

CENTRE D'ÉTUDE
& DE VALORISATION
DES ALGUES



ALGAE TECHNOLOGY
& INNOVATION
CENTRE

SUIVI DES BLOOMS DE MACROALGUES OPPORTUNISTES SUR LE LITTORAL SEINE-NORMANDIE

Réseau de Contrôle de Surveillance (RCS) et Réseau de
Contrôle Opérationnel (RCO)

Année 2023

Rapport Annuel

Contrat AELB : 20GC042-01 - Mars 2024

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 pôle « 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.	Echouages d'autres algues	27
3.2.3.	Sargasses (Algues brunes)	31
3.2.4.	Echouages « à risque »	33
3.3.	Estimation quantitative surfacique	36
3.3.1.	Evolution saisonnière des échouages d'ulves pour le suivi RCS 2023.....	36
3.3.2.	Evolution interannuelle des échouages d'ulves de 2008 à 2023	42
3.4.	Fiches web	46

3.5.	Enquêtes sur le ramassage	46
3.6.	Classement DCE des différentes masses d'eau normandes.....	47
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.....	73
4.2.	Indices d'eutrophisation.....	76
4.2.1.	Eléments d'interprétation des profils saisonniers	76
4.2.2.	Profils saisonniers des quotas	78
5.	Conclusions.....	84
5.1.	Partie RCS (Réseau de Contrôle de Surveillance)	84
5.2.	Partie RCO (Réseau de Contrôle Opérationnel)	85
6.	Annexes	87

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 6 mai 2023 sur la plage de Landemer (site de La Pointe de Barfleur) caractérisée par un vaste dépôt d'algues rouges.....	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 morphologies 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 2023 sur le littoral Seine-Normandie. (B) Nombre total de classements par année, entre 2008 et 2023. (C) Détail du nombre de classement par inventaire et par année de suivi entre 2008 et 2023. Les lignes en pointillés rouges représentent la moyenne entre 2008 et 2023. Les acquisitions aériennes pour les années notées d'un « * » ont été réalisées lors des créneaux de marées de vives eaux de fin de mois. .	25
Figure 8. Répartition des sites classés et leurs occurrences sur les 3 inventaires de mai, juillet et septembre du RCS 2023.	26
Figure 9. Photographies aériennes et de terrain des sites de Bréhal – Annoville (gauche) et Pirou (droite) en juillet 2023.....	27
Figure 10. Photographies aérienne et de terrain de la plage La Bretonne situé sur le site de Barfleur au mois de mai 2023 concerné par d'importants échouages d'algues rouges.....	28
Figure 11. Echouages d'algues brunes (de type ectocarpales) sur le secteur de Crasville sur le site de Saint-Vaast-la-Hougue au mois de mai 2023.	28
Figure 12. Echouages d'algues rouges sur le site de Gold Beach au mois de septembre 2023.....	29
Figure 13. Echouage massif d'algues rouges sur le site de Yport en juillet 2023.....	29
Figure 14. Photographies réalisées par drone (haut) et sur le terrain (bas) en 2023 sur le site de Bréhal-Annoville dans le cadre du projet SARZO. Les Sargasses (touffes marrons) se développent rapidement au détriment des herbiers de zostères (de couleur verte).....	32
Figure 15. Présence de quelques sargasses dans les échouages en mélange à Gold Beach en septembre (haut-gauche), échouage principalement de sargasses en haut de plage à Pirou au mois de juillet	

(haut-milieu), échouage très dense mono-spécifique de sargasses à Courseulles-sur-Mer au mois de juin (haut-droite), photos aériennes des échouages de sargasses à Courseulles-sur-Mer (bas-gauche) et à Luc-Lion-sur-Mer avec également les sargasses fixées en bas de l'eau.	33
Figure 16. Observation des dépôts en putréfaction avec, ou non, dégagement d'H ₂ S.	35
Figure 17. 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 2023 avec le rappel des données depuis 2008.	38
Figure 18. Répartition géographique des sites concernés : cumul des surfaces observées par site lors des 3 inventaires (mai, juillet, septembre) de 2023.	39
Figure 19. Répartition géographique des sites concernés : cumul des surfaces observées par masse d'eau lors des 3 inventaires (mai, juillet, septembre) de 2023.	41
Figure 20. (A) Surfaces d'échouages par mois d'inventaire observées sur le littoral Seine-Normandie de 2008 à 2023. (B) Surfaces cumulées totales annuelles des échouages observés sur le littoral Seine-Normandie de 2008 à 2023. Les lignes en pointillés rouges représentent la moyenne entre 2008 et 2023. Les acquisitions aériennes pour les années notées d'un « * » ont été réalisées lors des créneaux de marées de vives eaux de fin de mois. La courbe en pointillés noirs représente l'évolution relative des échouages localisés sur la façade Loire-Bretagne sur la période 2008-2022 (les données 2023 ne sont pas encore finalisées).	43
Figure 21. Répartition géographique des sites concernés : cumul des surfaces observées par site lors des 3 inventaires (mai, juillet, septembre) de 2008 à 2023.	44
Figure 22. Répartition géographique des sites concernés : cumul des surfaces observées par masse d'eau lors des 3 inventaires (mai, juillet, septembre) de 2008 à 2023.	45
Figure 23. Calcul des EQR et de l'état écologique des masses d'eau Seine-Normandie de type 1 et de type 2 en 2023.	49
Figure 24. Evolution annuelle de l'EQR pour chacune des masses d'eau de type 1 du littoral Seine-Normandie.	50
Figure 25. Evolution annuelle de l'EQR pour chacune des masses d'eau de type 2 du littoral Seine-Normandie.	51
Figure 26. Cartographie de l'état écologique des masses d'eau du littoral Seine-Normandie pour l'indicateur « Blooms de macroalgues opportunistes ».	53
Figure 27. Evolution des surfaces d'ulves sur les 5 inventaires au cours de la saison 2023. Les courbes en pointillés rouges représentent les moyennes interannuelles mensuelles.	70
Figure 28. Surfaces cumulées des échouages d'ulves lors des 5 inventaires de mai à septembre (RCS+RCO) de l'année 2023. Les surfaces sont exprimées en ha équivalent 100%.	71
Figure 29. Variations mensuelles des échouages d'ulves lors des 5 inventaires de mai à septembre (RCS+RCO) de l'année 2023. Les surfaces sont exprimées en ha équivalent 100%.	72
Figure 30. Evolution interannuelle de la surface cumulée en ulves sur les 9 sites suivis entre 2014 et 2023. Le cumul correspond à la somme des 5 inventaires de mai à septembre. Les pointillés rouges représentent les moyennes interannuelles pour chaque site.	73

Figure 31. Surfaces couvertes par les ulves sur les 9 sites RCO du littoral Seine-Normandie sur le cumul des 5 inventaires de mai à septembre entre 2014 et 2023.	74
Figure 32. Evolution interannuelle des surfaces mensuelles en ulves sur les 9 sites suivis. Les surfaces correspondent à la somme des surfaces des 9 sites pour chacun des 5 inventaires.....	74
Figure 33. 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.....	76
Figure 34. Evolution interannuelle (2014-2023) des quotas azotés et phosphorés pour les sites de Jullouville-Saint-Pair-sur-Mer, Barfleur et Gêfosse-Fontenay. La ligne rouge en trait pointillé indique le quota critique (Q1 N/P à 2% et 0.125%). La ligne rouge en trait plein indique le quota de subsistance (Q0 N/P à 1% et 0.05%).	81
Figure 35. Evolution interannuelle (2014-2023) des quotas azotés et phosphorés sur la saison 2023 pour les sites de Grandcamp-Maisy, Gold Beach et Ver-Graye-sur-Mer. La ligne rouge en trait pointillé indique le quota critique (Q1 N/P à 2% et 0.125%). La ligne rouge en trait plein indique le quota de subsistance (Q0 N/P à 1% et 0.05%).	82
Figure 36. Evolution interannuelle (2014-2023) des quotas azotés et phosphorés sur la saison 2023 pour les sites de Courseulles-Bernières-sur-Mer, Saint-Aubin-Langrune-sur-Mer et Luc-Lion-sur-Mer. La ligne rouge en trait pointillé indique le quota critique (Q1 N/P à 2% et 0.125%). La ligne rouge en trait plein indique le quota de subsistance (Q0 N/P à 1% et 0.05%).	83

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 2023.	21
Tableau 6. Récapitulatif des sites classés en 2023 pour les 3 inventaires de mai, juillet et septembre du RCS Seine-Normandie. Les sites en gras représentent les 9 sites qui bénéficient de vols complémentaires en juin et août dans le cadre du RCO.	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.	30
Tableau 8. Surfaces estimées en ulves lors des 3 inventaires de l'année 2023 pour tous les sites classés. Les surfaces sont exprimées en hectares équivalent 100 %.	37
Tableau 9. Surfaces de couverture par les ulves par masse d'eau lors des trois inventaires RCS de l'année 2023. Les surfaces sont exprimées en hectare équivalent 100%).	40
Tableau 10. 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 (2018-2023).	52
Tableau 11. 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 (2018-2023).	52
Tableau 12. Dates des acquisitions aériennes et des observations terrain pour les inventaires RCO de l'année 2023.	66
Tableau 13. Récapitulatif des sites classés en 2023 pour les 2 inventaires de juin et août du RCO Seine-Normandie.....	67
Tableau 14. Surfaces d'algues vertes digitalisées lors des 2 inventaires RCO de l'année 2023 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.	69
Tableau 15. Récapitulatif des contributions relatives (%) de chaque site pour chaque inventaire de l'année 2023 et comparaison avec les contributions moyennes mensuelles interannuelles depuis 2014.75	

Tableau 16. 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 2023. Les dates en orange représentent les prélèvements qui n’ont pas pu être réalisés par l’absence d’échouage d’ulves..... 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).

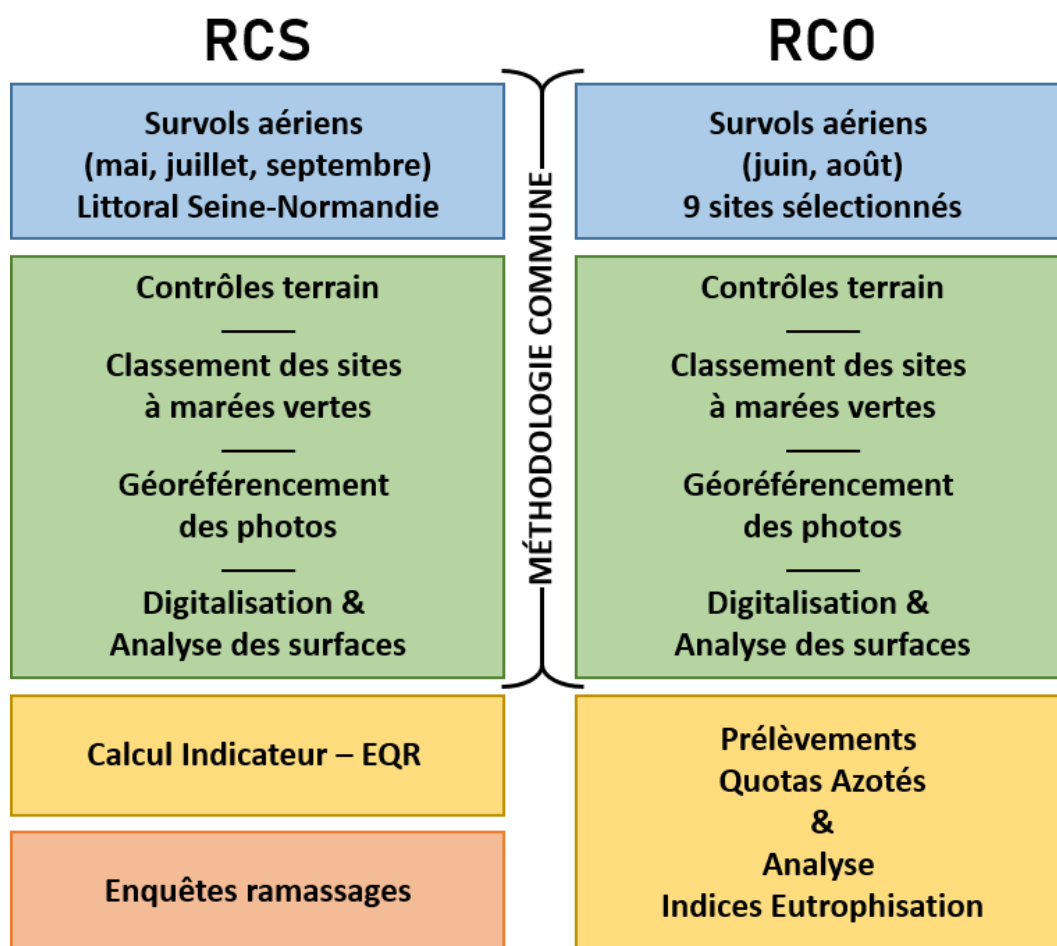


Figure 1. Récapitulatif des actions menées dans le cadre des programmes de Réseau de Contrôle de Surveillance (RCS) et Réseau de Contrôle Opérationnel (RCO).

