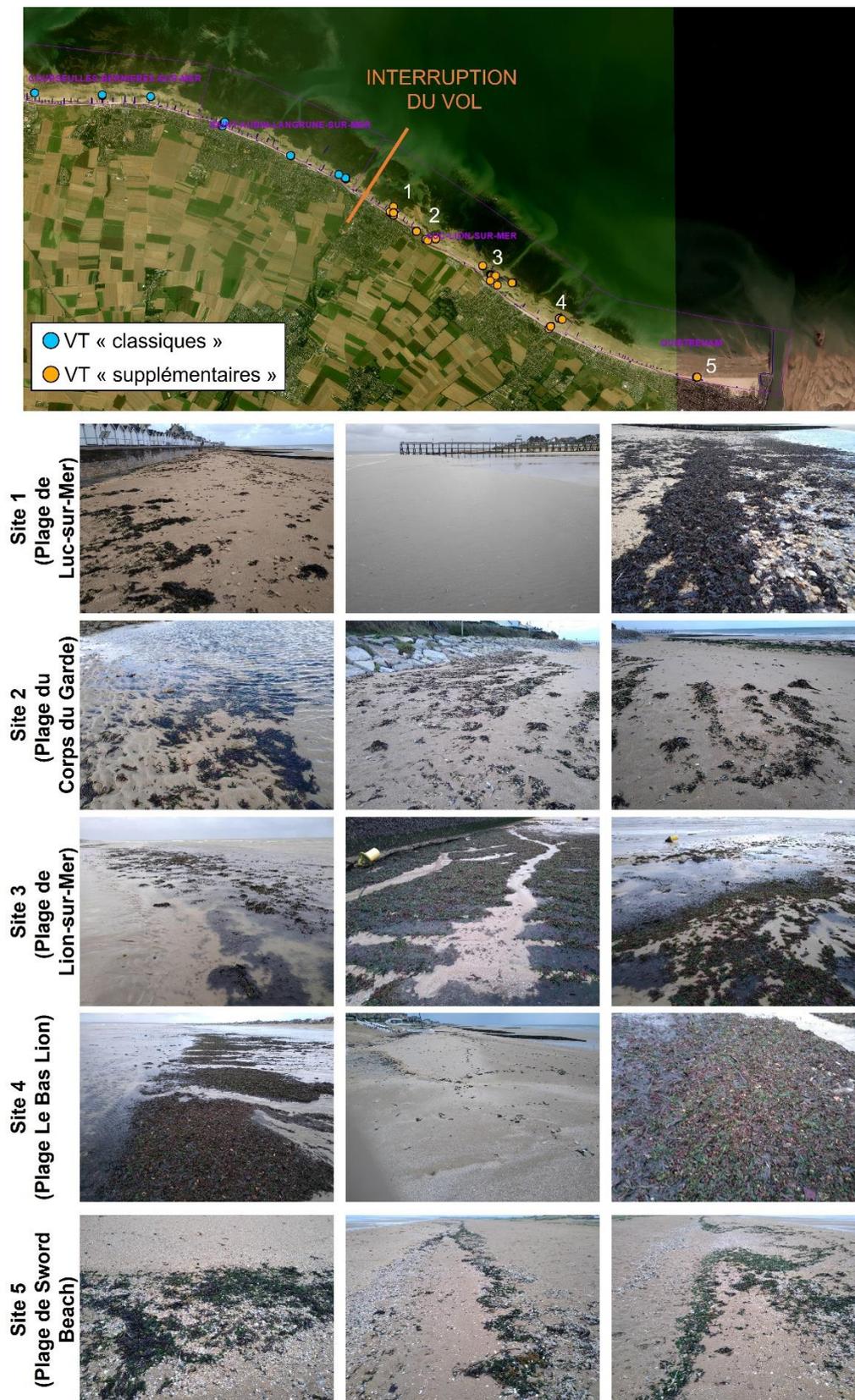


Figure 22. Localisation des Vértés Terrain (VT) supplémentaires effectuées après le vol de septembre sur les sites de Luc-Lion-sur-Mer et Ouistreham.

Tableau 9. Caractéristiques des images satellitaires Sentinel-2 disponibles à plus ou moins une semaine du vol du 24/09/2022.

Date	Heure Acquisition	Heure Basses Mers	Coefficient	Couverture nuageuse
18/09/2022	11:17	10:49/23:22	32	34%
20/09/2022	11:07	00:51/13:56	28	91%
23/09/2022	11:17	04:49/17:10	67	100%
25/09/2022	11:07	06:13/18:30	83	58%
28/09/2022	11:17	07:58/20:13	95	90%
30/09/2022	11:07	09:03/21:20	84	100%

Les suivis RCS portant sur l’analyse des 3 inventaires de mai, juillet et septembre, les échouages observés aux mois de juin et août ne sont pas pris en compte (hormis pour les 9 sites définis dans le cadre du suivi RCO et abordés dans la 2<sup>nd</sup> partie de ce rapport) mais des photos aériennes sont tout de même réalisées et permettent d’évaluer la situation sur ces mois. En 2022, les surfaces d’échouages sur les 9 sites RCO en juin et en août ont été assez faibles avec seulement 23,4 ha en juin et 39,7 ha au mois d’août (voir partie 2 RCO de ce rapport). Mis à part ces 9 sites RCO, d’autres sites survolés (mais non pris en compte) en juin et août ont été impacté par des échouages relativement denses d’algues vertes, comme cela est visible sur les photos aériennes des sites du Sud Granville, Saint-Vaast-la-Hougue et Arromanches – Asnelles (Figure 23).



Figure 23. Photos aériennes des sites de Sud Granville, Saint-Vaast-la-Hougue et Arromanches – Asnelles aux mois de juin et août 2022 présentant des échouages relativement denses d’algues vertes.

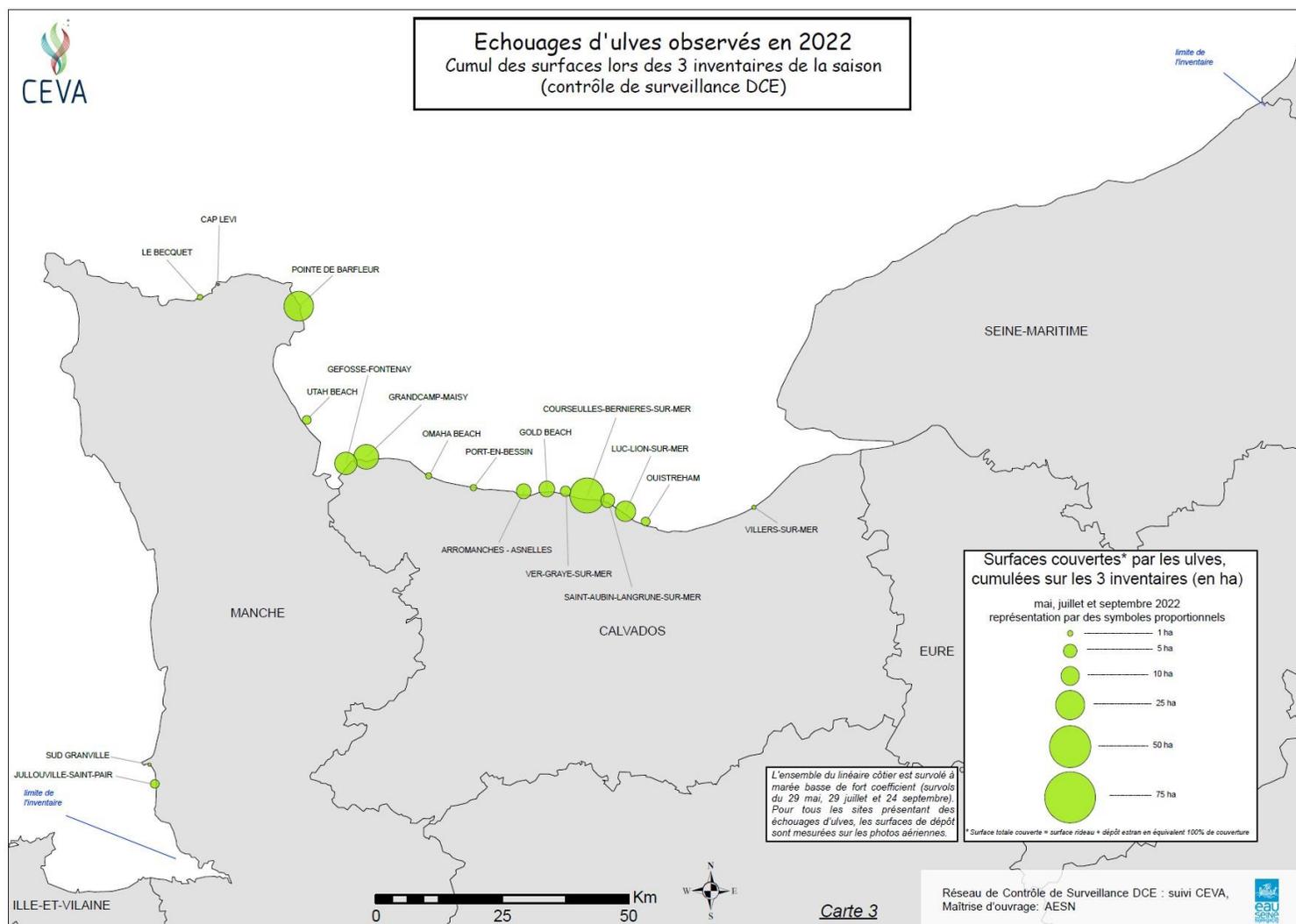


Figure 24. Répartition géographique des sites concernés : cumul des surfaces observées par site lors des 3 inventaires (mai, juillet, septembre) de 2022.

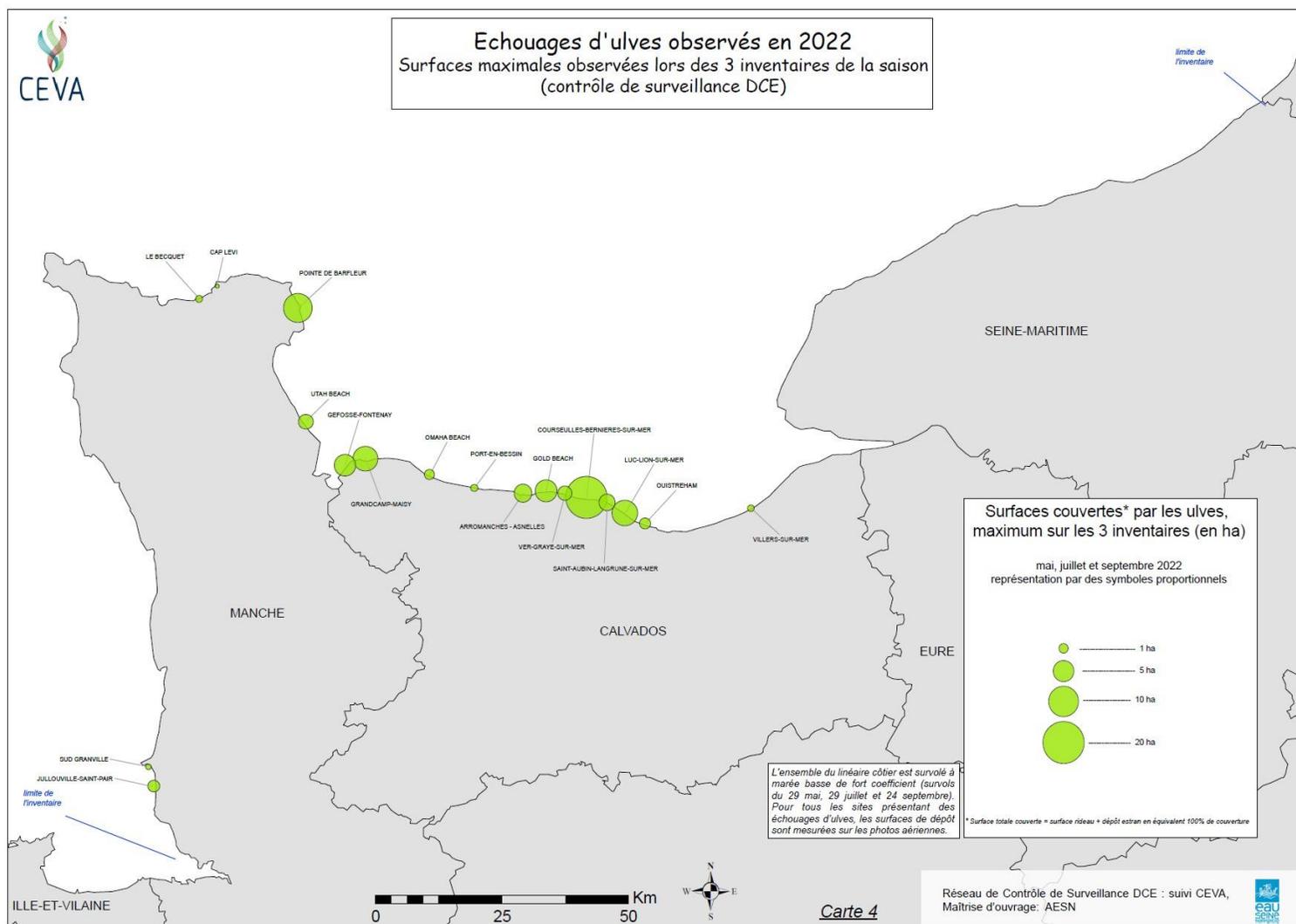


Figure 25. Répartition géographique des sites concernés : surfaces maximales observées par site lors des 3 inventaires (mai, juillet, septembre) de 2022.

Les surfaces délimitées au sein des sites à marées vertes (définies par le CEVA) ont été analysées selon le découpage des masses d'eau du littoral Seine-Normandie afin de suivre l'état écologique de ces masses d'eau selon le paramètre biologique « bloom de macroalgues opportunistes » (de type ulves) tel que prévu dans le cadre de la DCE (Tableau 10 et Figure 4). Les masses d'eau les plus touchées par les échouages sont la côte de Nacre Est et Ouest (FRHC 12 et 13) avec respectivement un total de 45,7 et 17,3 hectares d'ulves (Figure 26), la masse d'eau de Barfleur (FRHC08) avec 23,7 ha et le fond de la baie des Veys (FRHT06) avec 27,9 ha. Ces masses d'eau regroupent les sites de Barfleur, Gefosse-Fontenay, puis Courseulles-Bernières-sur-Mer, Saint-Aubin-Langrune-sur-Mer, Luc-Lion-sur-Mer et Ouistreham. Cependant, l'année 2022 figure parmi les plus faibles pour ces masses d'eau. Concernant les autres masses d'eau, les surfaces des marées vertes sont globalement inférieures aux moyennes interannuelles observées.