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 du marché publié par les Agences de l'Eau assure le suivi de la qualité des eaux côtières 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 (type Nikon D7500 de 21 MP équipé d'un objectif Nikkor 18-140 VR) munis d'un module 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 rencontrés, 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 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 dominées 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 6 mai 2023 sur la plage de Landemer (site de La Pointe de Barfleur) caractérisée par un vaste dépôt d'algues rouges.

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
		Jullouville-Saint-Pair	1
		Sud Granville	1
Ouest Cotentin	FRHC03	Nord Granville	1
		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	Pointe De Barfleur	2
Anse De Saint-Vaast La Hougue	FRHC09	Saint Vaast - Quineville	1
Baie Des Veys	FRHC10	Grandcamp-Maisy	2
		Utah Beach	2
Côte Du Bessin	FRHC11	Omaha Beach	2
		Port-En-Bessin	2
Côte De Nacre Ouest	FRHC12	Gold Beach	1
		Arromanches - Asnelles	1
		Ver-Graye-Sur-Mer	1
		Courseulles-Bernières-Sur-Mer	1
Côte De Nacre Est	FRHC13	Saint-Aubin-Langrune-Sur-Mer	1
		Luc-Lion-Sur-Mer	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	Gefosse-Fontenay	1
La Risle	FRHT07	nd.	nd.

2.1.4. Géoréférencement des photos

Les sites qui sont 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^{er} 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 et appliquée 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.

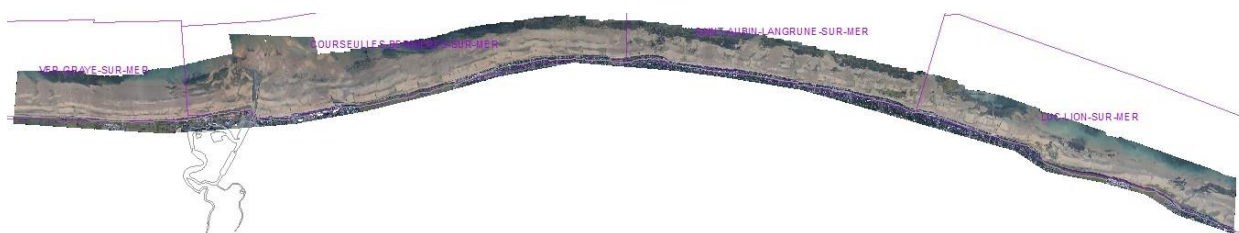


Figure 3. Exemple d'un résultat du traitement par mosaïquage automatique de plusieurs photos aériennes sur les sites de Ver-Graye-sur-Mer, Courseulles-sur-Mer, Saint-Aubin-Langrune-sur-Mer et Luc-Lion-sur-Mer. Cette mosaïque est caractérisée par des paramètres de contraste et luminosité homogènes et 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^{ème} et 1/5000^{ème}. 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 terminent au niveau de la baie de Somme au maximum (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 actuellement 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.

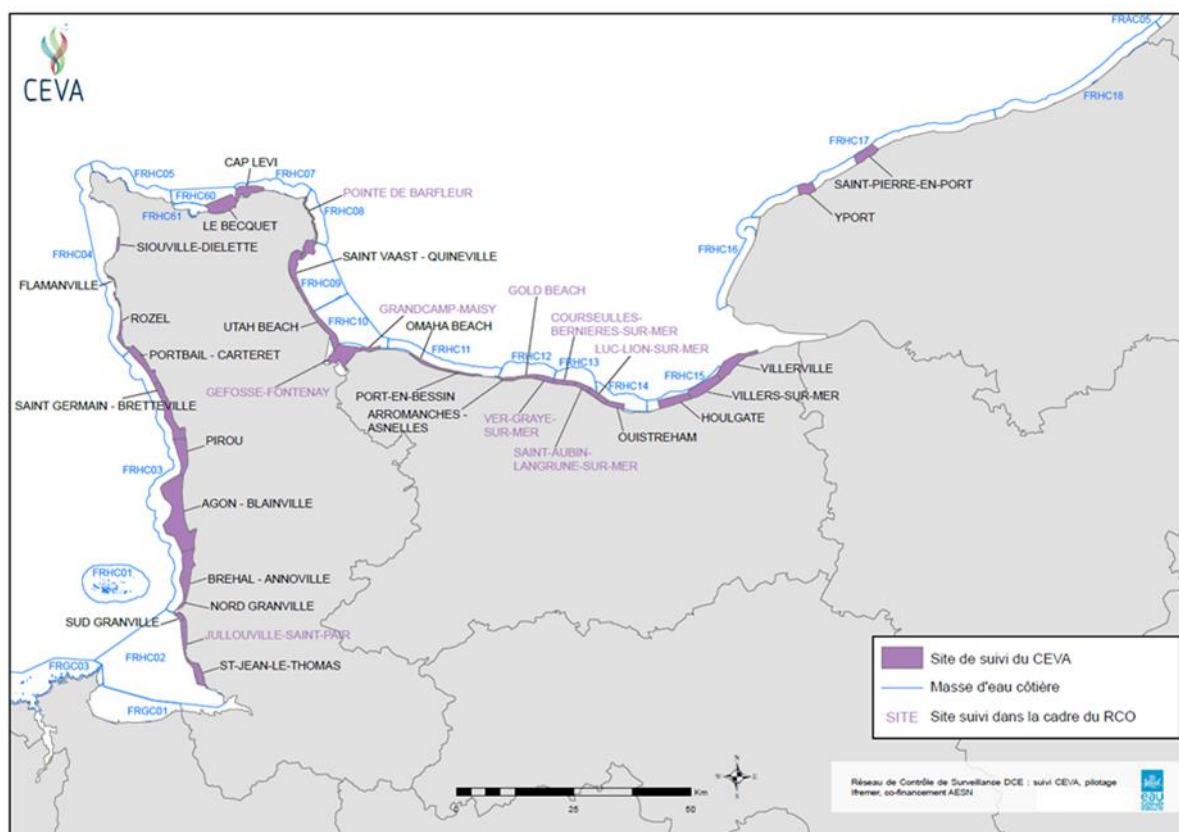


Figure 4. Carte des masses d'eau du bassin Seine-Normandie, suivies dans le cadre du programme RCS de l'indicateur « blooms de macroalgues opportunistes ». Les sites en violet correspondent au redécoupage, au sein des masses d'eau, des secteurs pouvant représenter un risque de développement d'algues 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 correspondants 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)¹ 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)² 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).

¹ 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».

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



typologie des sites à marée vertes en fonction de la morphologie des algues
(inventaires de mai à septembre 2013 - Contrôle de Surveillance DCE)

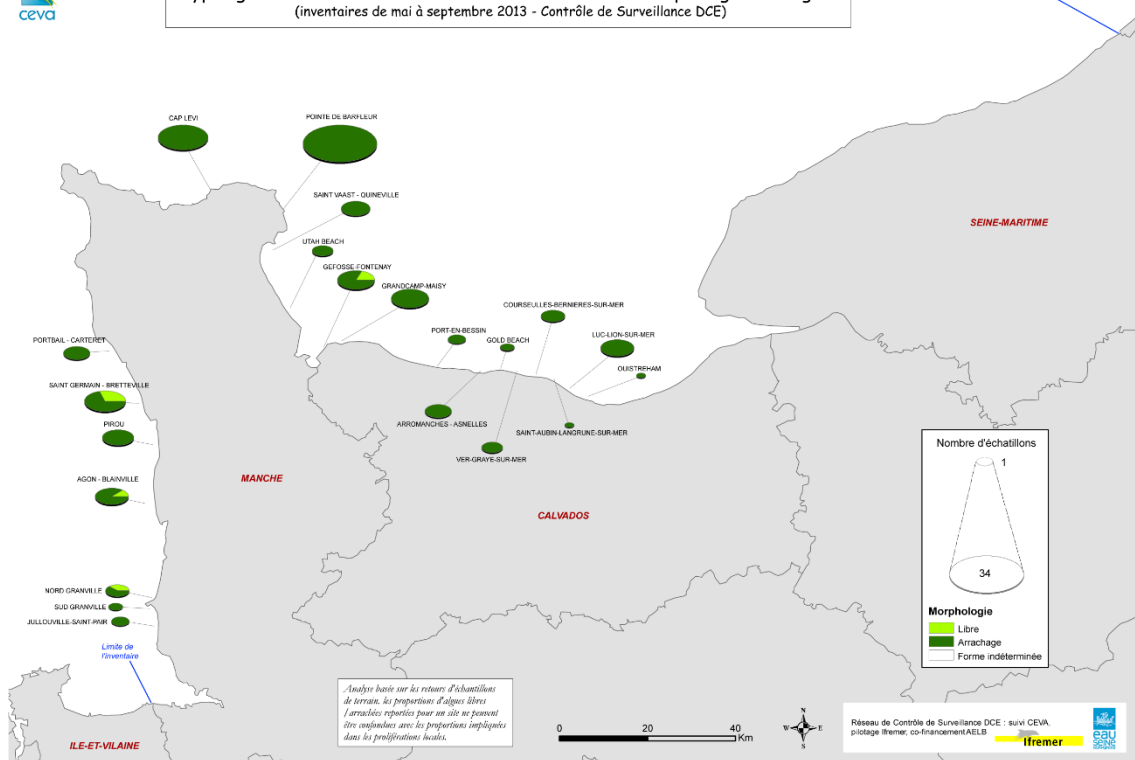


Figure 5. Comparaison des morphologies des algues vertes entre les formes libres et d'arrachage sur le littoral normand.

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[	[1-0.825[	Très bon
[0.5-1.5[	[0.25-0.75[	[10-30[	[0.825-0.617[	Bon
[1.5-4[	[0.75-2[	[30-60[	[0.617-0.4[	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)³ 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.

³ 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 2024. 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 CEVA⁴ et disponible également sur le site de l'Agence de l'Eau Seine-Normandie⁵. 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.

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

⁵ http://www.eau-seine-normandie.fr/qualite-de-l-eau/qualite-des-eaux-littorales/surveillance_echouage_algues

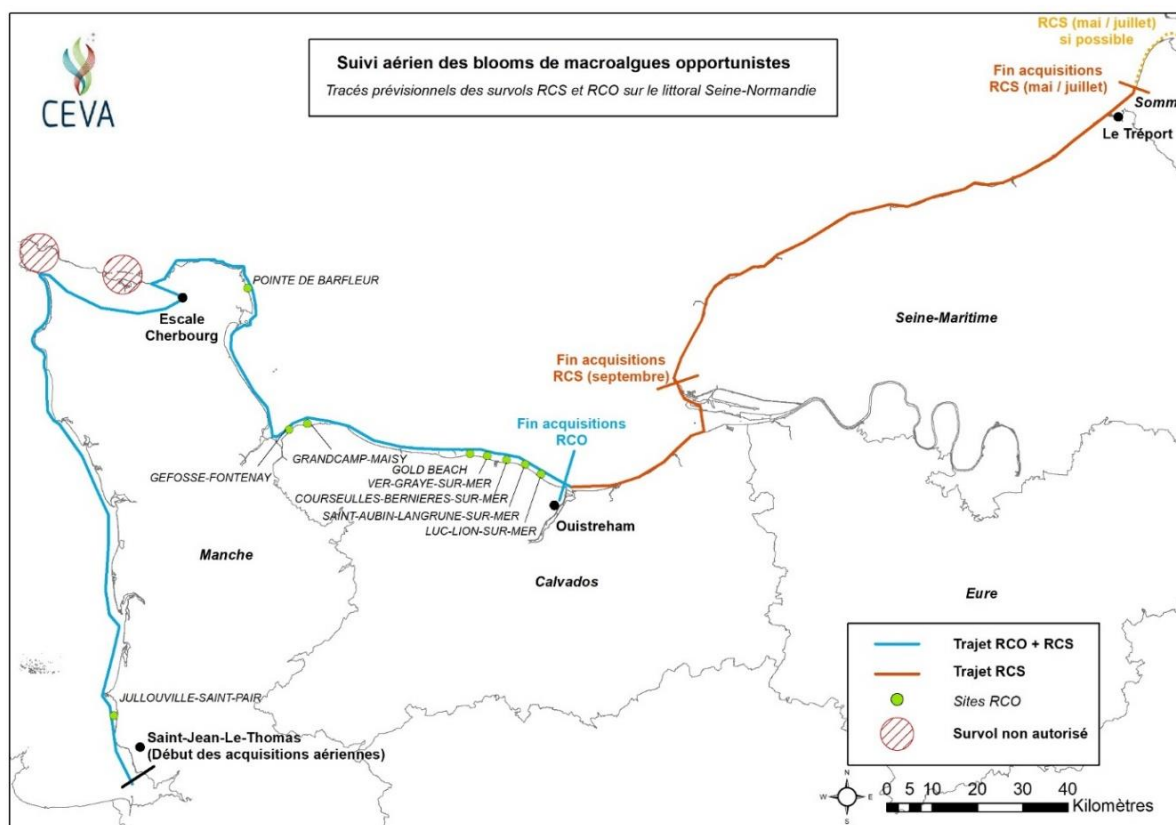


Figure 6. Cartographie des survols aériens effectués le long du littoral Seine-Normandie avec le parcours RCO (trajet bleu) et les 9 sites suivis et le parcours RCS (trajet bleu + orange).

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 10 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 lorsque 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.

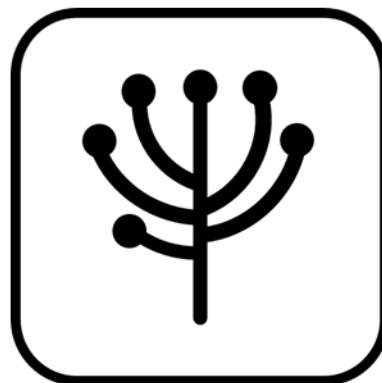
De retour au laboratoire, les lots ont été conditionnés : nettoyage dans un ou plusieurs bains d'eau de mer, rinçage rapide à l'eau distillée pour éliminer le sel, congélation des échantillons à -20 °C et lyophilisation. Avant chaque analyse, les lots ont été homogénéisés au broyeur. Chaque lot a fait 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

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 2023 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 chaque inventaire, 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).

Les observations et échantillonnages sur le terrain ont été réalisés rapidement à la suite des vols tel que préconisé 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 40, 93 et 69 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 2023.

Inventaire RCS	Date du vol	Coefficient de marée	Littoral survolé	Date des observations <i>in situ</i>	Nombre de fiches réalisées
MAI	05/05/2023	88	Saint-Jean-le-Thomas > Le Tréport	06-08/05/2023	40
JUILLET	03/07/2023	84	Saint-Jean-le-Thomas > Baie de Somme	04-06/07/2023	93
SEPTEMBRE	01/09/2023	110	Saint-Jean-le-Thomas > Le Havre	02-04/09/2023	69

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 identifiable par avion, est particulièrement sensible sur le littoral Seine-Normandie qui présente des échouages souvent mixtes (mélanges d'algues vertes, rouges, brunes). En 2023, 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 lorsque ces dernières représentaient moins de 30 % de l'échouage. Pour l'ensemble des 3 inventaires du RCS 2023, sur les 33 sites du littoral Seine-Normandie, **16 sites ont été classés au moins 1 fois** comme concernés par des échouages d'ulves (Tableau 6), ce qui est inférieur à la moyenne interannuelle (18,3 sites classés au moins 1 fois par an) et parmi les années les moins impactées avec 2008, 2012, 2016 et 2018. Parmi ces sites, **4 ont été classés une seule fois, 6 sites ont été classés à 2 reprises et 6 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 tenant compte du nombre total de sites classés, l'année 2023 comprend 34 occurrences de sites concernés par des proliférations d'algues vertes. C'est relativement peu selon la chronologie depuis 2008 (moyenne interannuelle de 39 sites), avec 2 années en deçà, en 2008 avec 29 sites et 2013 avec 31 sites. Les années 2017 et 2021 avaient été plus largement impactées avec respectivement 48 et 47 sites classés au total. **Cette année 2023 est donc caractérisée par une saison d'échouages d'algues vertes relativement peu étendue** (Figure 7B).

En début de saison, au mois de mai, 12 sites ont été classés ce qui correspond à la moyenne interannuelle pour cet inventaire (11,4 sites en moyenne) et indique donc une situation habituelle pour cette saison avec des échouages d'algues vertes sur les principaux sites d'observation. Cependant, au mois de juillet le nombre de sites impactés est inférieur à la moyenne interannuelle avec un écart encore plus important au mois de septembre avec respectivement 13 sites (moyenne pour juillet à 14,7 sites) et 9 sites (moyenne pour septembre à 13,3 sites). Cela indique que l'occurrence des échouages d'algues a rapidement diminuée au cours de la saison avec d'ailleurs une fin de saison minimale, en termes de sites classés, par rapport à l'historique des suivis (Figure 7C). Les 7 années, 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. Les années 2016, 2019, 2021 et 2023 se situent autour de la moyenne du mois de mai et représentent donc des situations « habituelles » pour cette saison (Figure 7C). D'autre part, les 8 années pour lesquelles le nombre de sites touchés par des échouages en septembre a été supérieur à la moyenne interannuelle, peuvent être qualifiées de tardives. L'année 2023 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 2023 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 (Figure 8). Cette année aucun site sur la côte ouest du Cotentin n'a été classé, y compris les sites de Jullouville-Saint-Pair et Granville qui peuvent parfois présenter des échouages d'algues vertes. Les autres sites de ce secteur sont rarement impactés par des échouages massifs d'algues

vertes même s'il n'est pas rare d'observer des échouages parfois relativement importants d'algues brunes. Les côtes de la Seine-Maritime sont en général peu voire non impactées par des échouages d'algues vertes à part, notamment, les sites de Yport et Saint-Pierre-en-Port qui peuvent présenter des échouages denses en mélange mais qui restent localisés et confinés.

Il faut rappeler que le classement d'un site se fait notamment par l'appréciation d'une proportion supérieure à 30% d'ulves dans l'échouage lors du contrôle sur le terrain. Les dépôts majoritairement composés d'algues rouges ou brunes, bien que pouvant engendrer des nuisances équivalentes, sont considérés dans ces suivis mais pas comptabilisés comme une prolifération d'algues vertes issue de l'eutrophisation du milieu. C'est souvent le cas sur les côtes normandes et particulièrement cette année où la plupart des échouages sont en mélange et sous la limite de classement du site, y compris pour les sites de la côte de Nacre (de Courseulles-Bernières-sur-Mer à Luc-Lion-sur-Mer) qui présentent habituellement des échouages dominés par les ulves. En moyenne, sur toutes les observations terrain qui ont été effectuées sur la saison (239 observations réparties en mai, juillet et septembre), la proportion des échouages est de 34,2% d'algues brunes (AB), 31% d'algues rouges (AR) et 34,9% d'algues vertes (AV). Ces proportions varient selon les secteurs et les sites. Les côtes ouest Cotentin et la Côte Fleurie présentent les proportions les plus élevées en algues brunes et les plus faibles en algues vertes, avec respectivement 53,1% AB, 27,7% AR, 19,2% AV et 80% AB, 5% AR, 15% AV. En revanche, sur les côtes nord Cotentin, la Côte du Bessin et la Côte de Nacre, les algues vertes sont prédominantes avec en moyenne 41,2%, 43% et 50% dans les échouages.

Pour l'inventaire de septembre, l'année 2023 a été particulière car les sites de la Côte de Nacre, habituellement les plus gros contributeurs des proliférations d'algues vertes ont présenté des échouages avec davantage d'algues rouges et sont en limite de classement. Il a donc été décidé pour ces sites de comptabiliser uniquement une partie du site et de tenir compte de la forte proportion des algues rouges pour évaluer les surfaces d'échouages. C'est le cas notamment pour Ver-Graye-sur-Mer dont les échouages situés à l'ouest du site entre les épis du haut de plage sont denses mais ne contiennent que très peu d'ulves (10-15%) alors qu'à l'est du site, les dépôts présentent environ 35% d'ulves avec des thalles bien développés qui entrent dans les critères de classement. C'est le cas également pour le site de Courseulles-Bernières-sur-Mer où les échouages sont en limite de classement avec des proportions entre 25 et 35% d'ulves. Enfin, le site de Luc-Lion-sur-Mer présente aussi des proportions d'ulves de 15% sur la partie ouest du site et qui augmentent à 35% sur la partie est du site pour entrer dans les critères de classement.

Tableau 6. Récapitulatif des sites classés en 2023 pour les 3 inventaires de mai, juillet et septembre du RCS Seine-Normandie. Les sites en gras représentent les 9 sites qui bénéficient de vols complémentaires en juin et août dans le cadre du RCO.

Sites	Inventaire MAI	Inventaire JUILLET	Inventaire SEPTEMBRE	Occurrence 2023	Rappels 2022	Occurrences 2021	Occurrences 2020
St-Jean-Le-Thomas							1
Jullouville-Saint-Pair					2	2	2
Sud Granville					1	2	1
Nord Granville							1
Brehal - Annoville							
Agon - Blainville							
Pirou							
Saint Germain - Bretteville							
Portbail - Carteret							
Rozel							
Flamanville							
Siouville-Dielette							1
Le Becquet				3	3	3	3
Cap Levi				2	1	2	3
Pointe De Barfleur				3	3	3	3
Saint Vaast - Quineville				1	2	2	1
Utah Beach				1	1	1	1
Gefosse-Fontenay				3	3	2	2
Grandcamp-Maisy				3	3	3	1
Omaha Beach				1	1	2	
Port-En-Bessin				2	3	3	
Arromanches - Asnelles				1	2	3	1
Gold Beach				2	2	3	1
Ver-Graye-Sur-Mer				2	2	3	2
Courseulles-Bernieres-Sur-Mer				3	3	3	3
Saint-Aubin-Langrune-Sur-Mer				2	3	3	3
Luc-Lion-Sur-Mer				3	2	3	3
Ouistreham				2	2	2	1
Houlgate							1
Villers-sur-Mer					1		
Villerville						2	1
Yport							1
Saint-Pierre-en-Port							2
TOTAL	12	13	9	34	40	47	39

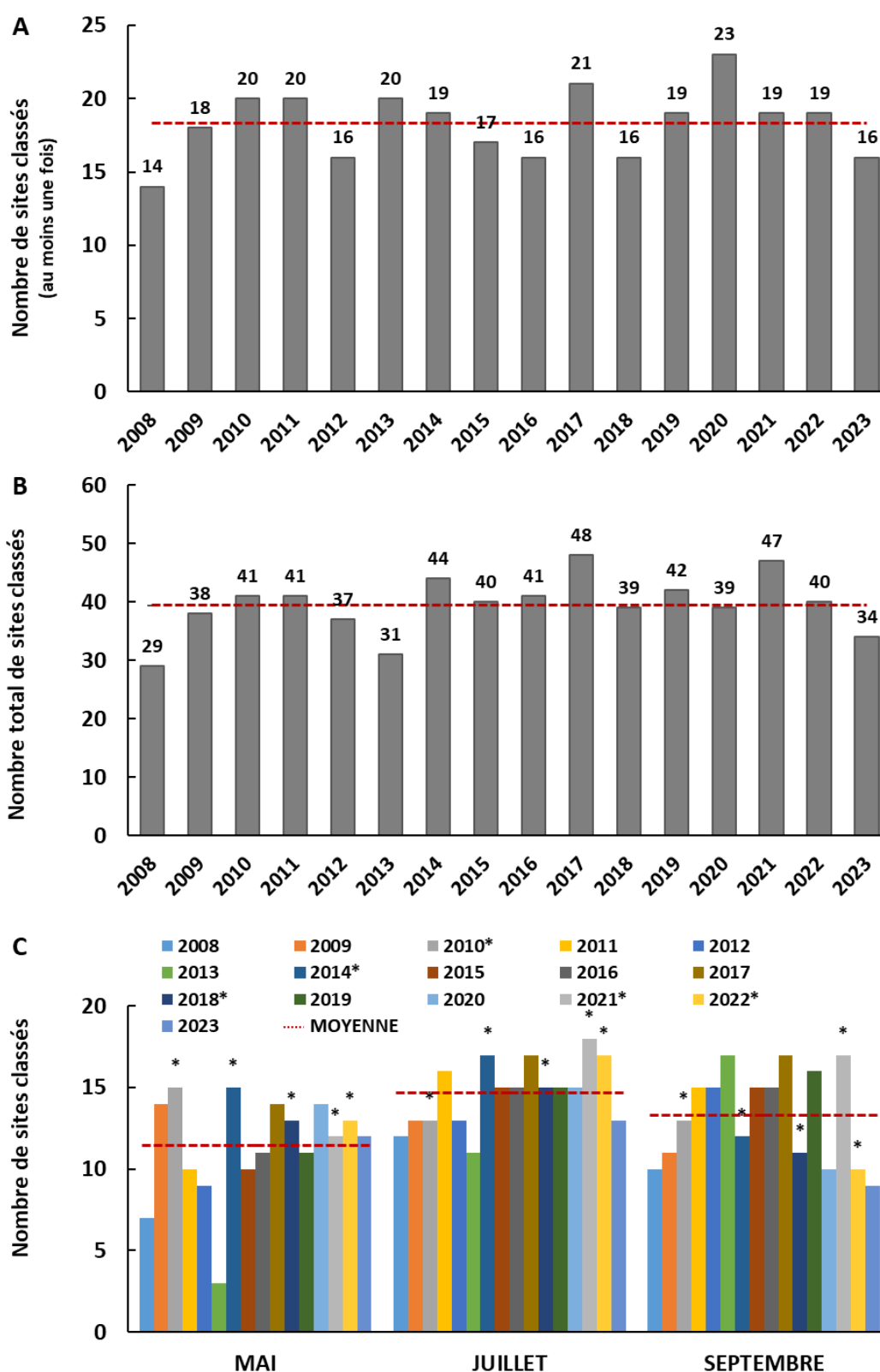


Figure 7. (A) Nombre de sites classés au moins une fois entre 2008 et 2023 sur le littoral Seine-Normandie. (B) Nombre total de classements par année, entre 2008 et 2023. (C) Détail du nombre de classement par inventaire et par année de suivi entre 2008 et 2023. Les lignes en pointillés rouges représentent la moyenne entre 2008 et 2023. Les acquisitions aériennes pour les années notées d'un « * » ont été réalisées lors des créneaux de marées de vives eaux de fin de mois.