*Tableau 10. Surfaces de couverture par les ulves par masse d'eau lors des trois inventaires RCS de l'année 2022. Les surfaces sont exprimées en hectare équivalent 100%.*

Masses d'Eau	Nom	Mai (ha)	Juillet (ha)	Septembre (ha)	Cumul annuel (ha)
FRHC02	Baie Du Mont-Saint-Michel - Centre Baie		1,6	1,0	2,7
FRHC03	Ouest Cotentin				
FRHC04	Cap de Carteret - Cap de la Hague				
FRHC60	Rade de Cherbourg	0,8	0,3	0,2	1,3
FRHC07	Cap Levi - Gatteville	0,5	0,8	0,4	1,7
FRHC08	Barfleur	7,3	7,8	8,6	23,7
FRHC09	Anse De Saint-Vaast La Hougue		2,9	3,8	6,7
FRHC10	Baie Des Veys	1,0	1,4	2,9	5,3
FRHC11	Côte Du Bessin	0,3	1,7	0,2	2,3
FRHC12	Côte De Nacre Ouest	7,4	9,9		17,3
FRHC13	Côte De Nacre Est	11,6	24,1	10,1	45,7
FRHC14	Baie De Caen	3,4	6,1		9,4
FRHC15	Côte Fleurie		0,5		0,5
FRHC17	Pays De Caux Sud				
FRHT03	Estuaire Seine Aval				
FRHT06	Baie Des Veys – Fond de baie	9,9	9,9	8,1	27,9
<b>TOTAL</b>		<b>42,2</b>	<b>67,0</b>	<b>35,2</b>	<b>144,5</b>

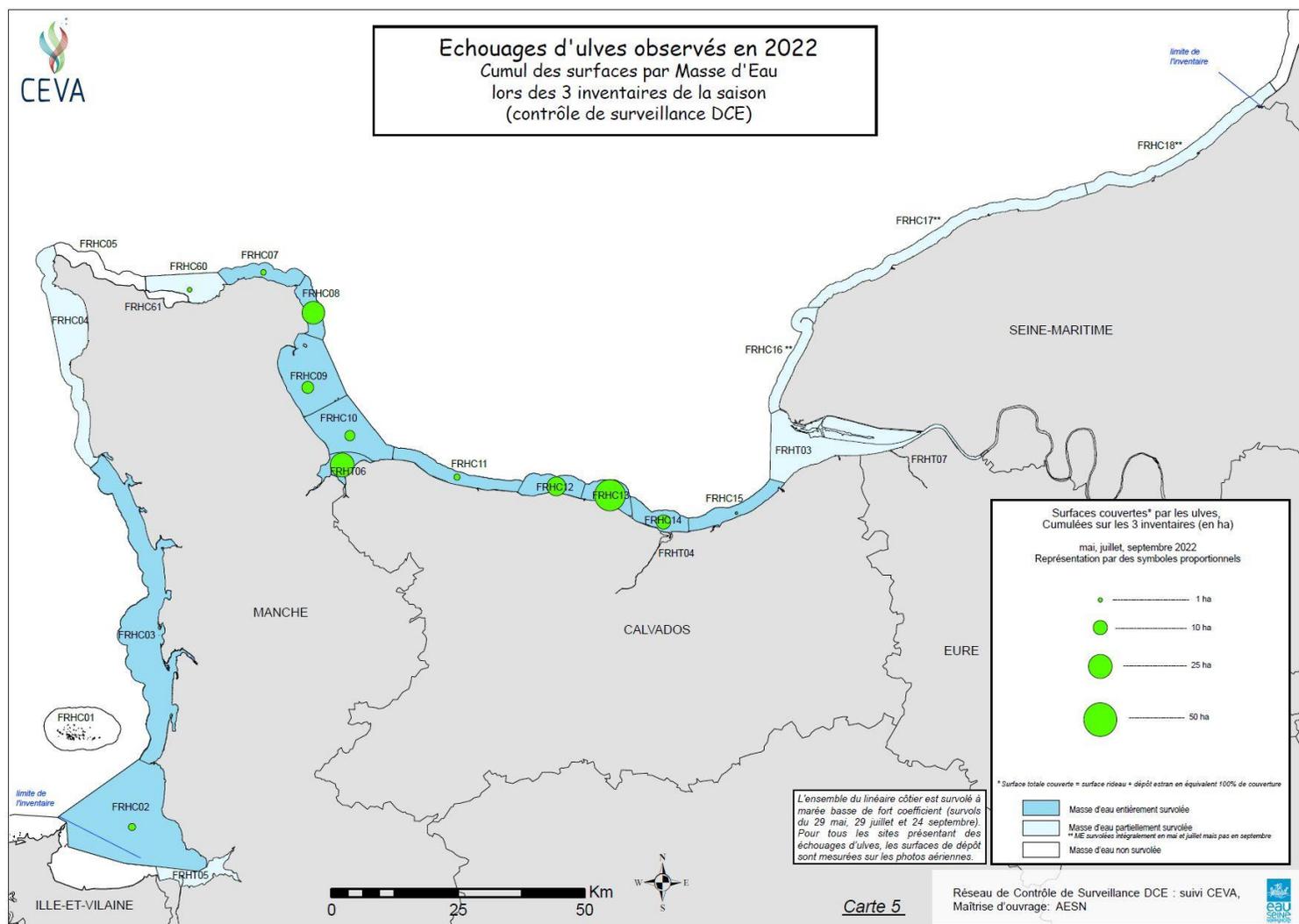


Figure 26. Répartition géographique des sites concernés : cumul des surfaces observées par masse d'eau lors des 3 inventaires (mai, juillet, septembre) de 2022.

### 3.3.2. Evolution interannuelle des échouages d’ulves de 2008 à 2022

L’analyse comparative des surfaces d’échouages d’ulves entre l’année 2022 et les années antérieures, depuis 2008, indique que cette année est marquée par des surfaces de dépôts globales très faibles, largement en-dessous des moyennes interannuelles, notamment pour le mois de septembre. Il y a déjà eu des années qui affichent des surfaces plus faibles aux mois de mai et juillet, mais sur l’ensemble des inventaires, le cumul observé est le plus faible en 2022, avec 2020. Les moyennes de mai, juillet et septembre, sont respectivement de 63 ha, 90 ha et 112 ha. Cependant, il faut noter les périodes d’acquisitions des photographies aériennes qui se sont déroulées à la fin de chaque mois. Les faibles surfaces du mois de septembre sont donc à mettre en perspective par rapport à la fin de saison plus avancée (Figure 27A). Sur l’ensemble des 3 inventaires, la surface moyenne des échouages d’ulves entre 2008 et 2022 est de 265 ha (Figure 27B). Les années les plus marquées restent 2014, 2017 et 2019 avec des surfaces respectivement de 345, 363 et 360 ha d’ulves sur tout le littoral normand. L’année intermédiaire 2021 entre les 2 années les plus faibles (2020 et 2022) figure également parmi les années très impactées avec 296 ha et constitue même un record toutes années confondues si l’on additionne les inventaires RCO de juin et août avec les 9 sites définis (601 ha).

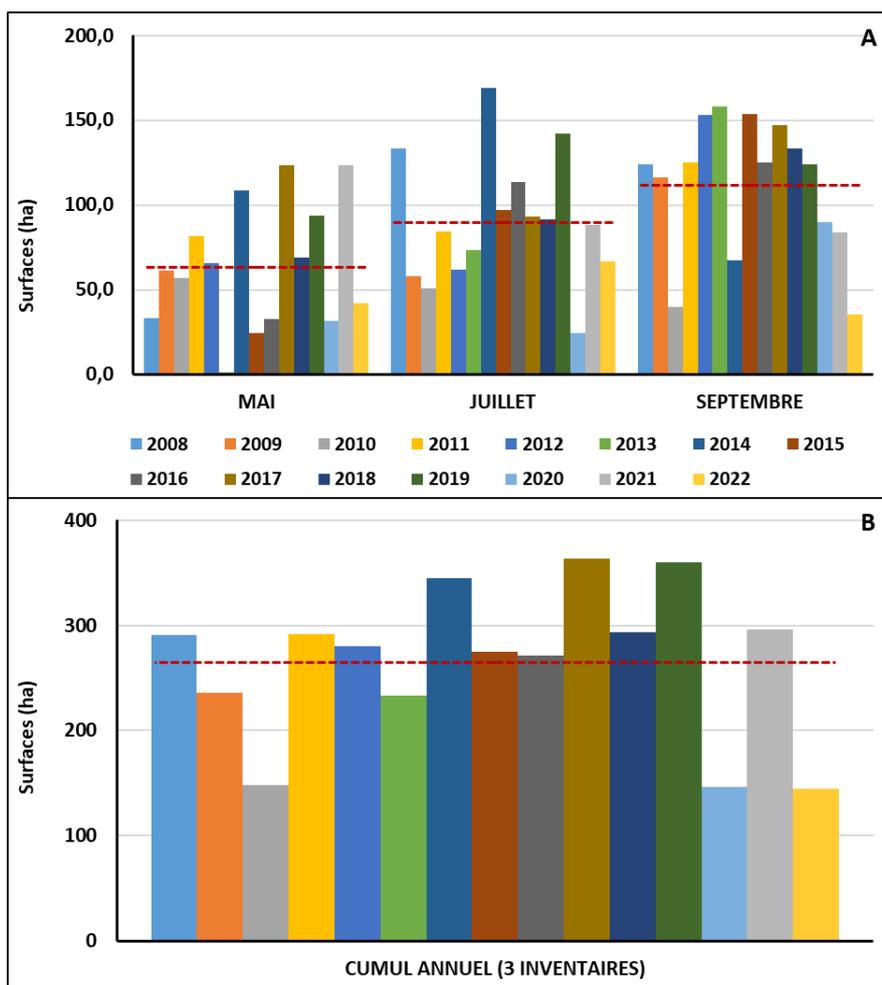


Figure 27. (A) Surfaces d’échouages par mois d’inventaire observées sur le littoral Seine-Normandie de 2008 à 2022. (B) Surfaces cumulées totales annuelles des échouages observés sur le littoral Seine-Normandie de 2008 à 2022. Les lignes en pointillés rouges représentent les moyennes interannuelles.

En comparaison avec les années précédentes, les surfaces d'échouages pour l'ensemble des sites est en régression sur tout le littoral, hormis pour le site de Barfleur qui affiche une nette augmentation par rapport aux 3 dernières années plutôt relativement faibles. La côte ouest du Cotentin est restée particulièrement « saine » en 2022 (Figure 28), malgré quelques échouages vers Jullouville-Saint-Pair. Les plages sont globalement « propres » ou concernées par des échouages d'algues brunes plus ou moins diffus.

Concernant les principaux sites contributeurs de 2022 (Gefosse-Fontenay, Grandcamp-Maisy, Courseulles-Bernières-sur-Mer, et Luc-Lion-sur-Mer), les surfaces d'échouages cumulées sont relativement faibles par rapport aux années précédentes. L'évolution des surfaces d'échouages montre de possibles fortes variations pour un site donné ou d'un site à l'autre même contiguë. C'est le cas notamment pour les sites de la côte de Nacre qui ne présentent pas forcément les mêmes tendances d'une année sur l'autre.

De la même manière que précédemment, l'analyse cartographique des surfaces d'ulves selon le découpage des masses d'eau est présentée en figure 29 pour le suivi interannuel de 2008 à 2022. Mis à part la masse d'eau FRHC08, l'ensemble des masses d'eau analysée est en diminution par rapport à l'année dernière, même pour les masses d'eau qui avait un niveau assez bas en 2021.

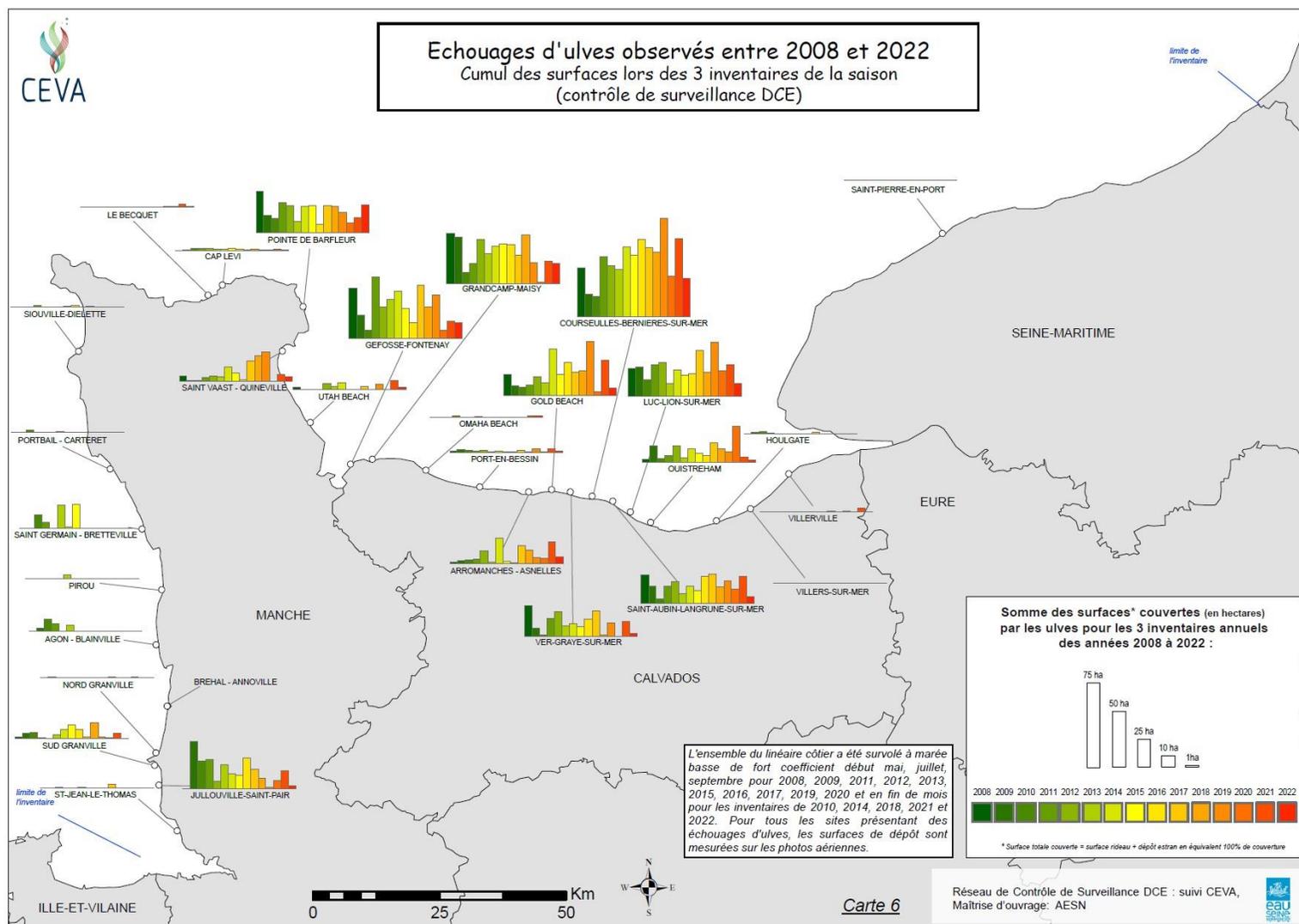


Figure 28. Répartition géographique des sites concernés : cumul des surfaces observées par site lors des 3 inventaires (mai, juillet, septembre) de 2008 à 2022.