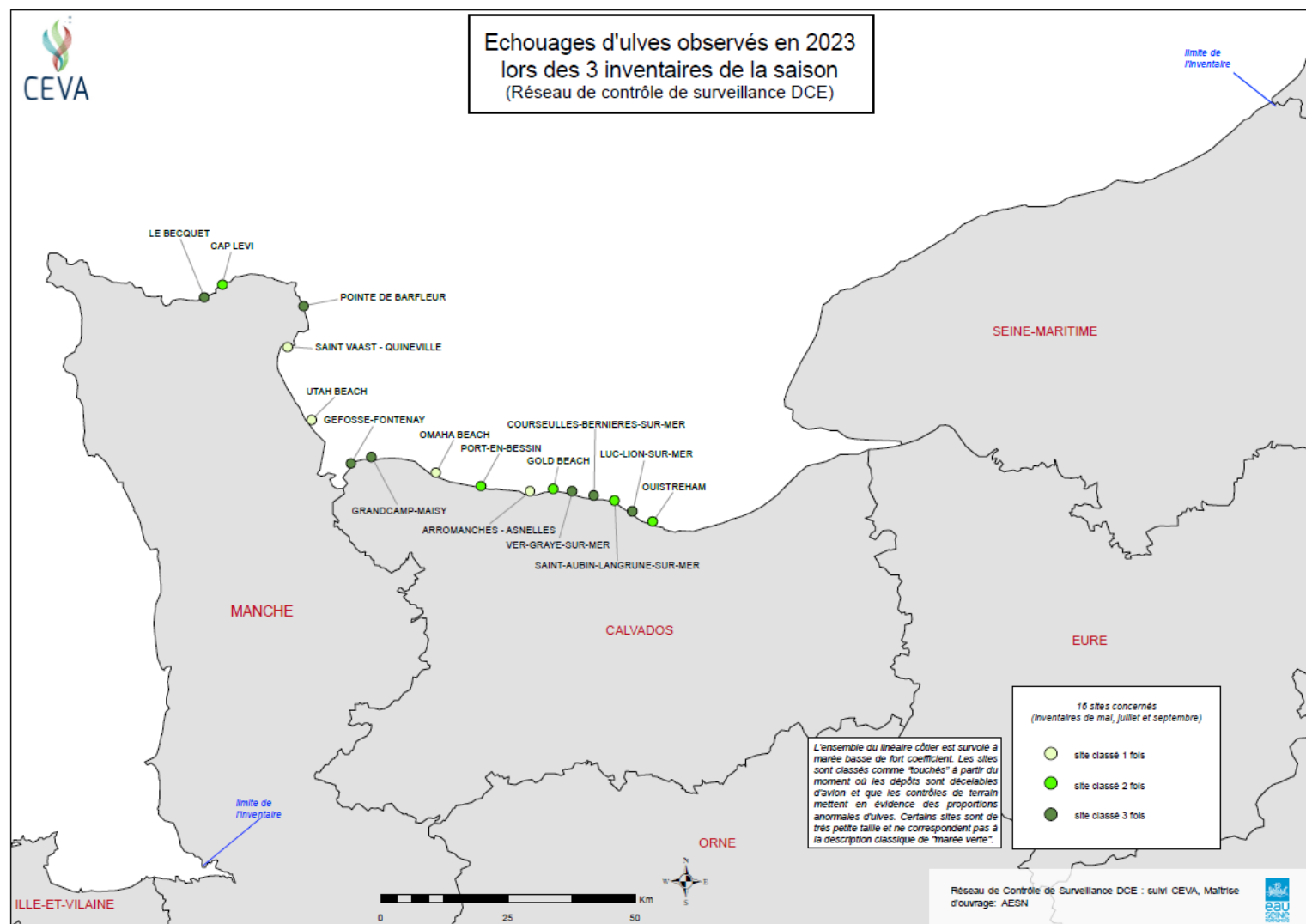


Figure 8. Répartition des sites classés et leurs occurrences sur les 3 inventaires de mai, juillet et septembre du RCS 2023.

3.2.2. Echouages d'autres algues

3.2.2.1. 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 et vertes. Sans dominance des ulves, le site n'est pas classé et n'est donc pas considéré dans le cadre du suivi DCE pour l'évaluation des surfaces algales en échouage. De façon générale, peu de sites sur les côtes ouest Cotentin sont classés pour des échouages massifs d'algues vertes. Les sites de Jullouville-Saint-Pair et Granville sont les plus concernés sur ce secteur mais n'ont pas été impactés en 2023. Cette année, les principales espèces identifiées responsables de ces proliférations autres que les ulves sont des algues vertes filamenteuses, les algues rouges *Polysiphonia* sp. et les algues brunes *Pylaiella* sp. et *Sargassum muticum*. Des échouages qui représentent plusieurs hectares ont été observés, notamment en juillet, sur les sites de Bréhal – Annoville (davantage d'algues rouges) et Pirou (davantage d'algues brunes dont une forte proportion de Sargasses en haut d'estran) (Figure 9). Les vents relativement soutenus voire violents tout au long de la saison 2023 sont responsables de ces échouages.



Figure 9. Photographies aériennes et de terrain des sites de Bréhal – Annoville (gauche) et Pirou (droite) en juillet 2023.

Les côtes de Barfleur sont également soumises à des arrachages massifs d'algues rouges qui proviennent des platiers rocheux à proximité de la côte. Dès le mois de mai, certaines plages sont impactées par des dépôts très denses qui peuvent atteindre plusieurs dizaines de centimètres d'épaisseur. Selon les conditions météorologiques, ces échouages peuvent aussi engendrer des perturbations sur le milieu

comme cela peut être observé sur la photo aérienne avec des zones où le sédiment est grisé/noir, signe d'une anoxie (manque d'oxygène) sous-jacente (Figure 9).



Figure 10. Photographie aérienne et de terrain de la plage La Bretonne située sur le site de Barfleur au mois de mai 2023 concernée par d'importants échouages d'algues rouges.

Sur le site de Saint-Vaast-la-Hougue, il n'est également pas rare d'observer localement des échouages denses d'algues, autres que des algues vertes comme cela était le cas au mois de mai, par exemple, avec un dépôt d'ectocarpales (algues brunes) qui peuvent rapidement se décomposer sur l'estran (Figure 11).



Figure 11. Echouages d'algues brunes (de type ectocarpales) sur le secteur de Crasville sur le site de Saint-Vaast-la-Hougue au mois de mai 2023.

Pour l'inventaire de septembre, le site de Gold Beach n'a pas été classé malgré d'importants échouages d'algues rouges, composés à plus de 70% d'algues rouges et qui représentent plusieurs hectares d'algues échouées avec des densités variables en haut et bas d'estran ou au niveau des parcs conchylicoles (Figure 12). Habituellement, une augmentation progressive des taux d'ulves contenu dans les échouages est observée sur les sites de la Côte de Nacre avec des abondances en algues vertes prédominantes sur les sites entre Courseulles et Lion-sur-Mer. Pourtant en 2023, ces sites n'ont pas particulièrement été impactés par des échouages d'algues vertes mais par des mélanges homogènes ou dominés par des algues rouges et ont été en limite de classement.

Enfin, sur la Côte d'Albâtre, le site de Yport a été touché par un échouage d'algues dominé à 80% par des algues rouges (Figure 13). Ce type d'échouage est régulièrement observé car les algues se concentrent entre les 2 platiers rocheux et peuvent parfois engendrer des perturbations, comme cela a été le cas en 2022, avec des alertes communiquées par les habitants.



Figure 12. Echouages d'algues rouges sur le site de Gold Beach au mois de septembre 2023.



Figure 13. Echouages massifs d'algues rouges sur le site de Yport en juillet 2023.

Etude de la diversité des algues rouges

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 okamurae</i>	<i>Calliblepharis jubata</i>
<i>Calliblepharis jubata</i>	<i>Ceramium sp.</i>	<i>Callithamnion spp.</i>
<i>Caulacanthus okamurae</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 fruticulosa</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*.

3.2.3. Sargasses (Algues brunes)

En plus des échouages massifs d'algues vertes, rouges ou brunes décrits ci-dessus, le littoral normand est également propice au développement des Sargasses (*Sargassum muticum*, algues brunes) qui colonisent les platiers rocheux et notamment les cuvettes qui restent en eau même lors des marées basses. Ces algues, qui peuvent déjà causer des problèmes à l'état naturel (fixé sur les rochers) sur les activités locales (envahissement des concessions conchylicoles, nautisme, tourisme) peuvent également être arrachées lors des tempêtes et s'échouer en masse sur les plages. Au mois de mai, aucune Sargasses n'a été retrouvé dans les échouages sur l'ensemble des sites visités. Cependant, elles sont déjà bien présentes sur les platiers rocheux ou dans les zones au sédiment grossier (cailloutis) propices à leur développement, comme cela a été observé notamment lors des sorties terrain sur le site de Bréhal – Annoville dans le cadre du projet SARZO (Figure 14).

Projet SARZO

Le Projet SARZO (SARGasses Zostères) est une étude financée par l'Agence de l'Eau Seine-Normandie dans le cadre du programme d'intervention « Eau & climat 2019-2024 » visant à évaluer l'impact et la résilience des algues envahissantes *Sargassum muticum* sur la préservation de l'habitat endémique *Zostera marina* sur la côte ouest du Cotentin. Dans le cadre de cette étude, des orthophotos par drone, des mesures des paramètres physico-chimiques de l'eau et des inventaires faunistiques sont réalisés pour suivre le développement des sargasses et des zostères au cours de la saison estivale (entre mai et septembre) sur 2 années (2023 et 2024). D'autres expérimentations en laboratoire sont prévues pour évaluer l'impact du changement climatique, selon des projections à horizon 2100 de la température et du CO₂ de l'eau de mer, sur l'évolution de ces habitats.

Davantage de Sargasses échouées ont été observées lors des contrôles terrain en juillet et septembre avec respectivement 29 et 11 occurrences (non quantitatives) de la présence de sargasses. En juillet, les sites qui ont fait l'objet d'un contrôle sur le terrain et dont les échouages contenaient des sargasses sont Saint-Jean-le-Thomas, Jullouville-Saint-Pair, Nord Granville, Agon-Blainville, Pirou, Saint-Germain-Bretteville, Siouville-Dielette, Cap Lévi, La Pointe de Barfleur, Saint-Vaast-la-Hougue ; Utah Beach, Grandcamp-Maisy, Ver-Graye-sur-Mer, Ouistreham et Houlgate. Pour le mois de septembre, les sites de Cap Lévi, La pointe de Barfleur, Gefosse-Fontenay, Grandcamp-Maisy, Arromanches-Asnelles, Gold Beach, Courseulles-Bernières-sur-Mer, Saint-Aubin-Langrune-sur-Mer, Luc-Lion-sur-Mer.

Ces observations non quantitatives ont pour but de recenser la présence de Sargasses et peuvent représenter des échouages diffus contenant quelques rares thalles de Sargasses, à des échouages denses dominés par ces algues. Ces observations sont également effectuées lors des survols aux mois de juin et août dans le cadre du RCO où des échouages très denses (surtout au mois de juin) ont pu être observés ainsi que de nombreux amas éparpillés sur les plages entre Gold Beach et Luc-Lion-sur-Mer (Figure 15).

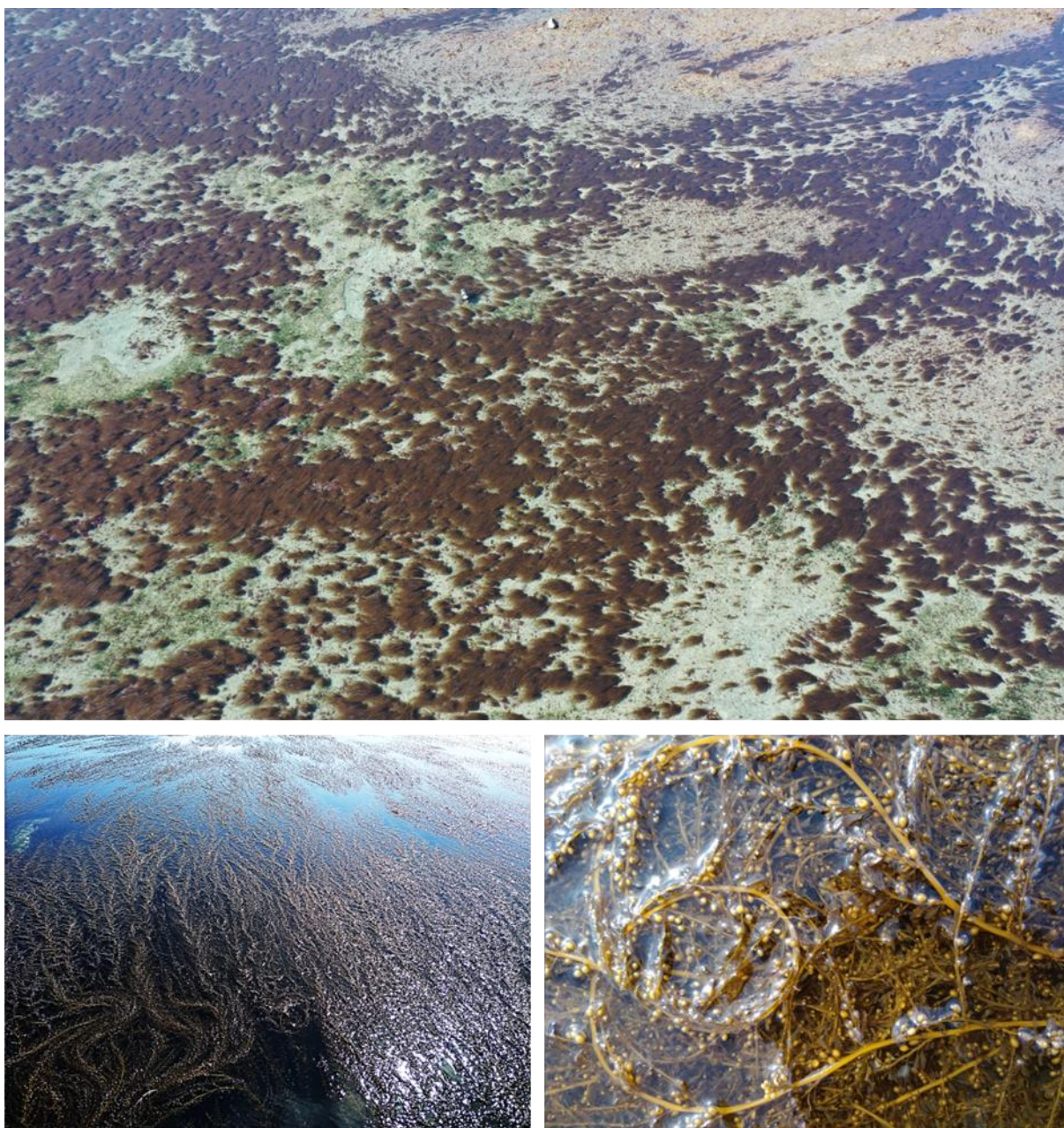


Figure 14. Photographies réalisées par drone (haut) et sur le terrain (bas) en 2023 sur le site de Bréhal-Annville dans le cadre du projet SARZO. Les Sargasses (touffes marrons) se développent rapidement au détriment des herbiers de zostères (de couleur verte).



Figure 15. Présence de quelques Sargasses dans les échouages en mélange à Gold Beach en septembre (haut-gauche), échouage principalement de Sargasses en haut de plage à Pirou au mois de juillet (haut-milieu), échouage très dense mono-spécifique de Sargasses à Courseulles-sur-Mer au mois de juin (haut-droite), photos aériennes des échouages de Sargasses à Courseulles-sur-Mer (bas-gauche) et à Luc-Lion-sur-Mer avec également les Sargasses fixées en bas de l'eau.

3.2.4. 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 ou olfactives et finir par se décomposer en entraînant des émanations de gaz H_2S qui peuvent être toxiques.

En 2023, quelques sites ont présenté des sources potentielles d'échouages à risque, notamment au mois de juillet :

- Au port du Becquet, le dépôt d'ulves dégage de fortes odeurs désagréables mais aucune trace d' H_2S n'a été détecté par le capteur.
- Au port de Barfleur : En août, une zone de putréfaction a été observée au fond du port. Les algues sont en décomposition très avancée sans la possibilité d'identifier les algues (des ulves ont tout de même été observées). La mesure à 10 cm de la surface du sédiment / dépôt a atteint **22,6 ppm**).
- Gefosse-Fontenay (Bas de Gefosse) : Le sédiment sableux est de couleur grisâtre, dégageant de fortes odeurs d' H_2S avec 0,8 ppm dans l'air.
- Gefosse-Fontenay (La Bizière) : Le dépôt est en mélange avec des ulves ternes et des algues brunes et rouges en décomposition. Le dépôt ne dégage pas d'odeur mais 0,8 ppm d' H_2S sont détecté dans l'air.
- Arromanches-les-Bains : Les algues sont fragmentées et en décomposition au niveau de la cale avec un dégagement de fortes odeurs désagréables et jusqu'à 1,1 ppm d' H_2S dans l'air.

- Courseulles-sur-Mer (Juno Beach) : Les ulves prédominent dans le dépôt qui dégage de fortes odeurs et environ 0,8 ppm d'H₂S dans l'air.
- Saint-Pierre-en-Port : Le dépôt est dense, en partie dominé par des algues vertes mais de type filamenteuse (donc site non classé pour ce dépôt). Présence de légères odeurs de décomposition avec dégagement jusqu'à 1,1 ppm d'H₂S.

Au mois de septembre, les sites de Cap Lévi, Barfleur, Grandcamp-Maisy ont présenté des odeurs désagréables localement mais aucune concentration d'H₂S n'a été détectée. Les signes des dépôts à risques peuvent être visibles d'avion et sur le terrain, notamment lorsque les échouages dégagent de fortes odeurs désagréables, le sédiment sous-jacent est grisé/noir avec des écoulements noirs et des plaques blanches encroûtantes peuvent se former à la surface du dépôt (Figure 16).

Sur les côtes bretonnes, dans le cadre du programme IZAR⁶ (Identification des Zones de dépôts d'Algues à Risque), les échouages représentant un risque ont été décrits et cartographiés selon 4 types de risques identifiés :

- Dépôts d'algues vertes putréfiés et encroutés
- Echouage d'algues vertes (en proportion importante)/sédiment en putréfaction
- Plaques d'algues ou sédiment en putréfaction sur vasières
- Sédiments nus (absence d'algues apparentes) en putréfaction et dépôts d'algues majoritairement brunes ou rouges en putréfaction

Le recensement de l'ensemble de ces situations à risque s'accompagne d'un protocole de mesures *in situ* de la concentration en H₂S à différents niveaux du dépôt (air ambiant, semi-confiné à 10 cm du dépôt, semi-confiné à 10 cm du dépôt après brassage) afin d'évaluer la toxicité de ces dépôts à un instant t.

⁶ <https://www.ceva-algues.com/document/rapport-izar/>



Figure 16. Observation des dépôts en putréfaction avec, ou non, dégagement d' H_2S .

3.3. Estimation quantitative surfacique

3.3.1. Evolution saisonnière des échouages d'ulves pour le suivi RCS 2023

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 2023, ainsi que le cumul et le maximum annuel est présenté dans le tableau 8 pour chacun des sites classés.

Aucun site n'a été classé, et donc aucun dépôt n'a été digitalisé sur les sites de l'ouest Cotentin entre Saint-Jean-le-Thomas et Siouville-Dielette, malgré des surfaces, parfois très importantes, d'échouages d'algues rouges ou brunes. Les échouages se répartissent entre le port du Becquet sur la côte nord du Cotentin (proche de Cherbourg) et Ouistreham. Le cumul de tous les sites par inventaire indique que le début de saison, au mois de mai a été le plus impacté en 2023 (63,1 ha), suivi d'une forte diminution en milieu de saison, au mois de juillet (37 ha) puis d'une légère hausse en fin de saison, au mois de septembre (56,2 ha). Les surfaces cumulées, sites et inventaires confondus atteignent un total de 156,3 hectares.

Les sites les plus contributeurs au mois de mai sont Courseulles-Bernières-sur-Mer (13,2 ha), Barfleur (11 ha), Gefosse-Fontenay (9 ha) Gold Beach (7,9 ha) et Arromanches-Asnelles (7,5 ha), tandis que les moyennes d'échouages pour ces sites à cette période sont respectivement de 13,2 ha, 5,8 ha, 9,6 ha, 5,2 ha et 4,1 ha. Le mois de juillet a été relativement peu impacté par des échouages d'ulves puisque les sites les plus contributeurs sont Gold Beach, Courseulles-Bernières-sur-Mer, Luc-Lion-sur-Mer, Ver-Graye-sur-Mer et Grandcamp-Maisy avec des surfaces de 4 à 6,4 ha alors que les moyennes respectives observées pour cet inventaire sont de 9 ha, 16,4 ha, 7,1 ha, 4 ha et 10,4 ha. Enfin, au mois de septembre c'est le site de Courseulles-Bernières-sur-Mer qui est le plus gros contributeur avec 26,4 ha, au-dessus de la moyenne interannuelle du site avec 21,8 ha, suivi de Grandcamp-Maisy et Luc-Lion-sur-Mer avec respectivement 9,3 ha et 8,1 ha, valeurs en-dessous des moyennes saisonnières interannuelles pour ces sites (respectivement de 11,8 et 11,2 ha). Les surfaces pour le site de Courseulles-Bernières-sur-Mer, au mois de septembre, tenaient compte de la forte proportion en algues rouges et auraient été bien plus élevées si les échouages avaient été dominés par des ulves comme cela est régulièrement observé pour ce site.

Le plus gros contributeur, en termes de site, en 2023 reste Courseulles-Bernières-sur-Mer avec 45,1 ha cumulés sur les 3 inventaires pour la 12^{ème} année consécutive (En 2008 et 2011, le plus gros contributeur avait été Gefosse-Fontenay et en 2009 et 2010 cela avait été Jullouville-Saint-Pair). Les cumuls minimums observés pour ce site ont été de 18,6 ha et 20,3 ha en 2010 et 2009, tandis que le maximum observé a été atteint en 2019 avec 90,2 ha cumulés sur les 3 inventaires.

Sur la Côte Fleurie, entre Ouistreham et l'embouchure de La Seine, les seuls dépôts d'algues observés contenaient très peu, voire pas d'ulve et étaient constitués de mélanges d'algues principalement rouges avec quelques algues vertes filamenteuses. Ces échouages sont négligeables et sont d'ailleurs

rapidement repris par les marées car souvent moindre voire absent lors des contrôles de terrain 1 à 2 jours après le survol. Enfin, sur la Côte d'Albâtre, seuls les sites de Yport et Saint-Pierre-en-Port ont présenté des dépôts d'algues très localisés, parfois relativement dense dans le rideau au bord de mer mais ne contenant pas ou peu d'ulves.