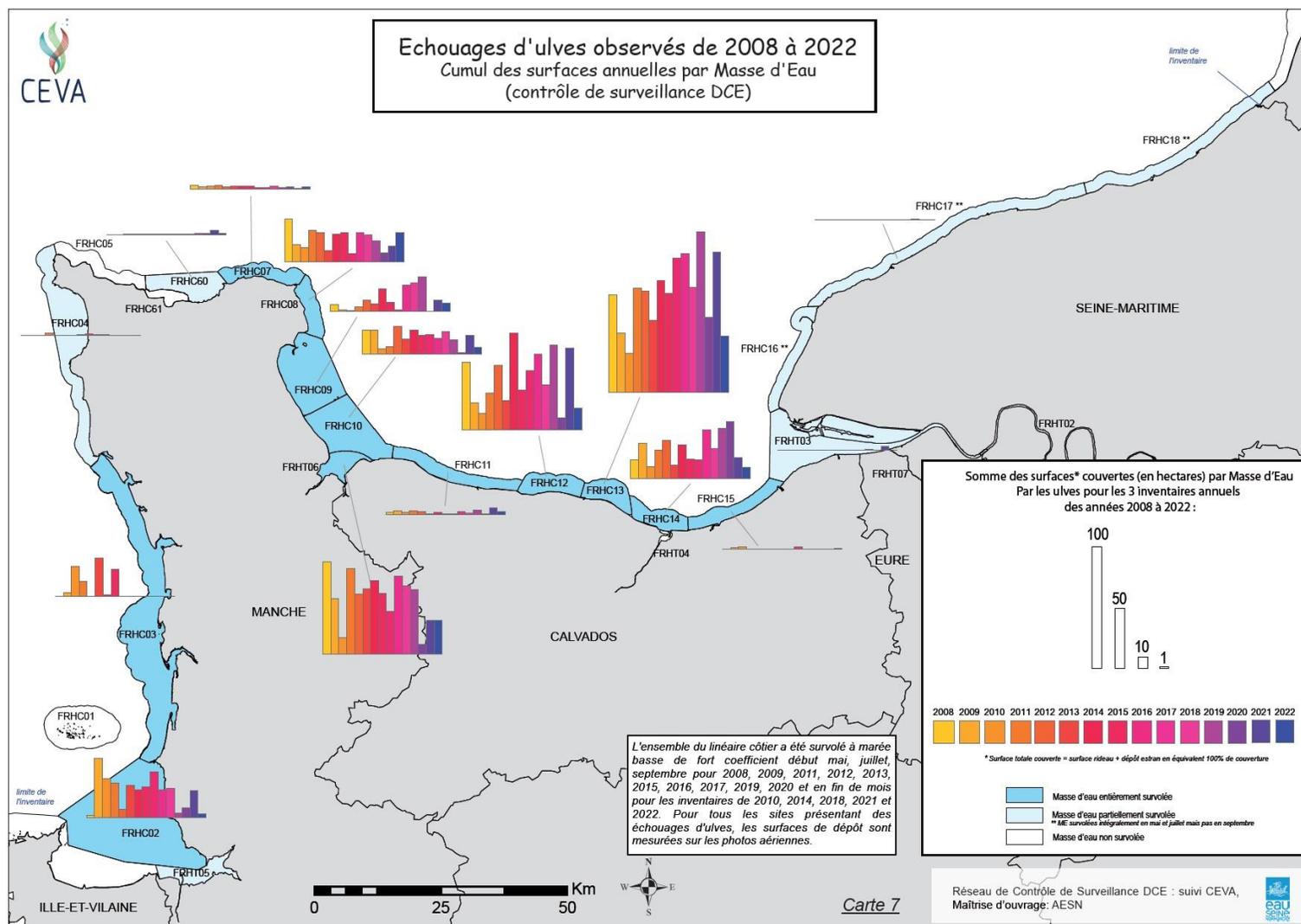


Figure 29. Répartition géographique des sites concernés : cumul des surfaces observées par masse d'eau lors des 3 inventaires (mai, juillet, septembre) de 2008 à 2022.

### 3.4. Fiches web

La carte interactive et les fiches associées mises en ligne fin 2020 sur le site internet du CEVA, ont pour but d'une part de partager les données recueillies sur les suivis à un plus large public et d'autres parts de mettre à disposition les données « ramassage » collectées via le questionnaire en ligne dans le but d'inciter les communes et communautés de communes ciblées à y répondre. Ces fiches sont mises à jour annuellement pour l'année N-1. Les informations disponibles concernent des photographies aériennes et de terrain permettant d'avoir un aperçu visuel des échouages observés ainsi qu'un descriptif pour chaque site de la situation de l'année. On y retrouve également des données quantifiées sur les surfaces digitalisées, la proportion estimée des trois groupes d'algues (rouge, verte et brune), les statistiques de classements et de surfaces d'échouage depuis le début des suivis ainsi que des cartographies de la qualité écologique des masses d'eau du littoral normand.

### 3.5. Enquêtes sur le ramassage

Les enquêtes ont été envoyées dès le mois de janvier à toutes les communes littorales afin de recueillir les informations concernant les actions de ramassage (ou autres, *e.g.* remise à la mer) des algues, qui ont eu lieu au cours de l'année 2022 sur les plages. Malgré les relances, toutes les communes potentiellement impactées par des échouages d'algues vertes n'ont à ce jour pas répondu. Sur le département de la **Manche**, **43 communes** littorales ont répondu mais aucune n'a déclaré avoir effectué d'actions de collecte d'algues. Les commentaires font l'état d'absence d'échouage sur les plages ou d'une proportion faible d'algues vertes qui ne nécessite pas de ramassage (ou jugé pas nécessaire afin de « préserver la plage et prévenir le risque d'érosion côtière »). La commune de Portbail a indiqué le ramassage de faibles quantités ramassées manuellement par des particuliers pour une utilisation sous forme d'engrais à titre privé. Dans le **Calvados**, **36 communes** ont répondu mais la plupart ont déclaré n'avoir aucun échouage massif d'algues vertes sur leurs plages. Par ailleurs, la commune de Grandcamp-Maisy a déclaré avoir ramassé 3968 tonnes d'algues (dont supposément 1900 tonnes d'algues vertes) sans précision sur le coût engendré. Ces algues ont été stockées en déchetterie. Ces actions de collecte ont d'ailleurs été observées lors des missions sur le terrain en juin 2022, après un échouage massif d'algues en haut de plage (Figure 30). D'autre part, la commune de Lion-sur-Mer a également effectué des actions de remise à la mer pour une trentaine d'heure de travail et pour un coût de 3765 € lors des échouages de juin et août composés de Sargasses, d'algues rouges et avec une proportion d'environ 30% d'algues vertes. La commune de Saint-Aubin-sur-Mer a également déclaré avoir réalisé quelques actions de remise à la mer pour environ 200 kg d'algues (avec « très peu d'algues cette année en comparaison des années précédentes »). Enfin sur le littoral de **la Seine-Maritime**, les **31 communes** qui ont répondu ne déclarent aucune activité de collecte puisque très peu d'échouages d'algues vertes sont observés. La commune d'Octeville-sur-Mer a cependant observé la présence d'échouages de Sargasses entre la mi-mai et la mi-août et quelques échouages d'algues vertes mi-juillet mais en très faibles quantités.

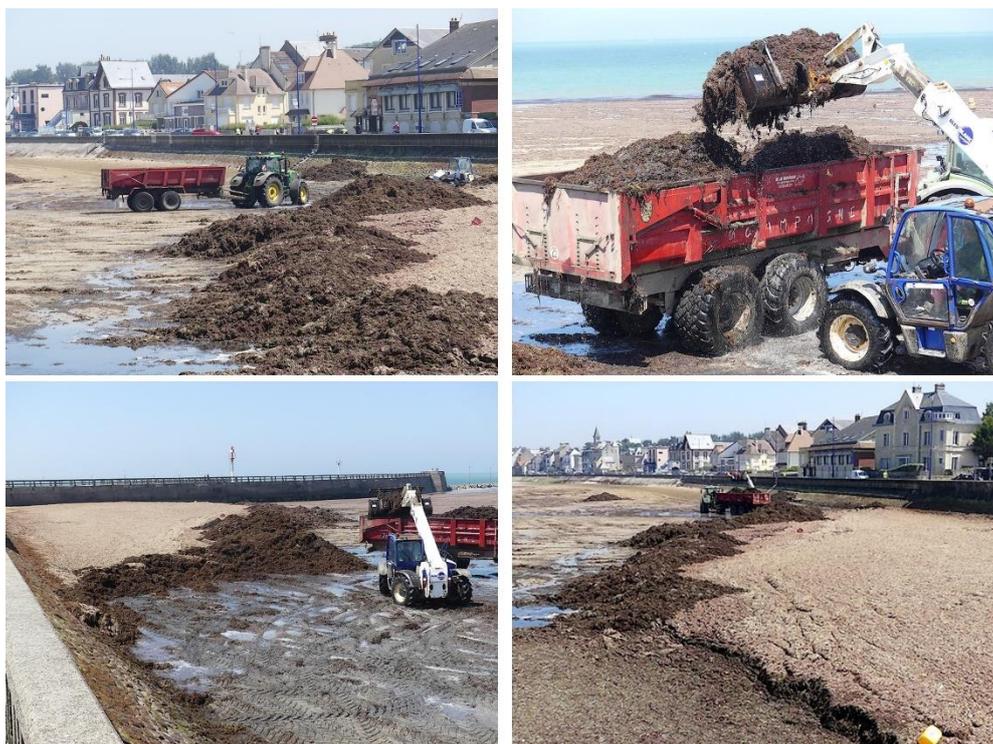


Figure 30. Ramassage sur la commune de Grandcamp-Maisy le 23 juin 2022 sur un échouage très dense en haut de plage.

### 3.6. Classement DCE des différentes masses d'eau normandes

Les masses d'eau du littoral normand sont susceptibles d'être concernées par des marées vertes de type 1 et de type 2. L'attribution d'un type de marées vertes à une masse d'eau est basée notamment sur la proportion de substrat majoritairement présent dans la masse d'eau (substrat meuble ou rocheux) ainsi que sur l'observation du type de morphologie des ulves récoltées sur le terrain (forme libre ou d'arrachage : présence de crampon, forme du thalle allongée ou non). Le calcul du Ratio de Qualité Ecologique (EQR : Ecological Quality Ratio) est basé sur la moyenne glissante de six années de données consécutives (cf section 2.2.2). Ainsi l'EQR 2022 se calcule sur la période 2017-2022. Les états écologiques pour chaque masse d'eau sont présentés en figure 31, le détail des métriques dans les tableaux 11 et 12 et la représentation cartographique en figure 34.

L'état écologique de la masse d'eau FRHC13 est toujours très mauvais pour cet indicateur malgré une infime hausse en raison des échouages peu denses en 2022. De même pour la masse d'eau FRHC12 qui augmente légèrement et reste en état médiocre. La masse d'eau FRHC08 se maintient en état moyen. La masse d'eau FRHC14 est en état bon mais à la limite de l'état moyen. L'état écologique de certaines de ces masses d'eau pourrait encore être discuté par rapport aux échouages d'autres algues et notamment les dépôts massifs d'algues rouges qui sont régulièrement observés sur une partie du littoral et qui pourraient traduire un état eutrophisé de la masse d'eau et engendrer des nuisances équivalentes aux classiques « marées vertes ». La masse d'eau FRHC10 est également en limite de l'état bon et très bon mais cela est à nuancer car cette masse d'eau regroupe les sites d'Utah Beach et de Grandcamp-Maisy qui ne se ressemblent pas d'un point de vue morphologique. Utah Beach se caractérise par des grandes plages, tandis que Grandcamp-Maisy est influencé par la présence d'un vaste platier rocheux. Pris

séparément, ces 2 sites n'auraient pas les mêmes résultats sur les indicateurs d'état avec probablement un état moins bon sur le site de Grandcamp-Maisy qui est souvent touché par des échouages denses qui peuvent se dégrader contre les digues de haut de plage. Les autres masses d'eau se classent en bon ou très bon état écologique.

L'état écologique de la masse d'eau FRHC60 a diminué ces dernières années, passant du très bon état au bon état. Cela est en partie dû aux échouages récurrents observés dans le port du Becquet. L'état écologique de cette masse est donc plutôt à mettre en lien avec l'état du site du port du Becquet plutôt qu'à la masse d'eau entière en considérant une perturbation très localisée qui n'est pas représentative de la situation réelle à l'échelle de la masse d'eau FRHC60. Malgré les surfaces réduites des échouages dans le port du Becquet et sur quelques secteurs du littoral de Cap Lévi, certains dépôts peuvent représenter un risque comme cela s'est déjà produit au port du Becquet à cause d'une accumulation d'algues en décomposition au fond du port (dégagement d' $H_2S$  et odeurs de décomposition) en raison de la configuration du port qui piège la biomasse algale.

L'état actuel des masses d'eau (moyenné sur les 6 dernières années : 2017-2022) peut être mis en perspective par rapport à la série temporelle des suivis depuis 2008 pour les masses d'eau de type 1 (Figure 32) ou de type 2 (Figure 33). Les masses d'eau en très bon état écologique (EQR > 0.95) se maintiennent durablement en l'absence d'échouages d'algues, c'est le cas pour les masses d'eau FRHC 03, 04, 15, 17 et FRHT03. Les masses d'eau FRHC 02, 09 et 11 sont classées en très bon état mais avec un EQR qui peut varier selon les échouages observés respectivement sur les sites de Jullouville/Granville (FRHC02), Saint-Vaast/Utah Beach (FRHC09) et Arromanches/Omaha Beach/Port-en-Bessin (FRHC11). L'état initial de la masse d'eau FRHC12 en 2008 était en état médiocre puis il s'est amélioré dès 2009 et en 2010 en état moyen. L'état initial de la FRHC 13 était médiocre en 2008, a légèrement augmenté en 2009 et 2010 puis s'est également progressivement dégradé pour passer en état mauvais à partir de 2019. La masse d'eau FRHC14 a débuté la série en très bon état écologique en 2008 mais est passé en bon état dès 2009. L'état de cette masse d'eau présente quelques fluctuations jusqu'en 2021, en se maintenant dans le bon état mais à la limite d'un état moyen. La masse d'eau de transition FRHT06 a débuté en état moyen en 2008 mais l'EQR s'est progressivement amélioré en bon état dès 2009. La masse d'eau de la baie des Veys est néanmoins régulièrement concernée par des échouages à risques qui peuvent représenter moins de surfaces d'algues échouées (d'où l'augmentation de l'EQR) mais un impact plus néfaste localement. L'état de la masse d'eau FRHC07 initialement en bon état s'est progressivement amélioré en très bon état en raison des surfaces moindres sur la côte de Cap Lévi. Ce secteur est tout de même régulièrement impacté par des échouages massifs d'algues rouges qui ne sont pas comptabilisés dans ces suivis. L'état de la masse d'eau FRHC08 représentée par la pointe de Barfleur se maintient dans un état moyen depuis le début des suivis. Enfin, l'état écologique de la masse d'eau FRHC60 décline progressivement depuis 2008 en raison des surfaces d'algues observées sur quelques plages de Cap Lévi et surtout plus récemment dans le port du Becquet.

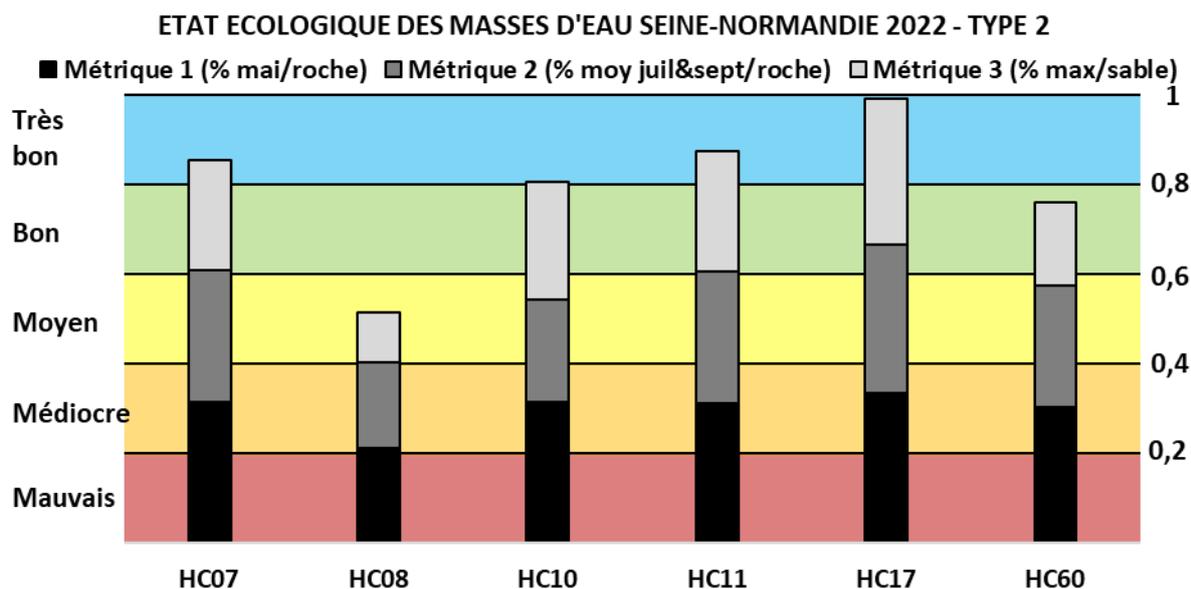
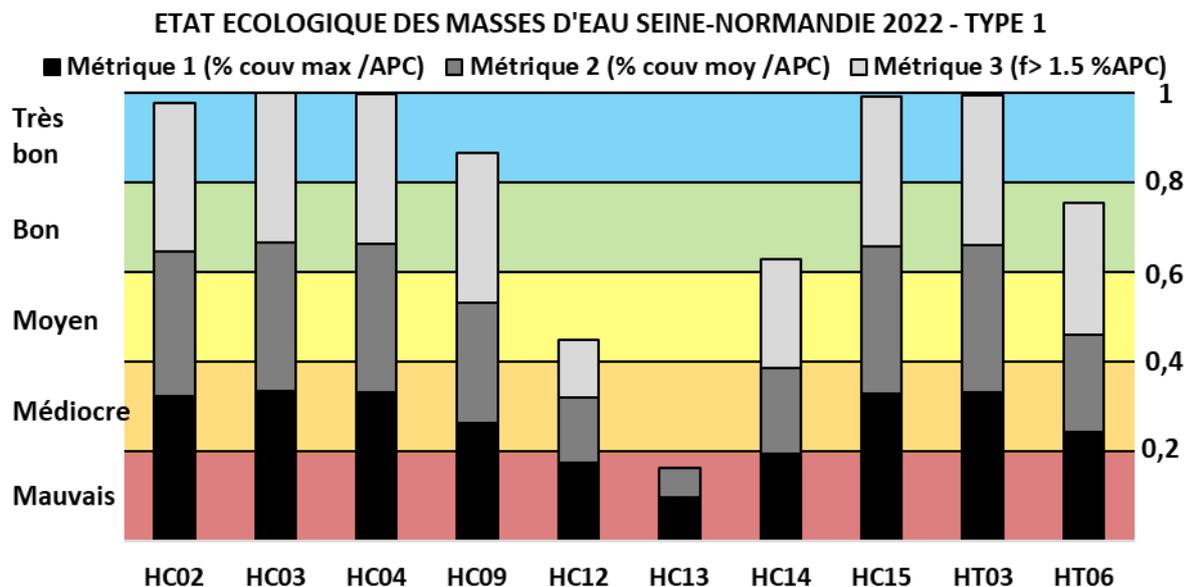


Figure 31. Calcul des EQR et de l'état écologique des masses d'eau Seine-Normandie de type 1 et de type 2 en 2022.

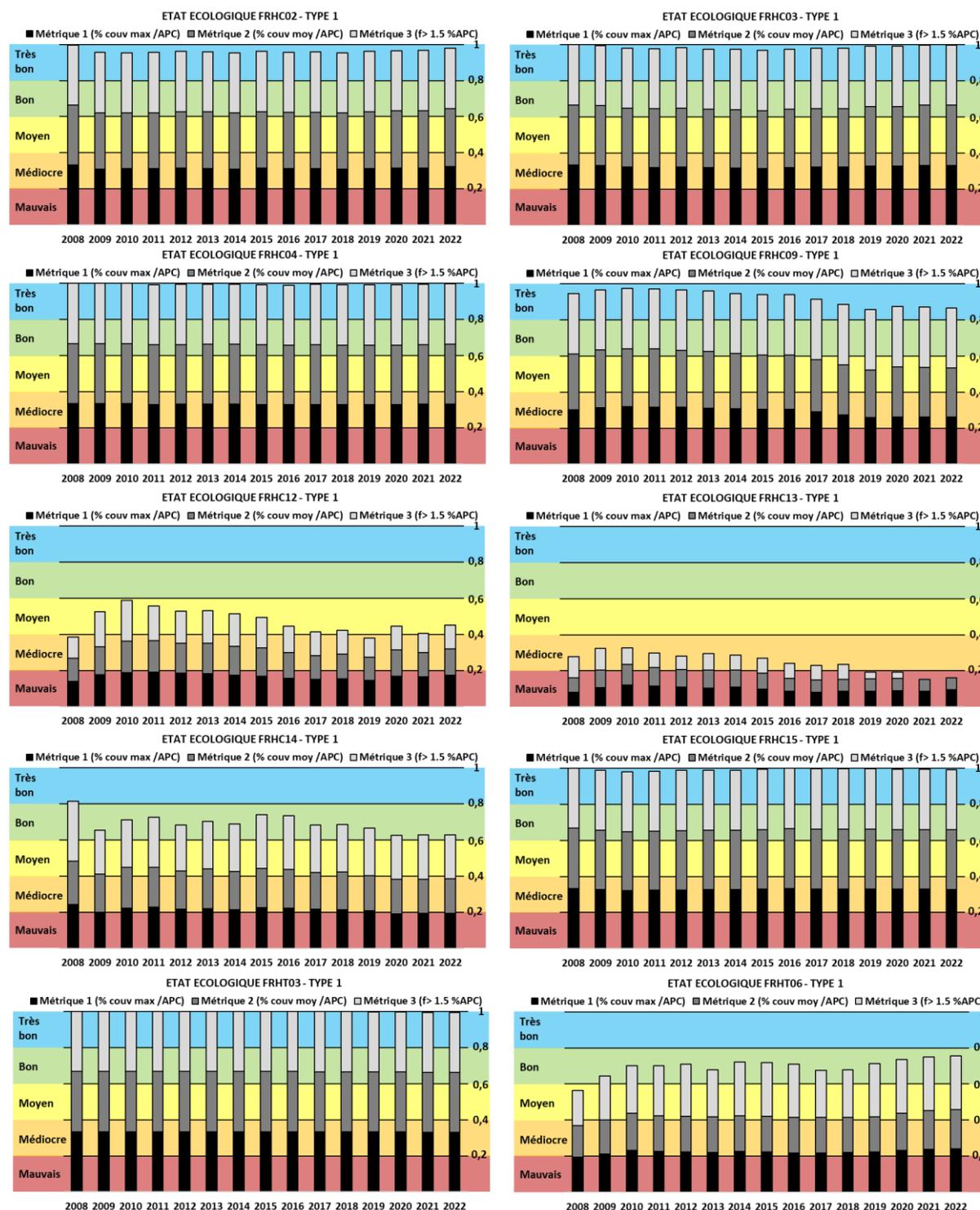


Figure 32. Evolution annuelle de l'EQR pour chacune des masses d'eau de type 1 du littoral Seine-Normandie

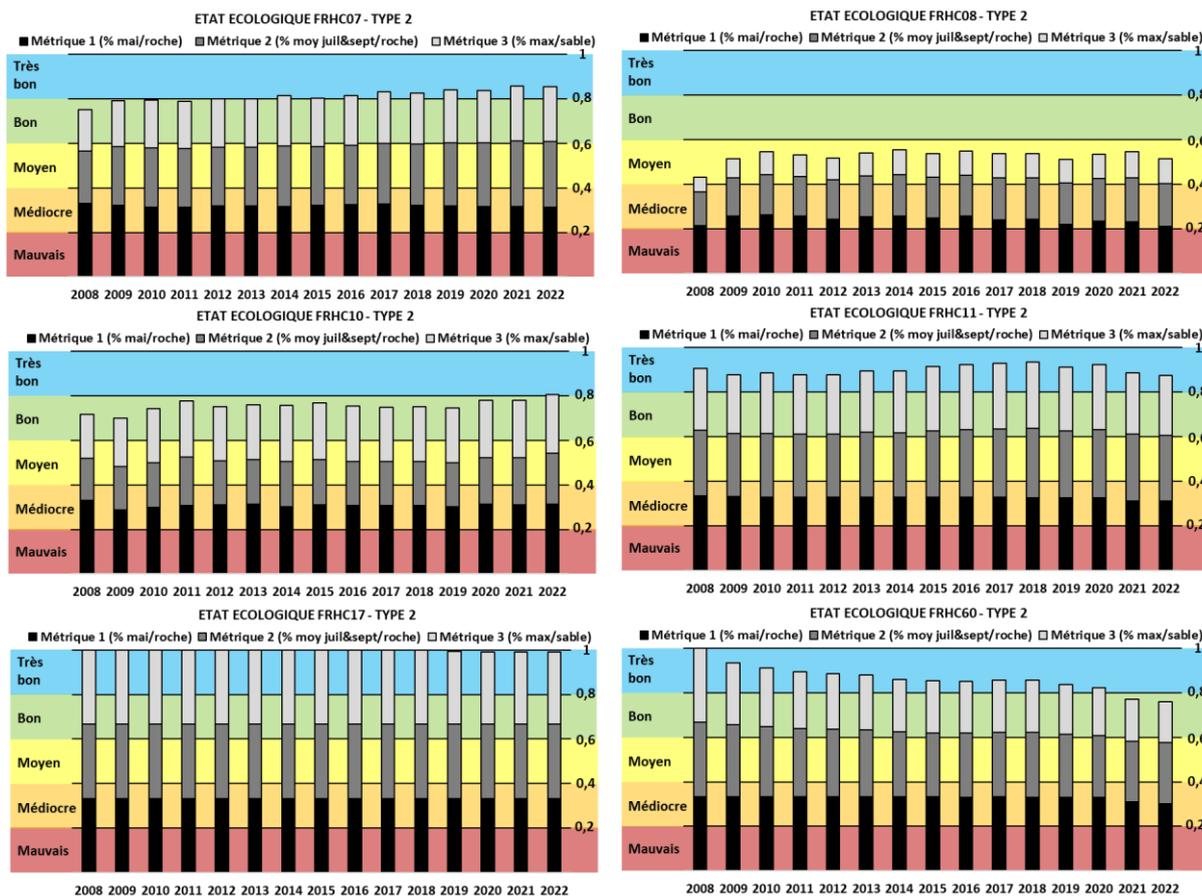


Figure 33. Evolution annuelle de l'EQR pour chacune des masses d'eau de type 2 du littoral Seine-Normandie

Tableau 11. Détails des calculs des métrique 1 à 3 pour les marées vertes de type 1 pour chacune des masses d'eau DCE du bassin Seine-Normandie sur la base de l'EQR macroalgues opportunistes (2017-2022).

MASSES D'EAU	Données utilisées	Métrique 1 % Max/AIH (ha)	Métrique 2 % Mean/AIH (ha)	Métrique 3 Occ>1.5%AIH	EQR M1	EQR M2	EQR M3
FRHC02	Moyenne 2017-2022 Type 1	0,08	0,04	0	0,97	0,96	1
FRHC03		0,00	0,00	0	1,00	1,00	1
FRHC04		0,01	0,00	0	1,00	1,00	1
FRHC09		0,58	0,23	0	0,78	0,81	1
FRHC12		2,49	1,77	61,11	0,52	0,44	0,39
FRHC13		7,40	5,10	100,00	0,29	0,20	0
FRHC14		1,76	0,91	16,67	0,58	0,57	0,73
FRHC15		0,04	0,01	0	0,98	0,99	1
FRHT03		0,02	0,01	0	0,99	0,99	1
FRHT06		0,87	0,62	5,56	0,73	0,65	0,89

Tableau 12. Détails des calculs des métrique 1 à 3 pour les marées vertes de type 2 pour chacune des masses d'eau DCE du bassin Seine-Normandie sur la base de l'EQR macroalgues opportunistes (2017-2022).

MASSES D'EAU	Données utilisées	Métrique 1 % mai/AIH(roches)	Métrique 2 % moy juillet&sept/AI H (roche)	Métrique 3 % max/AIH sable	EQR M1	EQR M2	EQR M3
FRHC07	Moyenne 2017- 2022 Type 2	0,29	0,29	0,82	0,94	0,88	0,74
FRHC08		1,83	1,50	6,03	0,63	0,58	0,33
FRHC10		0,30	0,79	0,55	0,94	0,69	0,79
FRHC11		0,34	0,27	0,48	0,93	0,89	0,81
FRHC17		0,00	0,00	0,06	1,00	1,00	0,98
FRHC60		0,46	0,46	2,06	0,91	0,82	0,55

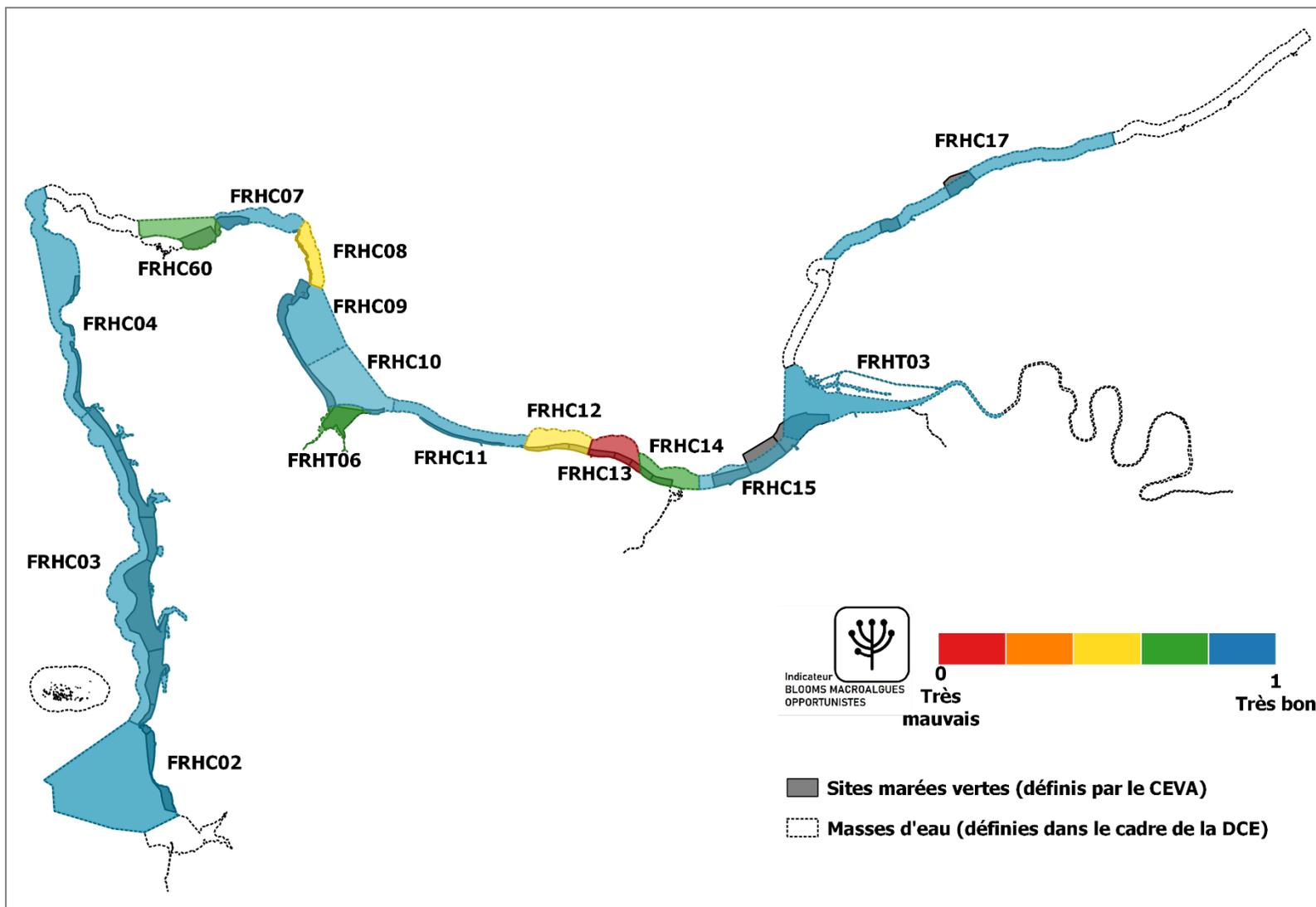


Figure 34. Cartographie de l'état écologique des masses d'eau du littoral Seine-Normandie pour l'indicateur « Blooms de macroalgues opportunistes ».