Tableau 8. Surfaces estimées en ulves lors des 3 inventaires de l'année 2023 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)
St-Jean-Le-Thomas					
Jullouville-Saint-Pair					
Sud Granville					
Nord Granville					
Brehal - Annoville					
Agon - Blainville					
Pirou					
Saint Germain - Bretteville					
Portbail - Carteret					
Rozel					
Flamanville					
Siouville-Dielette					
Le Becquet	0,8	0,4	0,4	1,6	0,8
Cap Levi		0,7	0,4	1,1	0,7
Pointe De Barfleur	11,0	0,9	3,9	15,8	11,0
Saint Vaast - Quineville	0,2			0,2	0,2
Utah Beach		3,4		3,4	3,4
Gefosse-Fontenay	9,0	2,2	4,6	15,8	9,0
Grandcamp-Maisy	5,1	4,0	9,3	18,4	9,3
Omaha Beach	0,7			0,7	0,7
Port-En-Bessin		0,6	1,5	2,1	1,5
Arromanches - Asnelles	7,5			7,5	7,5
Gold Beach	7,9	6,4		14,3	7,9
Ver-Graye-Sur-Mer		4,1	1,6	5,7	4,1
Courseulles-Bernieres-Sur-Mer	13,2	5,5	26,4	45,1	26,4
Saint-Aubin-Langrune-Sur-Mer	0,8	2,9		3,7	2,9
Luc-Lion-Sur-Mer	6,2	4,9	8,1	19,2	8,1
Ouistreham	0,8	1,0		1,7	1,0
Houlgate					
Villers-sur-Mer					
Villerville					
Yport					
Saint-Pierre-en-Port					
TOTAL	63,1	37,0	56,2	156,3	

Au total, sur les 3 inventaires, seulement 156,3 ha d'algues échouées de type ulves ont été observés. C'est l'une des années les plus faibles avec 2022 (144 ha), 2020 (146 ha) et 2010 (148 ha). L'ensemble des surfaces cumulées pour les 3 inventaires sont représentées sur la carte ci-dessous (Figure 18) par site classé, avec comme secteurs les plus touchés de la pointe nord du Cotentin (Barfleur), la baie des Veys (Gefosse-Fontenay et Grandcamp-Maisy) et la Côte de Nacre.

Avec des surfaces cumulées annuelles relativement faibles, la proportion de « petits sites » (avec peu d'échouages d'algues) est élevée par rapport aux sites touchés par de gros dépôts. Seul 1 site (Courseulles-Bernières-sur-Mer) atteint plus de 40 ha d'ulves échouées tandis que tous les autres sites présentent moins de 20 ha au maximum (aucun site ne présente entre 20 et 40 ha de dépôts d'algues vertes) (Figure 17).

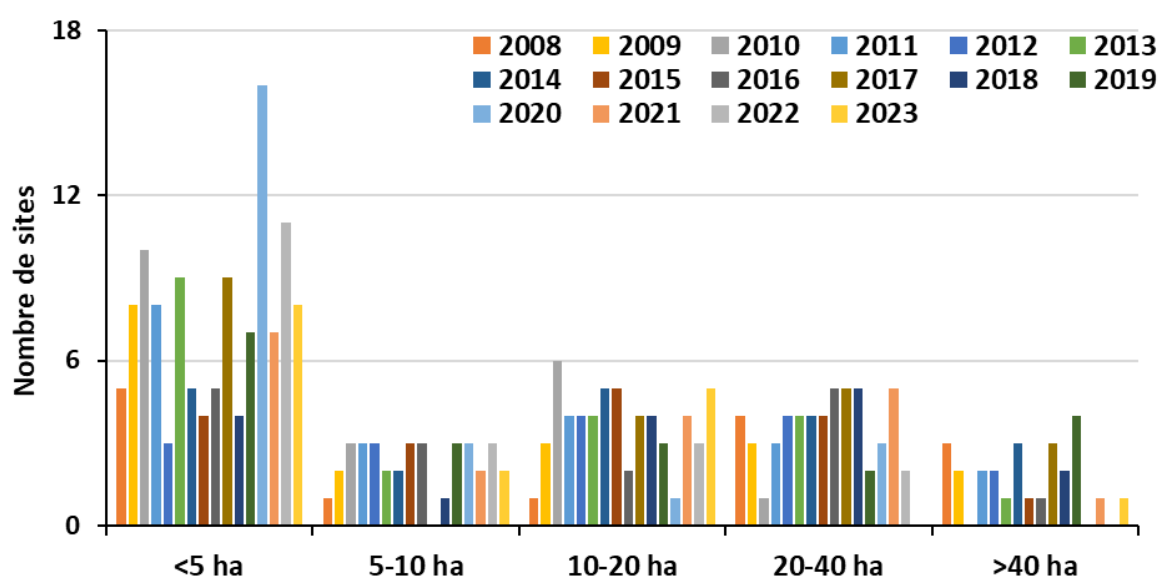


Figure 17. Répartition des sites concernés par des échouages d'ulves par classe de surface (en ha équivalent 100%) de couverture pour le cumul annuel des trois inventaires de 2023 avec le rappel des données depuis 2008.

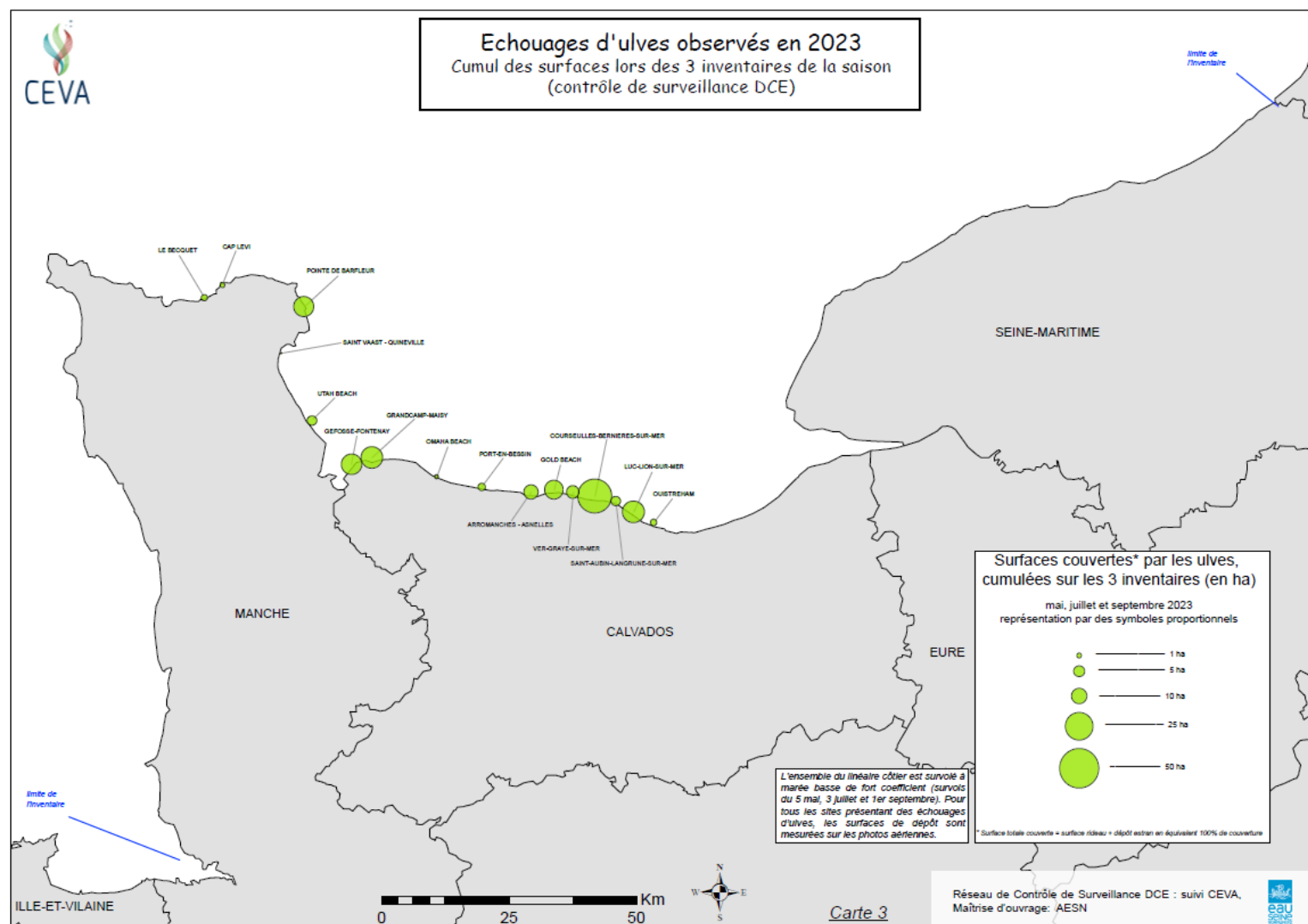


Figure 18. Répartition géographique des sites concernés : cumul des surfaces observées par site lors des 3 inventaires (mai, juillet, septembre) de 2023.

Les sites à marées vertes (définis par le CEVA) ont été analysées d'après 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) défini dans la DCE (Tableau 9 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) ainsi que la masse d'eau Barfleur (FRHC08) avec respectivement un total de 26,8 ha, 60,6 ha et 15,5 ha d'ulves (Figure 19). La masse d'eau de transition FRHT06 (fond de la baie des Veys) est également l'une des plus touchées avec 27,5 ha. Malgré la proximité directe de l'embouchure de la Seine, les masses d'eau FRHT03 (Estuaire de la Seine) et FRHC15 (Côte Fleurie) ne comportent généralement pas d'algue ou que très rarement et cela pourrait être lié aux conditions environnementales et notamment au panache turbide qui limite l'accès à la lumière pour le développement des algues.

Tableau 9. Surfaces de couverture par les ulves par masse d'eau lors des trois inventaires RCS de l'année 2023. 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				
FRHC03	Ouest Cotentin				
FRHC04	Cap de Carteret - Cap de la Hague				
FRHC60	Rade de Cherbourg	0,8	0,6	0,8	2,2
FRHC07	Cap Levi - Gatteville		0,9		0,9
FRHC08	Barfleur	11,0	0,5	3,9	15,4
FRHC09	Anse De Saint-Vaast La Hougue	0,2	0,4		0,6
FRHC10	Baie Des Veys	2,1	4,5	3,1	9,7
FRHC11	Côte Du Bessin	1,1	0,6	1,5	3,2
FRHC12	Côte De Nacre Ouest	14,9	10,3	1,5	26,7
FRHC13	Côte De Nacre Est	17,8	11,5	31,3	60,6
FRHC14	Baie De Caen	3,1	3,0	3,4	9,5
FRHC15	Côte Fleurie				
FRHC17	Pays De Caux Sud				
FRHT03	Estuaire Seine Aval				
FRHT06	Baie Des Veys – Fond de baie	12,0	4,7	10,8	27,5
TOTAL		63,1	37,0	56,2	156,3

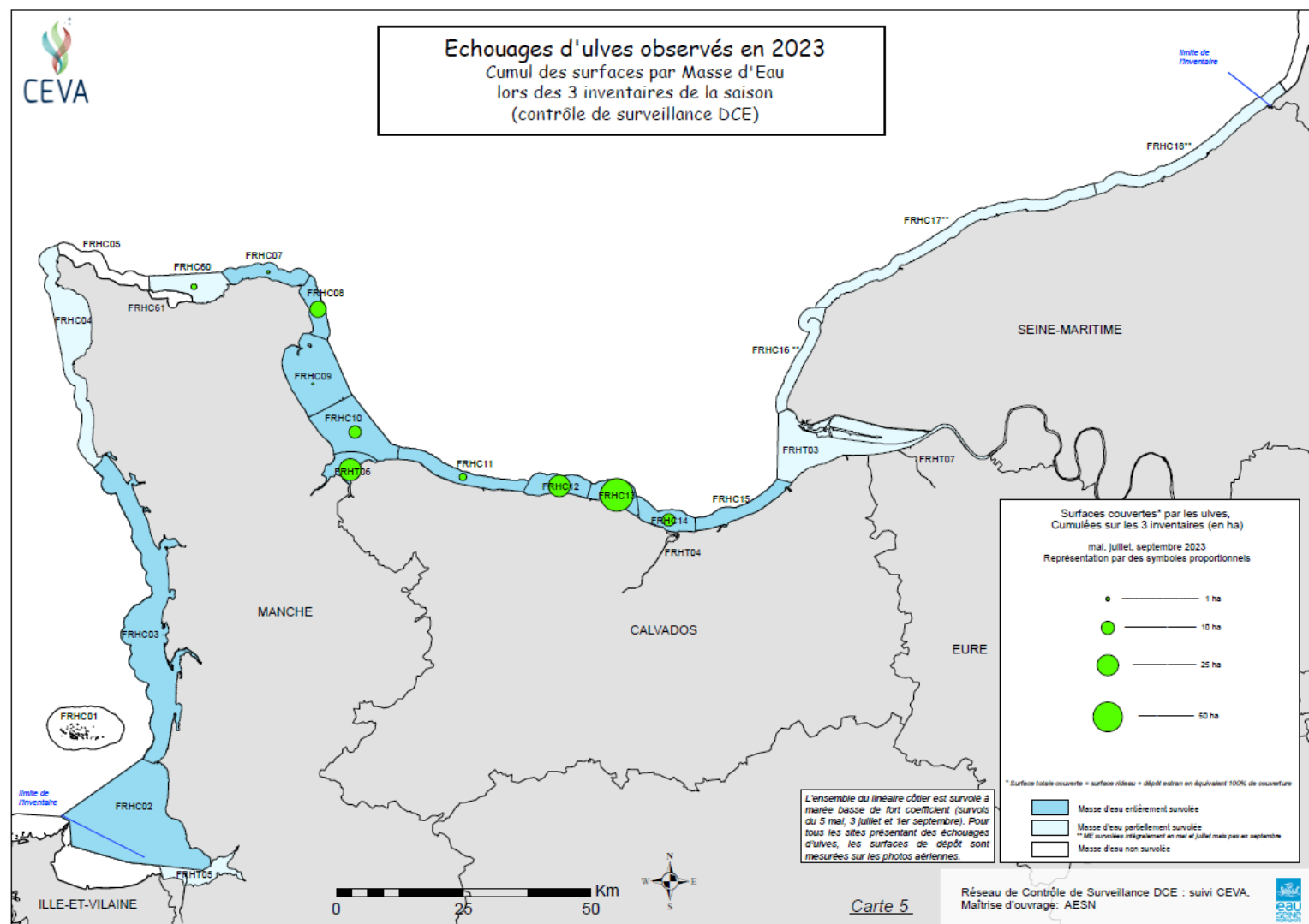


Figure 19. Répartition géographique des sites concernés : cumul des surfaces observées par masse d'eau lors des 3 inventaires (mai, juillet, septembre) de 2023.