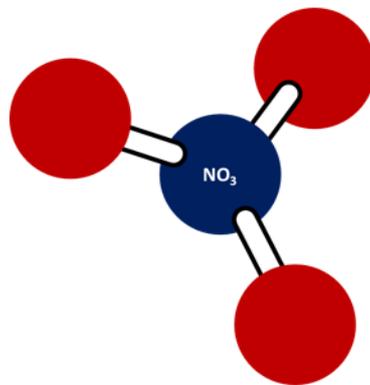
**Quotas  
Azotés**

**Indices**

**Eutrophisation**

**Evaluation  
Surfacique  
Algues  
Vertes**

**RCO**





## 4. RESULTATS RCO (Réseau de Contrôle Opérationnel)

### 4.1. Campagnes aériennes et de terrain

Les 2 vols prévus en 2022 dans le cadre du RCO ont été réalisés avec succès, aux dates indiquées dans le Tableau 13 ci-dessous. L'ensemble des sites suivis a été photographié avec des clichés exploitables pour les traitements sous SIG (e.g. calage, détermination des surfaces des échouages). Pour les 9 sites suivis, les observations et les prélèvements sur le terrain ont été réalisés rapidement à la suite des vols tels que préconisés dans la méthodologie de surveillance. Ces observations de terrain ont permis d'élaborer 52 et 45 fiches de synthèse pour les mois de juin et août respectivement.

*Tableau 13. Dates des acquisitions aériennes et des observations terrain pour les inventaires RCO de l'année 2022.*

Inventaire RCO	Date du vol	Coefficient de marée	Littoral survolé	Date des observations <i>in situ</i>	Nombre de fiches réalisées
JUIN	30/06/2022	70	Saint-Jean-le-Thomas > Ouistreham	01-02/07/2022	52
AOÛT	29/08/2022	88	Saint-Jean-le-Thomas > Ouistreham	30-31/08/2022	45

### 4.2. Classement des sites

Selon les méthodes de classement qui tiennent compte de la perceptibilité du dépôt d'avion et de la présence de plus de 30 % d'ulves dans le dépôt, 4 des 9 sites ont été classés pour les 2 inventaires (Jullouville-Saint-Pair, Pointe de Barfleur, Géfosse-Fontenay, Luc-Lion-sur-Mer). Les sites de Grandcamp-Maisy, Ver-Graye-sur-Mer, Courseulles-Bernières-sur-Mer, Saint-Aubin-Langrune-sur-Mer ont été classés au mois de juin mais pas en août et le site de Gold Beach n'a pas été classé ni en juin, ni en août (Tableau 14).

En considérant les 3 inventaires RCS et les 2 inventaires RCO, seulement 2 des 9 sites ont été classés à 5 reprises et présentaient donc des échouages sur toute la saison 2022, il s'agit de la Pointe de Barfleur et de Géfosse-Fontenay. Les autres sites ont été classés 4 fois sauf pour Gold Beach (2 reprises) et Ver-Graye-sur-Mer (3 reprises). Il est assez rare pour le site de Gold Beach de présenter aussi peu d'échouages sur toute une saison. Ce site n'a été classé qu'aux mois de mai et juillet pour des dépôts assez diffus d'algues vertes alors qu'à partir du mois de juin, ce site n'a présenté que très peu d'échouages et principalement composés d'algues rouges. Les sites qui n'ont pas été classés en août malgré la présence d'échouages sur les photos aériennes, sont caractérisés par des dépôts principalement constitués d'algues rouges et brunes avec très peu d'algues vertes. La part des ulves dans ces dépôts varie entre 5 et 20 % maximum ce qui reste insuffisant par rapport aux critères fixés pour qualifier une « marées vertes ».

Tableau 14. Récapitulatif des sites classés en 2022 pour les 2 inventaires de juin et août du RCO Seine-Normandie.

SITES	Inventaire JUN	Inventaire AOÛT	Occurrence 2022	Occurrence RCS+RCO 2022
Jullouville-Saint-Pair			2	4
Pointe De Barfleur			2	5
Gefosse-Fontenay			2	5
Grandcamp-Maisy			1	4
Gold Beach			0	2
Ver-Graye-Sur-Mer			1	3
Courseulles-Bernieres-Sur-Mer			1	4
Saint-Aubin-Langrune-Sur-Mer			1	4
Luc-Lion-Sur-Mer			2	4

## 4.1. Estimation quantitative surfacique

### 4.1.1. Evolution saisonnière des échouages d'ulves

De la même manière que pour le RCS, les échouages d'ulves ont été digitalisés pour les sites classés en juin et août (Tableau 15).

Sur ces 2 mois RCO, il n'y a pas vraiment un site qui se distingue des autres car toutes les surfaces analysées sont relativement faibles, hormis pour le site de Géfosse-Fontenay au mois d'août qui présente une surface totale de 19 ha. Les sites habituellement contributeurs ne présentent pas de surfaces importantes d'échouage (exemple de Courseulles-Bernières-sur-Mer qui compte seulement 2,3 ha au mois de juin, ou Saint-Aubin-Langrune-sur-Mer avec 0,3 ha en juin et aucun dépôt massif en août pour ces 2 sites). C'est le site de Géfosse-Fontenay qui présente les surfaces les plus élevées avec un cumul de 26,6 ha pour ces 2 mois inventoriés, suivi par Luc-Lion-sur-Mer avec 15 ha et la Pointe de Barfleur avec 12,7 ha. Pour le site de Courseulles-Bernières-sur-Mer, le cumul de juin et août en 2022, avec seulement 2,3 ha, est très loin de l'année précédente en 2021 qui avait accumulé 82 ha pour cette même période. De la même manière, le site de Gold Beach n'a présenté aucun échouage d'algues vertes massifs lors des RCO 2022 alors que les surfaces en 2021 atteignaient près de 54 ha. Les faibles surfaces relevées pour le site de Grandcamp-Maisy lors du survol du 30 juin sont peut-être dues aux actions de ramassages qui ont été réalisées sur ce site le 23 juin et qui présentait des dépôts très épais et denses (Figure 30). En prenant le cumul des surfaces RCS et RCO pour ces 9 sites, une forte diminution est observée par rapport à l'année précédente, avec 30 % d'algues en moins sur le site de Géfosse-Fontenay, de 50 à 75 % de diminution sur les sites de Jullouville-Saint-Pair, Grandcamp-Maisy, Courseulles-Bernières-sur-Mer et Luc-Lion-sur-Mer et plus de 80% de réduction à Gold Beach, Ver-Graye-sur-Mer et Saint-Aubin-Langrune-sur-Mer. Seul le site de Barfleur est en augmentation par rapport à l'année dernière avec 18,5 % d'échouages en plus passant de 32,2 ha à 38,1 ha sur l'ensemble de la saison.

**Au total, pour ces 9 sites uniquement et sur les 5 inventaires de 2022, ce sont 187,4 ha d'échouages de macroalgues vertes qui ont été analysés en comparaison des 544,2 ha digitalisés en 2021 (record toutes années confondues), soit une diminution de plus de 65 % de la biomasse algale.**

*Tableau 15. Surfaces d'algues vertes digitalisées lors des 2 inventaires RCO de l'année 2022 pour les 9 sites concernés par des échouages d'ulves. Les surfaces sont exprimées en hectares équivalent 100 %. Le cumul RCS+RCO représente la somme de toutes les surfaces d'ulves digitalisées sur les 5 inventaires (de mai à septembre) pour ces 9 sites.*

SITES	JUIN (ha)	AOÛT (ha)	CUMUL RCO 2022	MAXIMUM RCO 2022	CUMUL RCS+RCO 2022
Jullouville-Saint-Pair	0,3	2,2	2,6	2,2	4,8
Pointe De Barfleur	3,1	9,6	12,7	9,6	38,1
Géfosse-Fontenay	7,6	19,0	26,6	19,0	41,5
Grandcamp-Maisy	3,2		3,2	3,2	21,5
Gold Beach					7,4
Ver-Graye-Sur-Mer	0,4		0,4	0,4	3,6
Courseulles-Bernières-Sur-Mer	2,3		2,3	2,3	37,6
Saint-Aubin-Langrune-Sur-Mer	0,3		0,3	0,3	6,1
Luc-Lion-Sur-Mer	6,1	8,9	15,0	8,9	26,7

L'évolution des échouages d'ulves sur toute la saison, de mai à septembre, est très variable selon les sites (Figure 35).

Plusieurs sites présentent leur maximum de surface d'échouage en août, c'est le cas de Jullouville-Saint-Pair, la Pointe de Barfleur, Géfosse-Fontenay, et Luc-Lion-sur-Mer tandis que les 5 autres sites ne présentent aucun échouage sur cet inventaire.

Les évolutions sur la saison sont variables d'un site à l'autre. Les échouages sur le site de Jullouville-Saint-Pair ne démarrent qu'en juin avec une légère augmentation progressive jusqu'en août puis une diminution en fin de saison. Le site de la Pointe de Barfleur est relativement constant sur les 5 inventaires avec une diminution au mois de juin dû à de nombreux échouages d'algues rouges. Géfosse-Fontenay est également relativement stable avec par contre un pic important au mois d'août passant en moyenne de 5,6 ha à 19 ha. Le site de Grandcamp-Maisy présente son maximum au mois de mai et le minimum au mois d'août (site non classé en raison d'une forte proportion d'algues rouges). Exceptionnellement, le site de Gold Beach démarre la saison avec quelques échouages au mois de mai, puis aucun échouage d'algues vertes significatifs au mois de juin. Les surfaces augmentent au mois de juillet mais disparaissent dès le mois d'août. Le site de Ver-Graye-sur-Mer se caractérise aussi par son maximum en mai mais les surfaces sont très réduites et diminuent dès le mois de juin pour disparaître en août. A Courseulles-Bernières-sur-Mer, le pic de la saison est observé au mois de juillet avec des surfaces deux fois plus élevées qu'en début et fin de saison et avec des inventaires intermédiaires en juin et août très faibles. Le site de Saint-Aubin-Langrune-sur-Mer semble se caractériser par une augmentation croissante du début à la fin de saison mais également avec des surfaces réduites. Enfin le site de Luc-Lion-sur-Mer présente une constante augmentation de mai à août. Pour ce site, aucune donnée n'est disponible pour le mois de septembre (vol écourté) mais les vérités terrain suggèrent une prépondérance d'algues rouges qui n'auraient pas conduit à un classement du site. Les cartographies des surfaces cumulées pour les 5 inventaires (RCS+RCO) et l'évolution mensuelle des échouages pour chacun des 9 sites sont présentées dans les figures 36 et 37 ci-dessous.

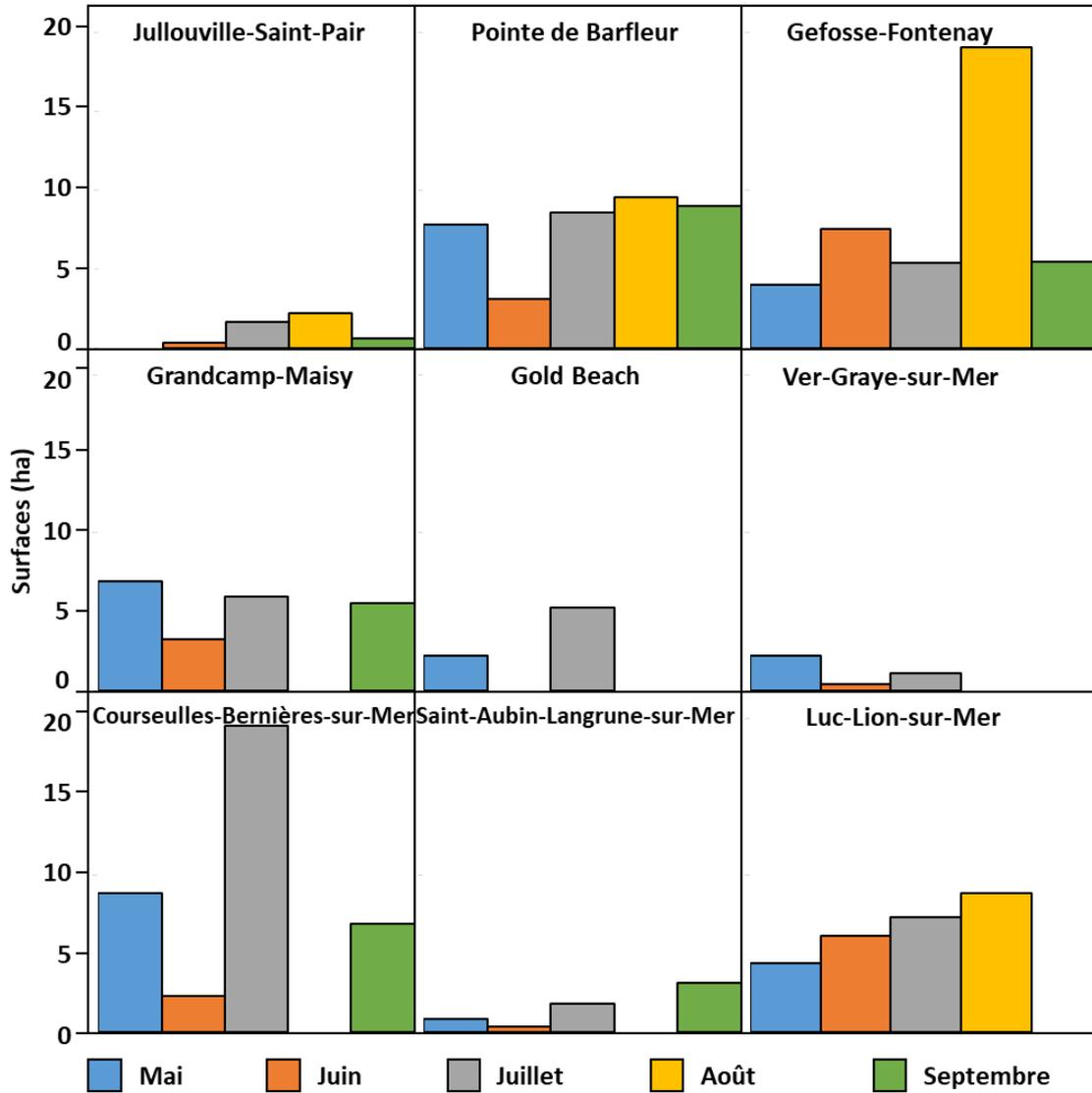


Figure 35. Evolution des surfaces d’ulves sur les 5 inventaires au cours de la saison 2022.

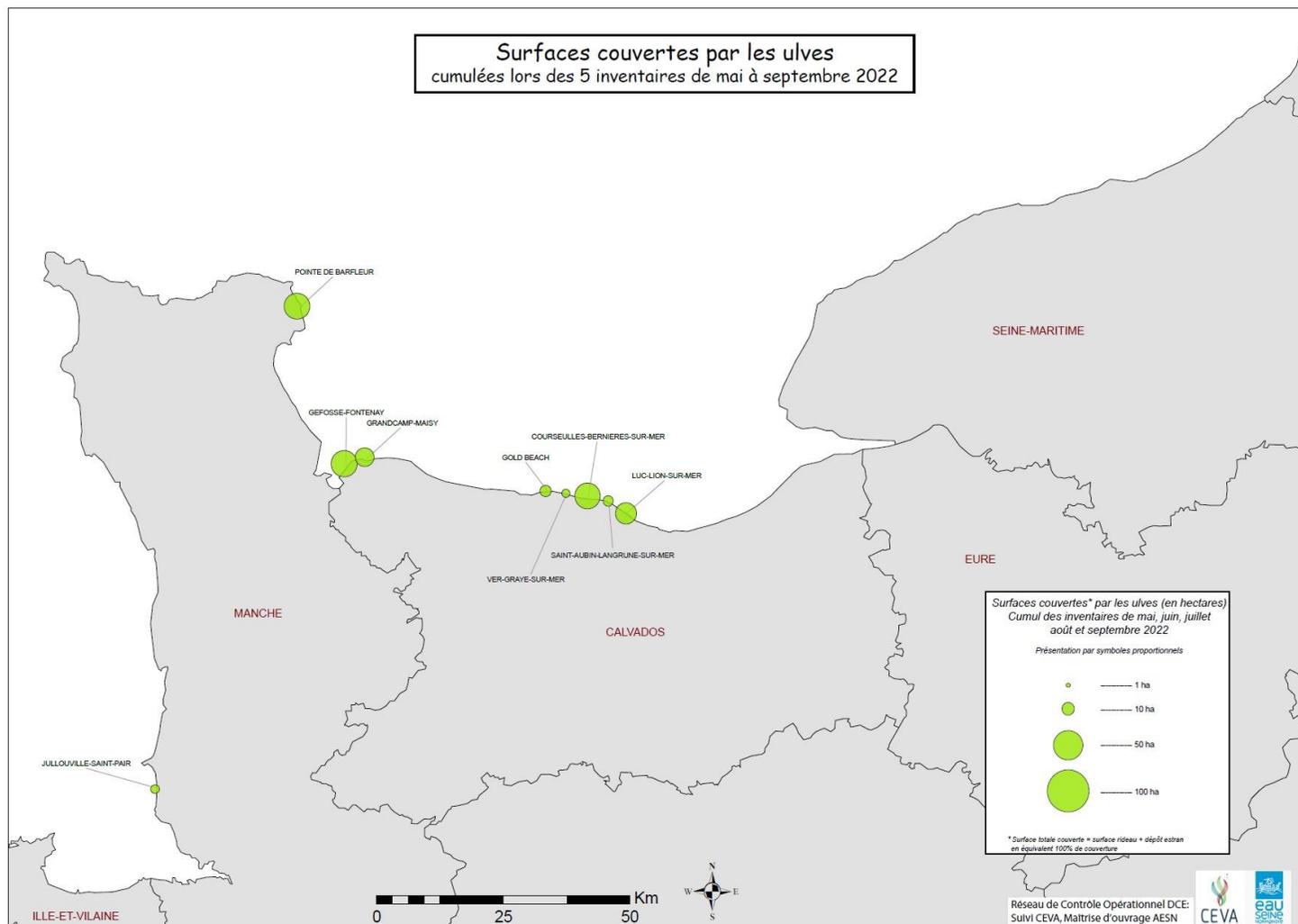


Figure 36. Surfaces cumulées des échouages d'ulves lors des 5 inventaires de mai à septembre (RCS+RCO) de l'année 2022. Les surfaces sont exprimées en ha équivalent 100%.

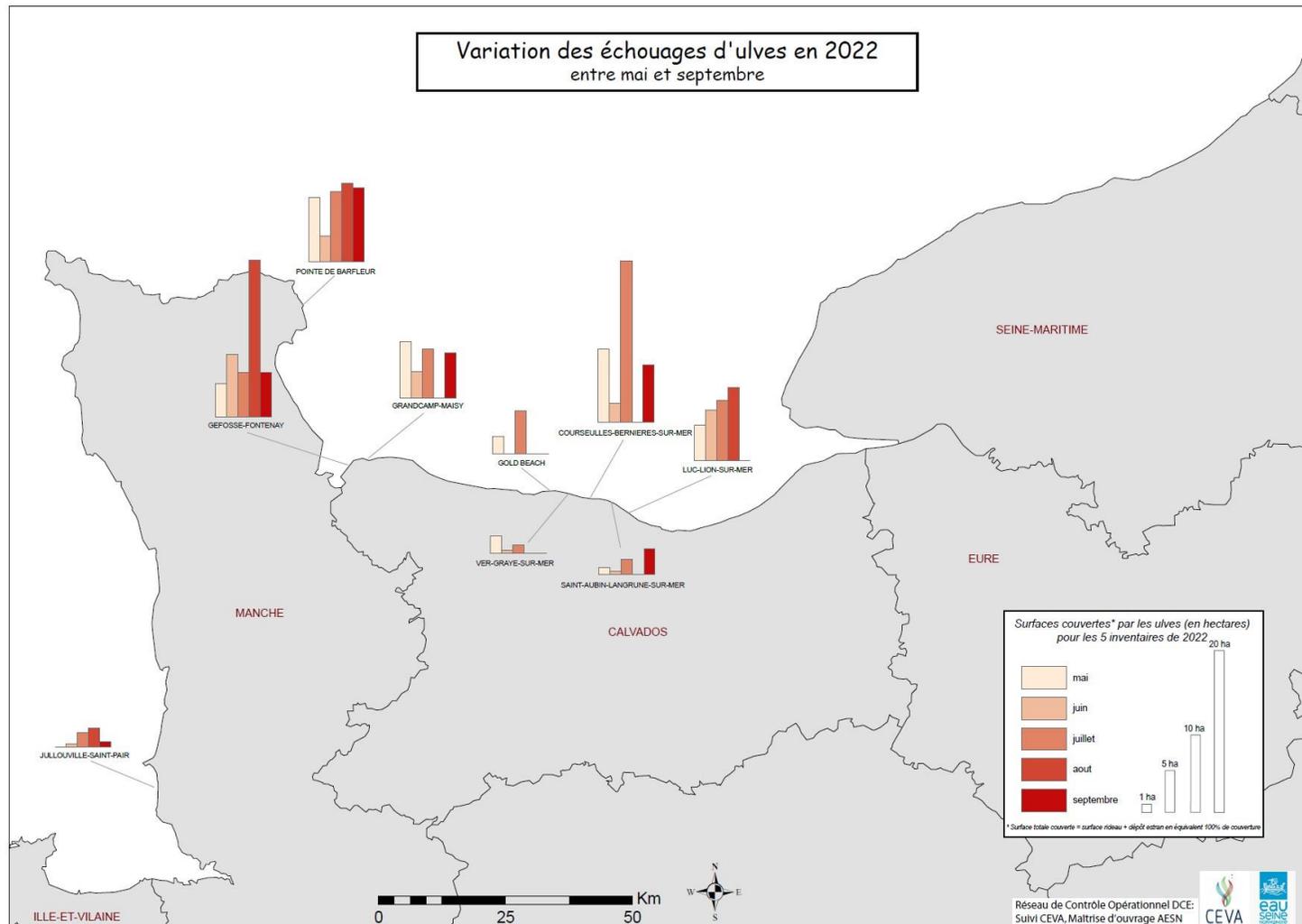


Figure 37. Variations mensuelles des échouages d'ulves lors des 5 inventaires de mai à septembre (RCS+RCO) de l'année 2022. Les surfaces sont exprimées en ha équivalent 100%.

#### 4.1.2. Evolutions interannuelles des échouages d’ulves

L'évolution de la surface cumulée annuelle en algues vertes pour chacun des 9 sites depuis 2014 est présentée en figure 38. Comme présenté ci-dessus, l'ensemble des sites en 2022 se caractérise par des surfaces largement en-dessous des moyennes interannuelles, sauf pour le site de la Pointe de Barfleur. Pour les sites de Ver-Graye-sur-Mer, Courseulles-Bernières-sur-Mer, Saint-Aubin-Langrune-sur-Mer et Luc-Lion-sur-Mer c'est d'ailleurs le minimum observé sur tout l'historique. Les surfaces sont également minimales pour les sites de Jullouville-Saint-Pair avec 4,8 ha (comparables à 2019 avec 3,3 ha) et pour Gold Beach avec 7,4 ha (comparables à 2020 avec 6,2 ha). Pour certains sites, malgré des années exceptionnelles, une régression peut être observée. C'est le cas pour Courseulles-Bernières-sur-Mer qui présente une diminution globale depuis 2017 mais avec des années exceptionnellement fortes en 2019 et 2021. De manière générale, les évolutions saisonnières sont variables d'un site à l'autre et au sein d'un même site.

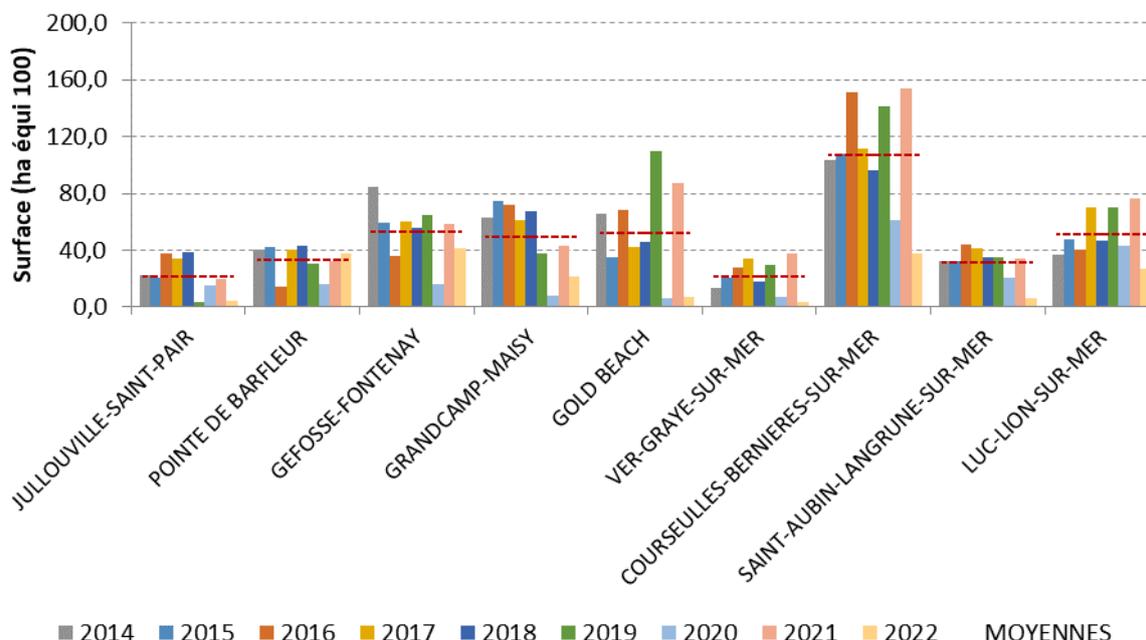


Figure 38. Evolution interannuelle de la surface cumulée en ulves sur les 9 sites suivis entre 2014 et 2022. Le cumul correspond à la somme des 5 inventaires de mai à septembre. Les pointillés rouges représentent les moyennes interannuelles pour chaque site.

L'année 2022 est marquée par de faibles surfaces d'échouages, tout comme en 2020. Ces 2 années exceptionnellement faibles n'ont cependant pas la même évolution au cours de la saison avec des surfaces plus élevées en fin de saison 2020 alors qu'un pic est observé en juillet 2022 suivi d'une diminution progressive jusqu'en fin de saison (Figure 39). Les années 2022 et 2014 sont comparables en termes de période d'acquisition puisque les survols ont été effectués à la fin de chaque mois. Ces 2 années présentent les mêmes tendances d'évolution sur la saison avec une amplitude différente (environ 2 fois plus faible en 2022 par rapport à 2014) ; un début de saison relativement élevé, suivi d'une diminution au mois de juin, puis d'un pic au mois de juillet pour finir par une

diminution progressive en fin de saison. Cependant, l'année 2021 qui a aussi été acquise sur des créneaux de fin de mois ne présente pas ces mêmes tendances avec un pic de surfaces très important observé dès le mois de juin, une forte baisse au mois de juillet et un regain d'échouages au mois d'août. Le mois de juin 2021 reste le plus gros inventaire pour ces 9 sites RCO sur l'ensemble du suivi depuis 2014. Entre 2014 et 2022, les surfaces moyennes au cours de la saison sont de 61, 88, 80, 106 et 85 ha respectivement entre mai et septembre, avec donc un pic plutôt situé au mois d'août.

Depuis le début des suivis, la contribution relative moyenne pour chaque site varie d'un mois sur l'autre (Tableau 16), avec un minimum, tous mois et toutes années confondus pour le site de Ver-Graye-sur-Mer (4,5 %) et le maximum pour le site de Courseulles-Bernières-sur-Mer (25%, Tableau 16).

*Tableau 16. Récapitulatif des contributions relatives (%) de chaque site, moyennées pour chaque mois depuis 2014 et moyennées sur toutes les années.*

SITE	MOYENNE INTERANNUELLE MENSUELLE					MOYENNE INTERANNUELLE
	MAI	JUIN	JUILLET	AOÛT	SEPTEMBRE	
JULLOUVILLE-SAINT-PAIR	0,2	3,4	7,2	7,2	7,4	5,1
POINTE DE BARFLEUR	11,0	10,1	8,0	7,5	10,5	9,4
GEFOSSE-FONTENAY	13,7	21,1	12,2	11,5	12,2	14,1
GRANDCAMP-MAISY	12,7	14,2	11,8	9,8	11,6	12,0
GOLD BEACH	10,2	9,8	12,7	12,4	6,6	10,3
VER-GRAYE-SUR-MER	4,6	4,1	4,4	5,4	4,1	4,5
COURSEULLES-BERNIERES-SUR-MER	27,6	20,1	27,1	23,8	25,4	<b>24,8</b>
SAINT-AUBIN-LANGRUNE-SUR-MER	6,4	3,1	5,6	9,6	10,0	6,9
LUC-LION-SUR-MER	13,7	14,2	11,0	12,9	12,0	12,7

Pour l'année 2022, la contribution relative globale (tous mois confondus) est de **2,4 %** pour Jullouville-Saint-Pair, **20,6 %** pour la Pointe de Barfleur, **23,7 %** pour Gêfosse-Fontenay, **12,1 %** pour Grandcamp-Maisy, **3 %** pour Gold Beach, **1,9 %** pour Ver-Graye-sur-Mer, **18,1 %** pour Courseulles-Bernières-sur-Mer, **3,4 %** pour Saint-Aubin-Langrune-sur-Mer et **14,7 %** pour Luc-Lion-sur-Mer. Les contributions relatives des sites généralement les plus touchés ont largement diminué en 2022, notamment pour Gold Beach et Courseulles-Bernières-sur-Mer. A l'opposé, les contributions des sites de Barfleur et Gêfosse-Fontenay ont doublé par rapport à la moyenne interannuelle, tandis que les sites de Grandcamp-Maisy et Luc-Lion-sur-Mer ont une contribution relative constante respectivement. Cependant, aux mois de mai et juillet, Courseulles-Bernières-sur-Mer reste le plus gros contributeur avec respectivement 24 %, 35 % des échouages (Figure 40). Aux mois de juin et août, c'est le site de Gêfosse-Fontenay qui atteint des contributions maximales de 32 % et 48 % des échouages (suivi par Luc-Lion-sur-Mer avec respectivement 26 % et 22 %), tandis qu'au mois de septembre, près de 30 % des échouages se retrouvent sur la Pointe de Barfleur.