3.3.2. Evolution interannuelle des échouages d'ulves de 2008 à 2023

Le premier inventaire de l'année 2023, au mois de mai, a été marqué par des surfaces d'échouages de 63,1 ha, comparables aux $63,3 \pm 36$ ha en moyenne depuis 2008 à cette période. Cela suggère donc que le mois de mai a été dans la « normale » saisonnière habituellement observée. En revanche, les mois de juillet et septembre sont largement en-dessous des moyennes interannuelles pour ces périodes avec respectivement 37 ha (contre 87 ± 39 ha en moyenne, diminution de -57.5%) et 56,2 (contre 108 ± 41 ha en moyenne, diminution de -48.1%) (Figure 20A). Au final, l'année 2023 est globalement bien en-dessous de la moyenne totale interannuelle avec 156,3 ha sur les 3 inventaires tandis que la moyenne interannuelle atteint 258 ± 75 ha à l'année (diminution de -39.5%). Cette année est comparable aux années « faibles » en 2010, 2020 et 2022 (Figure 20). Il faut rappeler que pour les années 2010 et 2022, les acquisitions aériennes ont été réalisées en début de période et peuvent donc refléter un décalage dans la saison. Cependant, cela n'explique pas toute la variabilité car les années 2014, 2018 et 2021 dont les acquisitions ont également été réalisées en fin de mois sont au-dessus des moyennes saisonnières. A l'inverse, l'année 2023 avec des acquisitions en début de mois présente des surfaces faibles.

De façon globale, les surfaces d'échouages d'algues vertes semblent régresser ou se maintenir à un niveau stable et relativement bas sur l'ensemble du littoral normand (Figure 21). Pour les principaux secteurs, le site de Jullouville-Saint-Pair est en constante diminution par rapport aux premières années du suivi (2009-2011) avec 2 années consécutives avec très peu d'échouages voire sans. La pointe de Barfleur se stabilise à un niveau moyen, malgré des échouages importants d'algues rouges qui ne sont pas pris en compte ou qui minimisent les taux d'ulves au sein des dépôts et donc des surfaces en équivalent 100%. Les sites de Gefosse-Fontenay et Grandcamp-Maisy se stabilisent également depuis les 4 à 5 dernières années même si d'importants échouages sont observés au cours de la saison et peuvent, notamment à Gefosse-Fontenay, entraîner des perturbations et des dépôts en putréfaction en haut de plage. Les sites d'Arromanches-Asnelles, Gold Beach, Ver-Graye-sur-Mer, Saint-Aubin-Langrune-sur-Mer et Ouistreham sont à des niveaux assez bas ces dernières années en comparaison avec les observations antérieures avec tout de même une variabilité forte d'année en année. Les surfaces pour le site de Luc-Lion-sur-Mer sont en augmentation par rapport à 2022 mais restent à un niveau relativement faible. Enfin, le site de Courseulles-Bernières-sur-Mer avec 45,1 ha en 2023 sur les 3 inventaires se situe sous la moyenne interannuelle pour ce site (51,4 ha) et 2 fois moins élevé par rapport à l'année 2019 qui avait atteint un pic à 90,2 ha sur cette période.

Les tendances d'évolutions des surfaces d'échouages sur la façade Seine-Normandie ne suivent pas forcément les tendances observées sur la façade Loire-Bretagne, notamment entre 2010 et 2011 où les surfaces en Normandie ont fortement augmenté tandis qu'elles ont continué à diminuer en Bretagne et ont augmenté à partir de 2013. Cependant, depuis 2015, les tendances semblent évoluer de la même manière avec des surfaces équivalentes entre 2015 et 2016 puis des années d'augmentation et de diminution jusqu'à 2022. Par contre, les amplitudes ne sont pas comparables sur les deux secteurs avec des minima atteints en 2020 et 2022 en Seine Normandie et des valeurs faibles n'atteignant pas le minimum de 2013 en Loire-Bretagne.

De la même manière que précédemment, l'analyse cartographique des surfaces d'ulves selon le découpage des masses d'eau du littoral Seine-Normandie est présentée en figure 22 pour le suivi interannuel de 2008 à 2023. Les surfaces des masses d'eau de la Côte de Nacre sont en légère

augmentation par rapport à l'année dernière mais présentent toutefois un niveau global relativement bas par rapport à des situations plus extrêmes déjà observées.

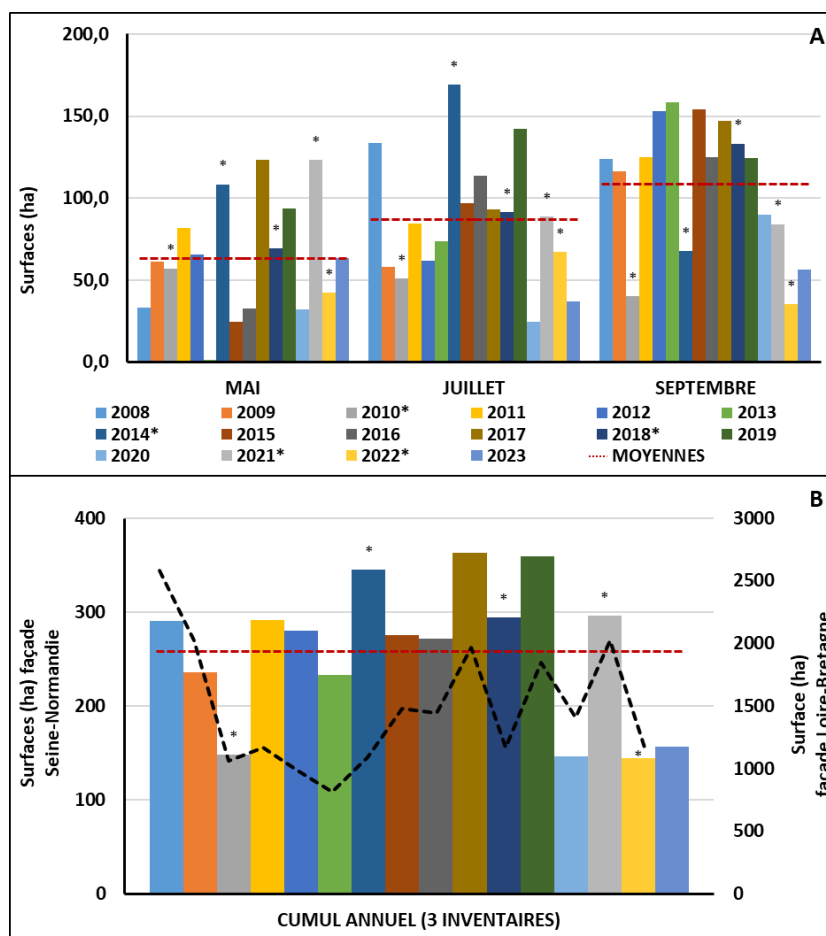


Figure 20. (A) Surfaces d'échouages par mois d'inventaire observées sur le littoral Seine-Normandie de 2008 à 2023. (B) Surfaces cumulées totales annuelles des échouages observés sur le littoral Seine-Normandie de 2008 à 2023. Les lignes en pointillés rouges représentent la moyenne entre 2008 et 2023. Les acquisitions aériennes pour les années notées d'un « * » ont été réalisées lors des créneaux de marées de vives eaux de fin de mois. La courbe en pointillés noirs représente l'évolution relative des échouages localisés sur la façade Loire-Bretagne sur la période 2008-2022 (les données 2023 ne sont pas encore finalisées).

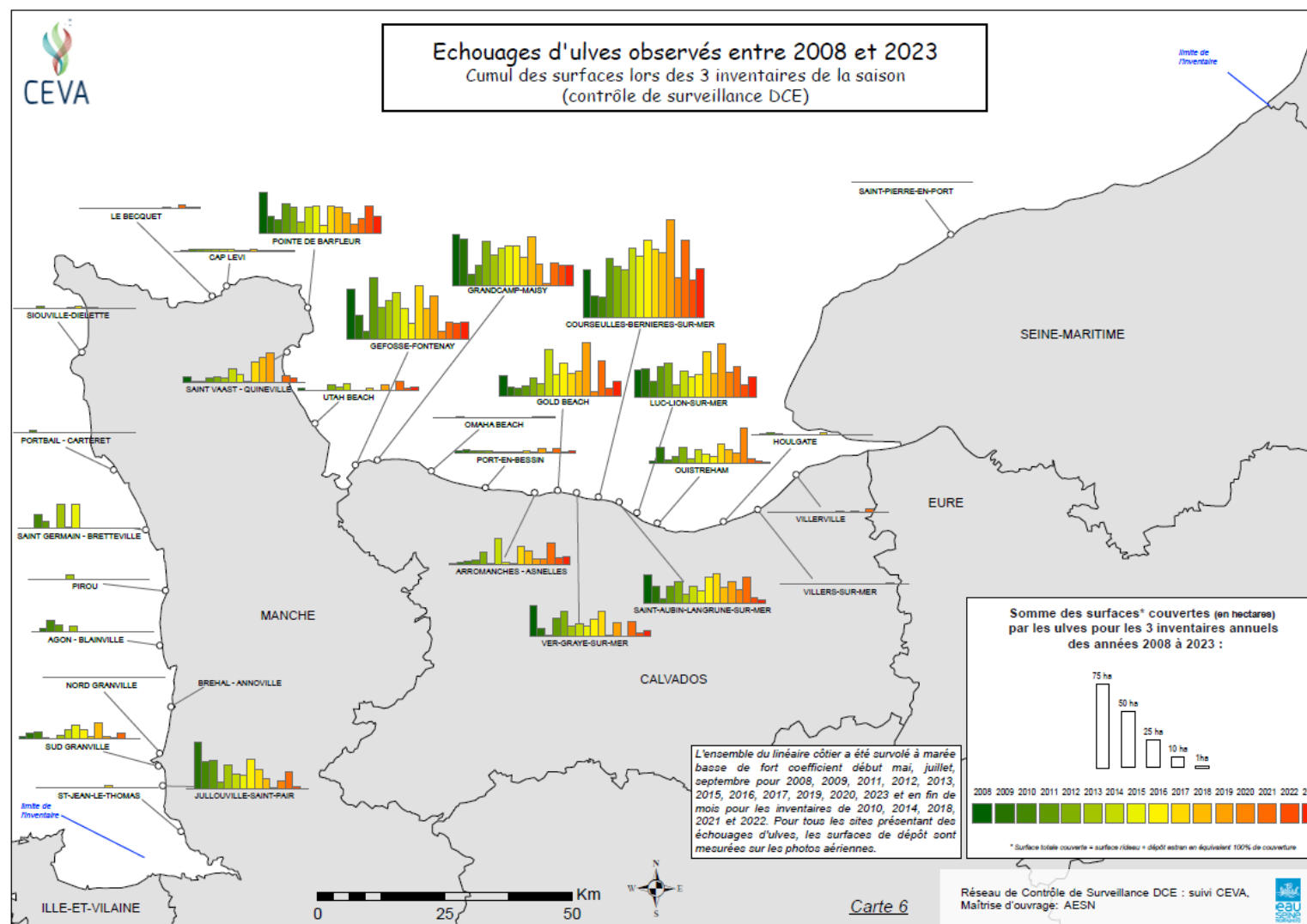


Figure 21. Répartition géographique des sites concernés : cumul des surfaces observées par site lors des 3 inventaires (mai, juillet, septembre) de 2008 à 2023.