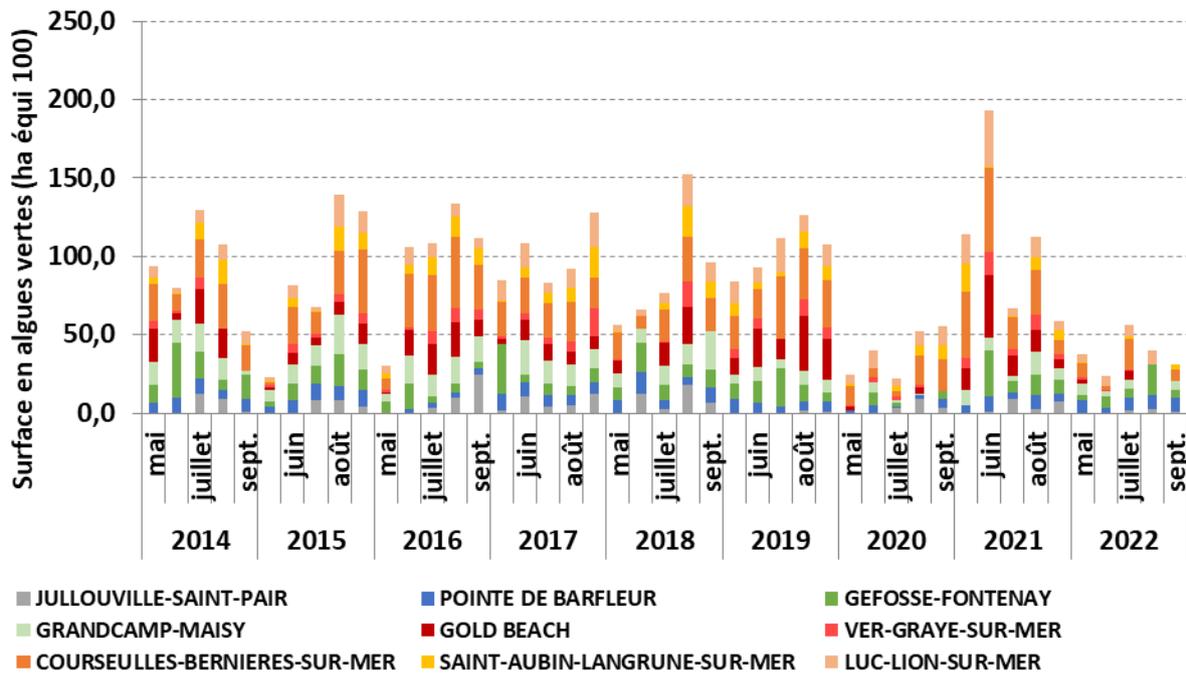


Figure 39. Evolution interannuelle des surfaces mensuelles en ulves sur les 9 sites suivis. Les surfaces correspondent à la somme des 5 inventaires de mai à septembre.

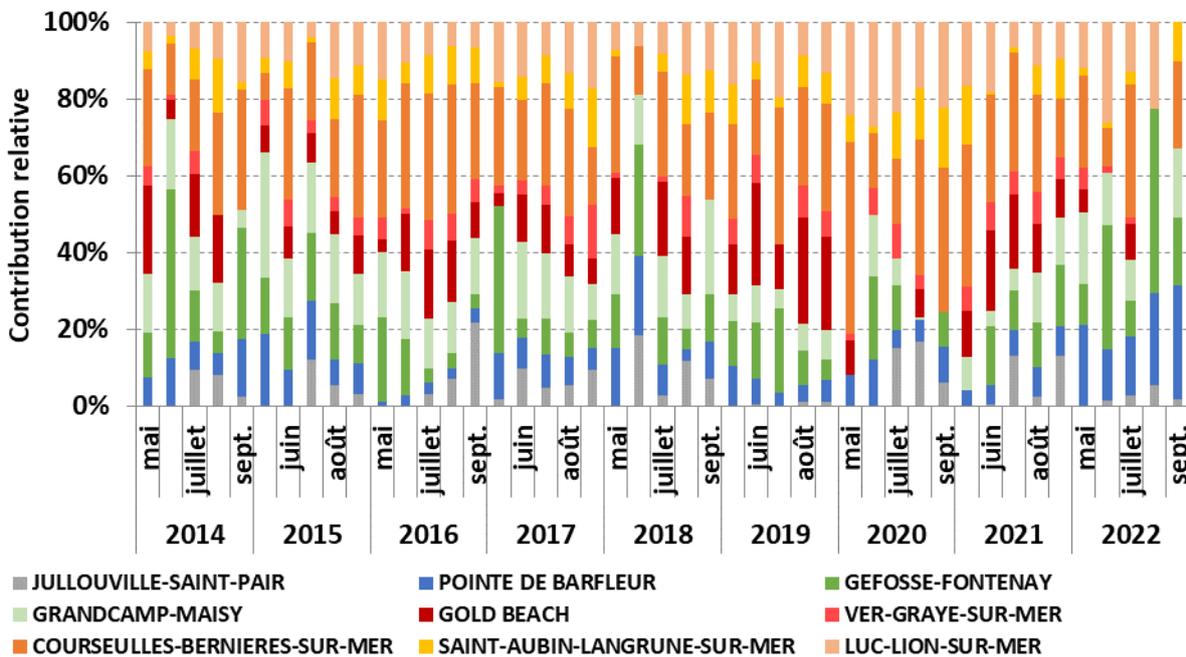


Figure 40. Evolution interannuelle de la contribution relative des 9 sites suivis (en %) par rapport à la surface mensuelle totale en ulves pour les 5 inventaires de mai à septembre.

## 4.2. Indices d'eutrophisation

### 4.2.1. 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 de la consommation 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 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 résilience d'un site aux mesures préventives.

Même si l'évolution saisonnière des contenus azotés des ulves apparait directement corrélée aux flux d'azote estuarien, il est aussi possible d'observer des pics de concentration en azote algal 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 algale : (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 (auto-ombrage). En effet, des différences de densité algale dans le rideau (source d'auto-ombrage) pourraient 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 d'azote et,
- d'autre part, les quantités d'algues stockées dans le site, en particulier dans l'infralittoral et dans le rideau, qui engendrent un auto-ombrage favorable au maintien de quotas élevés.

Il est important de noter que le facteur turbidité, affectant l'intensité lumineuse disponible pour 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 en surface, 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 pourraient être principalement à l'origine 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 propice à la 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. 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 liées 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 est plus propice au relargage de phosphore qu'un sédiment sableux. A l'extrême, les ulves se développant sur platiers rocheux ne bénéficient pas d'un apport sédimentaire direct en phosphore.

#### 4.2.2. Profils saisonniers des quotas

L'ensemble des missions ont pu être réalisées aux dates convenues de fin-avril à mi-septembre sur les 9 sites prévus dans le suivi RCO (Figure 41 et Tableau 17). Malgré les faibles surfaces d'échouages sur la majorité des sites en 2022, les prélèvements d'ulves ont pu se faire dans de petits dépôts (imperceptibles de l'avion) sur les plages. Seul 1 prélèvement n'a pas pu être réalisé début juillet sur le site de Géfosse-Fontenay car les échouages présents étaient en décomposition avec dégagement d' $H_2S$ . Pour plusieurs prélèvements, les ulves étaient de petites tailles dans les dépôts, notamment sur le site de Jullouville-Saint-Pair (« dépôts diffus et épars » selon les commentaires terrain), ou dans des dépôts en mélange avec principalement des algues rouges. Les profils des quotas en azote sont variables au cours de la saison selon les sites (Figure 42). Ces profils sont à mettre en lien avec les conditions météorologiques et les flux des cours d'eau à proximité des sites de prélèvements.

Pour le site de **Jullouville-Saint-Pair**, dès le début de saison, les profils azotés et phosphorés ne dépassent pas les seuils  $Q_1N$  et  $Q_1P$ , ce qui peut expliquer la faible présence des ulves sur ce secteur à cause d'une limitation de ces 2 facteurs. Les quotas azotés diminuent encore entre les échantillons de fin juin et mi-juillet pour se stabiliser juste au-dessus de la limite  $Q_0N$ . Ce n'est qu'en fin de saison, sur le dernier prélèvement début septembre que les quotas azotés remontent avec des teneurs à plus de 4,5 %. Cette augmentation est probablement due aux pluies orageuses qui ont eu lieu sur ce secteur entre le 15 et le 24 août 2022.

Au niveau du site de la **Pointe de Barfleur** les tendances des profils azotés et phosphorés se suivent bien que les teneurs en phosphore restent sous le seuil  $Q_1P$  sur une grande partie de la saison, entre début mai et fin août. L'apport en azote n'est pas limitant sur ce secteur au moins jusqu'en fin juillet où la teneur en azote passe sous la limite des 2 % mais remonte dès le prélèvement suivant. Ce profil ressemble à l'évolution « théorique » d'une saison classique avec une diminution globale des teneurs azotés sur la période estivale en raison de la consommation par les ulves et d'un apport terrigène plus faible des cours d'eau. L'accès suffisant aux nutriments azotés dans la colonne d'eau indique que les algues ont pu réaliser une croissance sur toute la saison ; ce qui peut expliquer les surfaces d'échouages relativement importantes sur ce site (en comparaison des autres sites pour cette année 2022). La baisse des surfaces algales en juin serait probablement plutôt liée à un arrachage plus important d'algues rouges lié aux coups de vents répétés entre le 18 et le 25 juin avec des rafales à plus de 50 km/h.

Dans le fond de la baie des Veys, pour le site de **Géfosse-Fontenay**, les quotas azotés n'ont pas été limitants sur la saison. De même pour les quotas phosphorés qui sont restés au-dessus du seuil  $Q_1P$  à part en début de saison lors des prélèvements de fin avril et fin mai. Le profil en azote présente une diminution entre mai et juillet, puis une remontée progressive jusqu'en septembre, avec malgré tout un apport ponctuel qui est survenu mi-juin avec des teneurs passant d'environ 2,6 % fin mai à 3,4 % mi-juin.

Au niveau de **Grandcamp-Maisy**, le profil azoté diminue fortement au cours du mois de mai (passant de 4 % à 2,7 %, se stabilise jusqu'à mi-juin puis chute en-dessous du seuil  $Q_0N$  au cours du mois de juillet. Les teneurs en azote remontent progressivement pour dépasser le seuil des 2 % en septembre. Le phosphore semble également limitant entre le mois de mai et août. Les faibles teneurs en azote

durant le mois de juillet peuvent expliquer les faibles couvertures en algues vertes sur la période d'août.

Les profils azotés pour les sites situés sur la côte de Nacre (**Gold Beach, Ver-Graye-sur-Mer, Courseulles-Bernières-sur-Mer, Saint-Aubin-Langrune-sur-Mer et Luc-Lion-sur-Mer**) sont similaires dans leur évolution avec des teneurs élevées en début de saison (autour de 4 %). Les quotas azotés diminuent ensuite lors des échantillonnages de mi-mai et se stabilisent à environ 3 % entre juin et juillet ce qui peut être le signe de l'eutrophisation du milieu. Les teneurs chutent plus ou moins rapidement pour passer sous le seuil  $Q_1N$  au cours du mois de juillet. Cette phase de consommation par les ulves pourrait se traduire par une phase de forte activité de croissance qui peut s'observer notamment à Gold Beach et Courseulles-Bernières-sur-Mer avec un pic de surfaces échouées. Finalement, les quotas azotés augmentent en fin de période à partir de mi-août.

En ce qui concerne les quotas phosphorés, ceux-ci ont également des évolutions similaires d'un site à l'autre et se situent sous le seuil  $Q_1P$  dès le début du mois de mai. Pour la plupart de ces sites contigus, les teneurs en phosphore descendent à la limite du seuil, voire sous le seuil de subsistance  $Q_0P$ . Ces teneurs basses en phosphore auraient pu limiter la croissance des algues vertes et pourraient expliquer les faibles surfaces d'échouages qui ont été observées sur la plupart des sites de la côte de Nacre.

Malgré des profils relativement similaires d'un site à l'autre sur la côte de Nacre, les évolutions des surfaces analysées ne montrent pas de tendances équivalentes. En effet, les quotas azotés et phosphorés des ulves permettent d'établir un statut nutritionnel des algues et d'évaluer la disponibilité des nutriments dans le milieu et l'association avec les biomasses observées devrait permettre de mieux comprendre l'origine des évolutions. Les conditions climatiques assez particulières et atypiques en 2022, avec un ensoleillement important et de fortes chaleurs en comparaison aux 30 dernières années. Le mois de juillet a également été sec puisque seulement 11 mm de pluie est tombé en moyenne sur la région contre 59 mm habituellement.



Figure 41. Localisation des prélèvements des échantillons d'ulves pour l'analyse des quotas internes en azote et phosphore pour les 9 sites prédéfinis dans le RCO Seine-Normandie en 2022.

Tableau 17. Date et localisation des prélèvements des échantillons d'ulves pour l'analyse des quotas internes en azote et phosphore pour les 9 sites prédéfinis dans le RCO Seine-Normandie en 2022.

SITE	DATE	LATITUDE	LONGITUDE	SITE	DATE	LATITUDE	LONGITUDE	SITE	DATE	LATITUDE	LONGITUDE
JULLOUVILLE-SAINT-PAIR	02/05/2022	48,8102920	-1,5868230	GRAND CAMP-MAISI	02/05/2022	49,3912810	-1,0518200	COURSEUILLES-BERNIERES-SUR-MER	03/05/2022	49,3400140	-0,4651930
	16/05/2022	48,8097570	-1,5891230		16/05/2022	49,3926650	-1,0514670		17/05/2022	49,3397230	-0,4633530
	30/05/2022	48,8100710	-1,5867590		31/05/2022	49,3923260	-1,0515510		02/06/2022	49,3402550	-0,4633020
	13/06/2022	48,8143560	-1,5894400		13/06/2022	49,3901650	-1,0515670		14/06/2022	49,3379700	-0,4662000
	01/07/2022	48,8113220	-1,5844160		02/07/2022	49,3926310	-1,0516740		02/07/2022	49,3400310	-0,4630650
	11/07/2022	48,8105760	-1,5855150		12/07/2022	49,3914360	-1,0532850		12/07/2022	49,3402330	-0,4629470
	30/07/2022	48,8112210	-1,5857960		30/07/2022	49,3920150	-1,0506640		31/07/2022	49,3383760	-0,4658040
	16/08/2022	48,8163630	-1,5875380		17/08/2022	49,3927860	-1,0512440		17/08/2022	49,3389230	-0,4642940
	30/08/2022	48,8118020	-1,5887230		31/08/2022	49,3927460	-1,0507490		31/08/2022	49,3397710	-0,4644790
	12/09/2022	48,8166560	-1,5860340		12/09/2022	49,3905150	-1,0506920		13/09/2022	49,3390680	-0,4646040
POINTE DE BARFLEUR	02/05/2022	49,6801310	-1,2694400	GOLD-BEACH	02/05/2022	49,3466470	-0,5258650	LUC-LION-SUR-MER	03/05/2022	49,3166270	-0,3430570
	16/05/2022	49,6802950	-1,2685430		17/05/2022	49,3486430	-0,5272260		17/05/2022	49,3152580	-0,3409850
	31/05/2022	49,6802220	-1,2713740		01/06/2022	49,3474460	-0,5290870		02/06/2022	49,3165580	-0,3405230
	13/06/2022	49,6800470	-1,2690510		14/06/2022	49,3456090	-0,5283870		14/06/2022	49,3151880	-0,3413170
	01/07/2022	49,6804500	-1,2697620		02/07/2022	49,3469090	-0,5267170		02/07/2022	49,3162340	-0,3399670
	11/07/2022	49,6804460	-1,2705930		12/07/2022	49,3485750	-0,5273230		12/07/2022	49,3154990	-0,3409440
	31/07/2022	49,6803410	-1,2695060		30/07/2022	49,3461920	-0,5294200		31/07/2022	49,3154410	-0,3388530
	16/08/2022	49,6803400	-1,2704730		17/08/2022	49,3490320	-0,5285440		17/08/2022	49,3155880	-0,3420230
	30/08/2022	49,6800460	-1,2694990		31/08/2022	49,3470140	-0,5281650		31/08/2022	49,3165390	-0,3402350
	12/09/2022	49,6802520	-1,2707900		12/09/2022	49,3472030	-0,5289810		13/09/2022	49,3158950	-0,3409390
GEFOSSE-FONTENAY	02/05/2022	49,3846860	-1,0901060	VER-GRAYE-SUR-MER	03/05/2022	49,3483330	-0,5096000	SAINT-AUBIN-LANGRUNE-SUR-MER	03/05/2022	49,3339280	-0,3934550
	16/05/2022	49,3861530	-1,0899600		17/05/2022	49,3475820	-0,5097220		17/05/2022	49,3331800	-0,3917860
	31/05/2022	49,3833500	-1,0894760		01/06/2022	49,3459110	-0,5096830		02/06/2022	49,3346640	-0,3937960
	13/06/2022	49,3818320	-1,0900030		14/06/2022	49,3448540	-0,5131020		14/06/2022	49,3326610	-0,3933090
	02/07/2022	-	-		02/07/2022	49,3452190	-0,5102680		02/07/2022	49,3348610	-0,3940130
	11/07/2022	49,3850180	-1,0916140		12/07/2022	49,3481630	-0,5087590		12/07/2022	49,3344160	-0,3936200
	30/07/2022	49,3828710	-1,0894910		30/07/2022	49,3468390	-0,5109300		31/07/2022	49,3337660	-0,3941760
	16/08/2022	49,3817370	-1,0902520		17/08/2022	49,3459650	-0,5113720		17/08/2022	49,3330590	-0,3933020
	31/08/2022	49,3831460	-1,0895160		31/08/2022	49,3465270	-0,5093250		31/08/2022	49,3351340	-0,3951440
	12/09/2022	49,3818110	-1,0899750		13/09/2022	49,3481170	-0,5071760		13/09/2022	49,3338890	-0,3910470

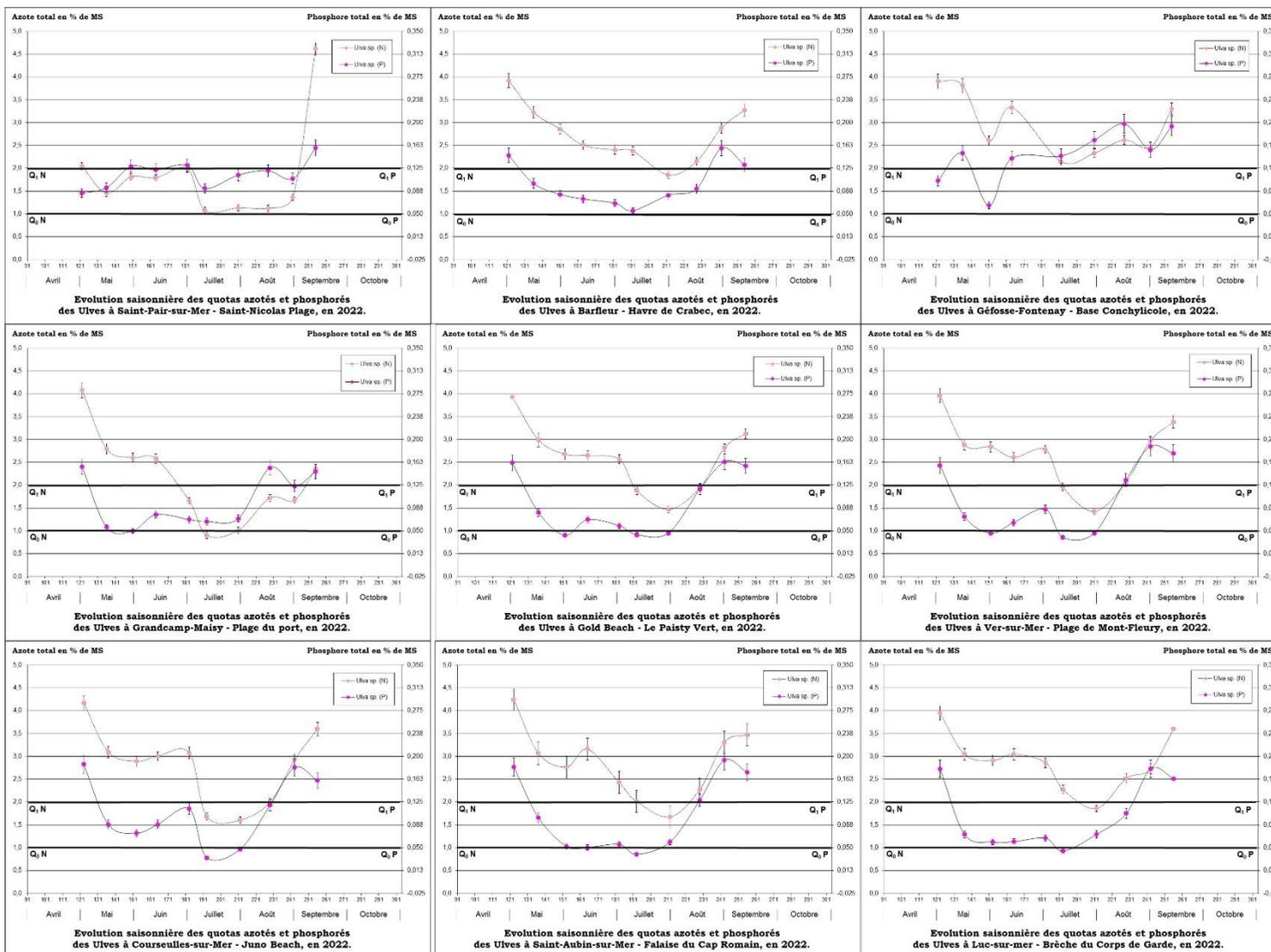


Figure 42. Evolution des quotas azotés et phosphorés sur la saison 2022 pour les sites 9 sites définis dans le RCO Seine-Normandie. Les lignes noires représentent les seuils critiques Q1N/P (à 2% et 0.125%) et de subsistance Q0N/P (à 1% et 0.05%).

## 5. Conclusions

### 5.1. Partie RCS (Réseau de Contrôle de Surveillance)

L'année 2022 est la 15<sup>ème</sup> année de suivi du littoral de Seine-Normandie pour le Réseau de Contrôle de Surveillance (RCS) de la DCE. Les approches mises en œuvre par les équipes CEVA ont permis d'une part de dénombrer les sites touchés et d'autres parts d'estimer les surfaces couvertes par les échouages d'ulves. L'expertise du CEVA ainsi que les données des suivis permettent d'évaluer la qualité des masses d'eau du littoral Seine Normandie dans le cadre de la DCE.

L'analyse des données 2022 a mis en évidence :

- Une surface totale d'ulves **faible** par rapport aux autres années, la plus faible de la série pour les 3 inventaires RCS ainsi que pour le RCO (cumul des échouages des 5 inventaires sur les 9 sites RCO),
- **19 sites concernés** au moins 1 fois par des échouages d'ulves (la moyenne interannuelle étant de 18 sites classés au moins 1 fois),
- avec **40 sites classés au total** sur les 3 inventaires, c'est équivalent à la moyenne interannuelle, mais avec 5 sites touchés à 1 seule reprise, 7 sites touchés à 2 reprises, et 7 sites touchés à 3 reprises. Sur la saison, cela correspond à 13 sites impactés au mois de mai (moyenne = 11), 17 sites au mois de juillet (moyenne = 15) et 10 sites au mois de septembre (moyenne = 14). Le nombre de sites classés en mai et juillet est donc supérieur à la moyenne interannuelle avec pourtant des surfaces les plus faibles. Cela montre bien que l'indicateur du nombre de sites classés permet d'évaluer l'étendue des échouages mais pas de définir son importance. En l'occurrence, en 2022, beaucoup de sites n'ont été impactés que par de faibles surfaces inférieures à 5 ha,
- à part les sites Jullouville-Saint-Pair et Sud Granville, aucun autre site n'a été impacté par des échouages d'ulves en 2022 sur la partie ouest Cotentin,
- les sites sur le littoral de la Seine-Maritime n'ont pas été impactés par des échouages massifs d'ulves sur ces 3 inventaires,
- beaucoup d'échouages sont caractérisés par des mélanges d'algues vertes, rouges ou brunes en proportions variables selon les sites et les inventaires. La proportion d'algues rouges par rapport aux vertes dans le dépôt est parfois trop importante pour déclencher le classement du site et de fait l'estimation de la surface (ha).
- des observations **d'échouages à risque** (sanitaire notamment), en particulier sur le site de **Gefosse-Fontenay (avec une valeur de 7ppm)**, ou localement sur le site de la **Pointe de Barfleur**,
- **144,5 ha** d'ulves digitalisés en 2022 sur les 3 inventaires, soit une diminution d'environ 45 % par rapport à la moyenne interannuelle (265 ha),
- une contribution significative de la Pointe de Barfleur, de Géfosse-Fontenay et de Courseulles-Bernières-sur-Mer sur les surfaces annuelles relevées sur l'ensemble du littoral normand,

Concernant le suivi interannuel dans le cadre de la DCE, les indices EQR évaluant la qualité écologique des masses d'eau a montré, sur la période 2017-2022 :

- **10** masses d'eau en **très bon** état écologique
- **3** masses d'eau en **bon** état écologique
- **2** masses d'eau en état écologique **moyen** (FRHC08, FRHC12)
- **1** masse d'eau en état écologique **mauvais** (FRHC13)

## 5.2. Partie RCO (Réseau de Contrôle Opérationnel)

L'année 2022 est la 9<sup>ème</sup> année de suivi du Réseau de Contrôle Opérationnel (RCO) sur le littoral Seine-Normandie, pour le suivi renforcé de 9 sites prédéfinis avec 2 inventaires supplémentaires (juin et août). Les campagnes de terrain ont permis d'effectuer des prélèvements tous les 15 jours entre fin avril et début septembre. Seulement 1 prélèvement n'a pas pu être réalisé sur le site de Géfosse-Fontenay en raison de la présence d'un échouage en décomposition composé d'un mélange d'algues rouges, vertes et brunes (principalement des ectocarpales), sans la possibilité de trouver des thalles d'ulves en suffisamment bon état pour les analyses.

Les suivis RCO permettent de compléter et renforcer l'analyse des surfaces des marées vertes sur les 9 sites du littoral Seine-Normandie qui sont régulièrement impactés par les problématiques d'échouages d'algues et ceci de manière plus soutenue sur la période de productivité algale. Ces suivis permettent également de suivre les contenus internes en azote et en phosphore qui peut être un indicateur des apports en nutriments dans la colonne d'eau et donc de l'état d'eutrophisation du milieu. En perspective, l'analyse de la série temporelle des quotas internes pourrait être couplée à celle des facteurs environnementaux et anthropiques afin d'identifier les principales causes des échouages d'algue observés sur le littoral.

En ce qui concerne l'estimation surfacique des dépôts sur toute la saison 2022 (de mai à septembre), sur les 9 sites suivis dans le cadre du RCO :

- les surfaces cumulées en algues vertes et leur évolution sur la saison sont variables selon les sites,
- pour Gold Beach et Courseulles-Bernières-sur-Mer, le pic de biomasse est atteint en juillet, tandis que pour Géfosse-Fontenay et Luc-Lion-sur-Mer, il est atteint en août.
- les surfaces digitalisées sont **faibles** par rapport aux années précédentes, avec **187,4 ha** pour les 9 sites sur les 5 inventaires, **c'est le minimum** observé depuis le début des suivis RCO,
- le site de Courseulles-Bernières-sur-Mer présente la contribution relative la plus élevée seulement pour les mois de mai et juillet (24 et 35 %). Pour les mois de juin et août, c'est le site de Géfosse-Fontenay qui présente la contribution la plus élevée (32 et 48 %) tandis qu'au mois de septembre, c'est le site de la Pointe de Barfleur qui est majoritaire (29 %). Le site de Luc-Lion-sur-Mer conserve une contribution relative entre 12 et 26 %.

En ce qui concerne les indices d'eutrophisation estimés par les quotas internes en azote et phosphore, on peut observer :

- Des apports locaux et ponctuels au cours de la saison avec des pics observés au mois de juin, probablement liés à des pluies abondantes,
- Une stabilisation des nutriments azotés entre mai et juin au niveau des sites de la côte de Nacre probablement due à l'eutrophisation du milieu et des apports de la Seine,
- les contenus en azote passent régulièrement sous le seuil  $Q_{1N}$  de 2% et pourraient expliquer une limitation de la croissance des algues pour ce paramètre,
- des teneurs en phosphore également limitantes sur la majorité des sites, avec quelques mesures en-dessous du seuil  $Q_{0P}$ ,
- des profils en azote et en phosphore similaires pour les sites situés sur le littoral du Calvados, ce qui peut traduire une connexion entre les masses d'eau de ces sites.

## 6. Annexes

Liste des annexes :

- **Annexe 1** : Etapes de traitements pour l'estimation des surfaces couvertes par les ulves sur un site classé.
- **Annexe 2** : Questionnaire envoyé aux communes littorales pour évaluer les ramassages d'algues échouées.



*Annexe 1. Etapes de traitements pour l'estimation des surfaces couvertes par les ulves sur un site classé.*

**Etape 1 :**

Prise de photographies aériennes du site et des échouages d'ulves au moment de la basse mer



**Etape 2 :**

Géoréférencement des clichés aériens et création d'une mosaïque sous SIG



**Etape 3 :**

Digitalisation des surfaces d'échouages



**Etape 4 :**

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



**Etape 5 :**

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

Annexe 2. Questionnaire envoyé aux communes littorales pour évaluer les ramassages d’algues échouées.

DEPARTEMENT : «dep»  
COMMUNE : «nomcom»

**ENQUETE SUR LES  
PROLIFERATIONS ET RAMASSAGES**

A renvoyer dès que possible :  
par mail à : [algues@ceva.fr](mailto:algues@ceva.fr)  
par courrier : CEVA, BP 3, 22610 PLEUBIAN

Description des proliférations et échouages			Si ramassage						
Localisations des proliférations et échouages : noms des plages, vasières, petits fonds, lagunes ... concernés.	Date(s) d'apparition des proliférations et échouages Par localisation	Date(s) de fin des proliférations et échouages Par localisation	Type d'algues : - % algues vertes (si connu, préciser type) - % autres algues (brunes et rouges) - % « herbes marines » (Zostères) - % détritus Par localisation	Date(s) de ramassage Par plage	Quantités ramassées en 2014 (en m3, si possible *) Par plage	Moyens techniques mis en oeuvre pour le ramassage	Organisme chargé du ramassage. Précisez si : - service municipal - entreprise privée - autres	Coût total estimé du ramassage (chargement + transport : préciser si HT ou TTC)	Devenir des algues

\* si les ramassages sont mesurés en tonnes, merci d'indiquer, si possible, en plus des tonnes ramassées, une équivalence tonnes/m3 et comment elle a été évaluée.

**Remarque :** En 2019, ce questionnaire a été numérisé afin de permettre aux communes de répondre directement en ligne sur le site internet du CEVA.