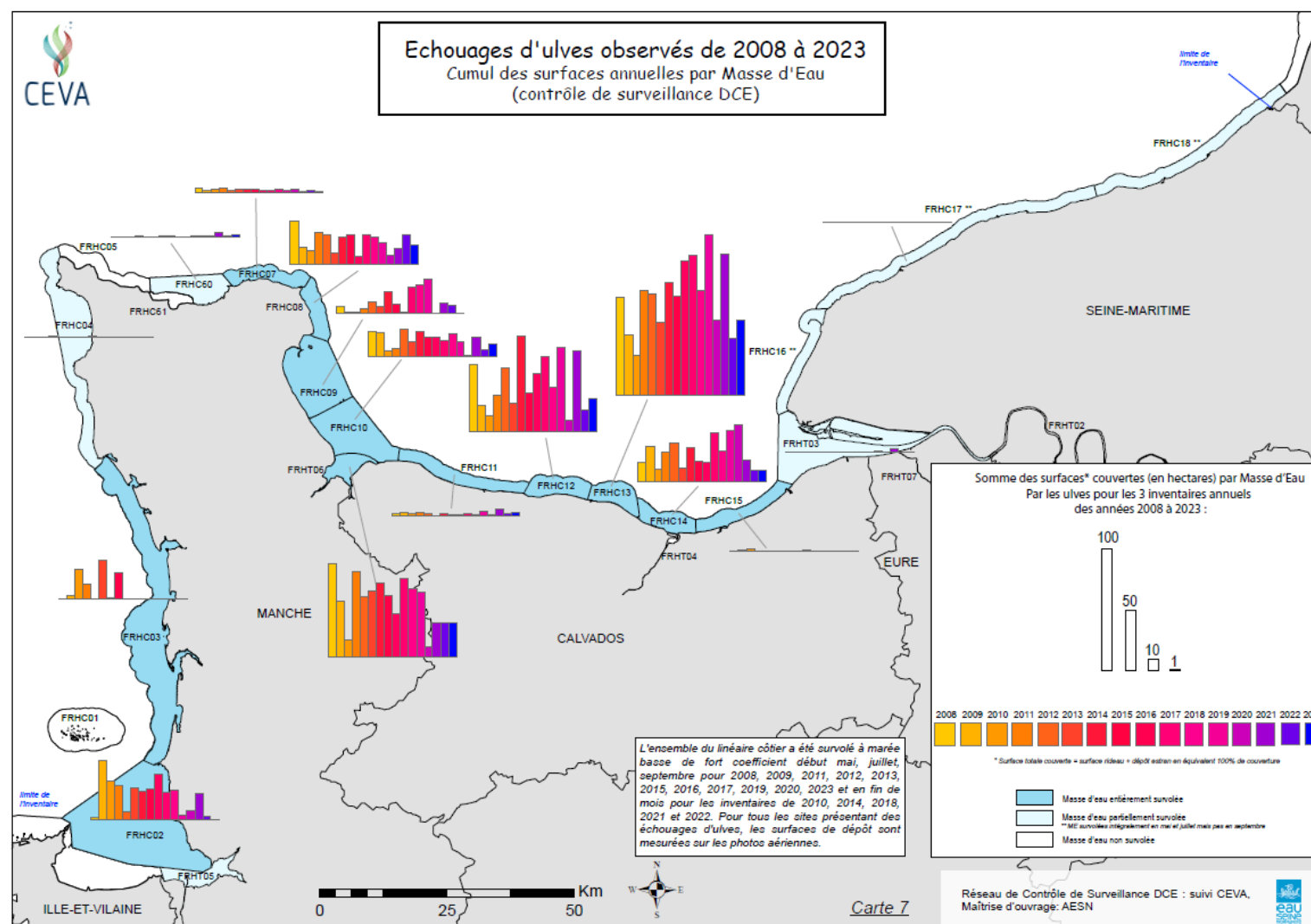


Figure 22. Répartition géographique des sites concernés : cumul des surfaces observées par masse d'eau lors des 3 inventaires (mai, juillet, septembre) de 2008 à 2023.

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'autre part d'inciter les communes et communautés de communes ciblées à répondre au questionnaire des données « ramassage des algues » disponible en ligne. 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

En 2023, en accord avec l'Agence de l'Eau Seine-Normandie, la liste des communes auxquelles sont envoyés les questionnaires sur le ramassage a été actualisée. Initialement envoyés à toutes les communes littorales, les questionnaires ont été envoyés à un nombre plus ciblé de communes, en retirant les communes en fond d'estuaire ou sans accès au littoral. Désormais, 176 communes sont interrogées sur les 233 communes littorales des départements de La Manche, du Calvados et de La Seine-Maritime.

Les enquêtes ont été envoyées dès le mois de janvier 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 2023 sur les plages. Les dernières communes n'ayant pas répondu à ce jour (mars 2023) ont été relancées. Au total sur les communes littorales des 3 départements de la façade Seine-Normandie (Manche, Calvados, Seine-Maritime), 88 communes ont répondu au questionnaire, dont 80 communes ayant déclaré n'avoir effectué aucune action sur les plages. La commune de Saint-Aubin-sur-Mer a déclaré avoir observé quelques échouages d'algues, dont des algues vertes, mais qui n'ont pas nécessité de déployer des moyens de ramassage car cela n'a entraîné aucune gêne. Les algues observées sur le site de Yport n'ont pas causé de perturbation car la commune a déclaré ne pas être impactée par des pollutions d'algues vertes. La commune de Géfosse-Fontenay n'a également effectué aucune action de ramassage en déclarant n'avoir pas observé d'algues vertes sur la saison, probablement en raison des échouages denses mais composés de mélanges d'algues et en grande partie d'algues rouges. La commune de Bricqueville-sur-Mer a constaté des échouages d'algues vertes en octobre 2023 (estimé à 1,5 ha) qui ont rapidement disparus et qui n'ont pas nécessité de ramassage. D'autres communes n'ont constaté aucun échouage d'algues vertes cette année comme c'est le cas pour Jullouville et comme cela a également été décrit au travers des suivis aériens réalisés. Enfin, comme cela est décrit à travers les suivis aériens et les contrôles de terrain, les échouages sur la côte ouest du Cotentin, qui peuvent contenir des algues vertes, sont rapidement repris par les marées et c'est d'ailleurs ce qu'a reporté la commune d'Agon-Coutainville.

Les 8 communes ayant déclaré avoir effectué des actions pour la gestion des proliférations algales sont :

- Courseulles-sur-Mer : Des tracteurs, chargeurs et bennes ont été mis en œuvre pour effectuer les actions de ramassage sur les plages pour un coût total de 10 435 €. Les 2/3 des algues ont été repoussées à la mer pour une biomasse estimée de 10 tonnes d'algues vertes et 200 tonnes de tous types d'algues.
- Bernières-sur-Mer : La commune a déclaré ne pas ramasser les algues mais les repousser en mer (sans préciser de volume/biomasse ni de coût associé). Cependant la commune est davantage impactée par des échouages de sargasses plutôt que d'algues vertes.
- Langrune-sur-Mer : La commune a essentiellement ramassé des Sargasses car elle est plutôt concernée par une problématique de ces algues brunes plutôt que les algues vertes, comme cela a été reporté à travers les suivis cette année. Des tracteurs chargeurs ont été utilisés pour effectuer les ramassages pour un coût d'environ 6 000 €. La commune a également déclaré avoir effectué un ramassage raisonné pour tenir compte d'une pression d'une association écologiste.
- Lion-sur-Mer : Des tracteurs et tractopelles ont été utilisés pour ramasser les échouages d'algues composés d'environ 30 % de sargasses et 30 % d'algues rouges, sans préciser les volumes/biomasses collectés ni les coûts associés. Cela a tout de même représenté environ 130 heures d'activité de collecte.
- Cabourg : La commune a constaté des échouages d'algues brunes suite à la tempête début août. Les algues ramassées ont été déposées au bout des épis de la plage, sans préciser les volumes, les biomasses ou le coût que cela a représenté.
- Villers-sur-Mer : La commune a collecté environ 150 tonnes d'algues vertes (sans préciser le coût) à l'aide d'engins agricoles et tractopelles.
- Deauville : La commune a collecté 738 tonnes d'algues dans la laisse de mer (« varech ») qui ne semblent donc pas liées à des échouages d'algues proliférantes. Les services techniques regroupent les algues à l'aide de tracteurs, tractopelles et remorques puis elles sont enlevées de la plage par l'entreprise « AGB » sans préciser le coût associé à ces actions.
- Trouville-sur-Mer : Environ 60 tonnes d'algues vertes ont été collectées par les services municipaux pour un total de 4 500€

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 (Tableau 1). 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 2023 se calcule sur la période 2018-2023. Les états écologiques pour chaque masse d'eau sont présentés en figure 23, le détail des métriques dans les tableaux 10 et 11 et la représentation cartographique en figure 26.

Sur les 10 masses d'eau de type 1, 7 sont en état « très bon ». La masse d'eau FRHT06 composée du site de Gefosse-Fontenay repasse cette année dans un état très bon à la limite de l'état « bon » car les échouages sur ce site ont tendance à régresser ces dernières années malgré l'occurrence régulière d'échouages à risques qui se décomposent en haut de plage. La masse d'eau FRHC14 est en état « bon »

et évolue positivement selon la rareté des échouages ces dernières années sur ce secteur. Les 2 masses d'eau les plus touchées sont la FRHC12 qui est en état « moyen » en raison des échouages présents sur les sites de Gold Beach, Arromanches-Asnelles et Ver-Graye-sur-Mer puis surtout la masses d'eau FRHC13 en état « mauvais » représentée par les sites de Courseulles-Bernières-sur-Mer, Saint-Aubin-Langrune-sur-Mer et Luc-Lion-sur-Mer. On note une légère augmentation de l'indicateur par rapport à l'année dernière sur la période 2017-2022 car l'année 2023 comporte à nouveau très peu d'échouages sur l'année.

Sur les 6 masses d'eau de type 2, 4 sont en très bon état écologique avec cependant les masses d'eau FRHC07, FRHC11 et surtout FRHC10 très proche de la limite de l'état « bon ». La masse d'eau FRHC10 est d'ailleurs composée des sites d'Utah Beach et de Grandcamp-Maisy qui, au regard de l'indicateur des blooms de macroalgues opportunistes sont complètement différentes d'un point de vue morphologique. Le site d'Utah Beach est principalement composé d'un long linéaire de plage alors que le site de Grandcamp-Maisy comporte des étendues vastes de platiers rocheux qui sont propices à la colonisation d'algues opportunistes telles que les algues vertes. Le score final de la masse d'eau se compense entre le site Utah Beach qui serait considéré comme en très bon état et le site de Grandcamp-Maisy qui serait classé en état au moins moyen si l'on devait décomposer les scores à l'échelle du site.

La masse d'eau FRHC60 est en état « bon » depuis la prise en compte des échouages réguliers dans le port du Becquet. Il est à noter que ces dépôts très localisés, causés par la configuration du port qui emprisonne les algues, ne sont pas réellement représentatifs de l'état écologique de la masse d'eau mais plutôt d'un effet local. Sans considérer ces surfaces d'échouages, l'état de la masse d'eau FRHC60 retrouverait probablement son état « très bon » initial d'autant que les échouages d'ulves sur le site de Cap Lévi sont relativement faibles avec des dépôts dominés par des algues rouges généralement. Enfin, la masse d'eau FRHC08 représentée par le site de Barfleur est en état « moyen » en raison des échouages récurrents tout le long du site et notamment dans le port où l'on retrouve la plus forte concentration en ulves par rapports aux plages à proximité qui sont caractérisés par des mélanges d'algues échouées. Ces échouages massifs d'algues rouges sur les côtes de Barfleur causent régulièrement des perturbations locales avec des effets de putréfaction et possibles émanations d'H₂S.

L'état actuel des masses d'eau (moyenné sur les 6 dernières années : 2018-2023) peut être mis en perspective par rapport à la série temporelle des suivis depuis 2008 pour les masses d'eau de type 1 (Figure 24) ou de type 2 (Figure 25). 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 dont les échouages, notamment sur le site de Courseulles-Bernières-sur-Mer ont été très importants. 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.

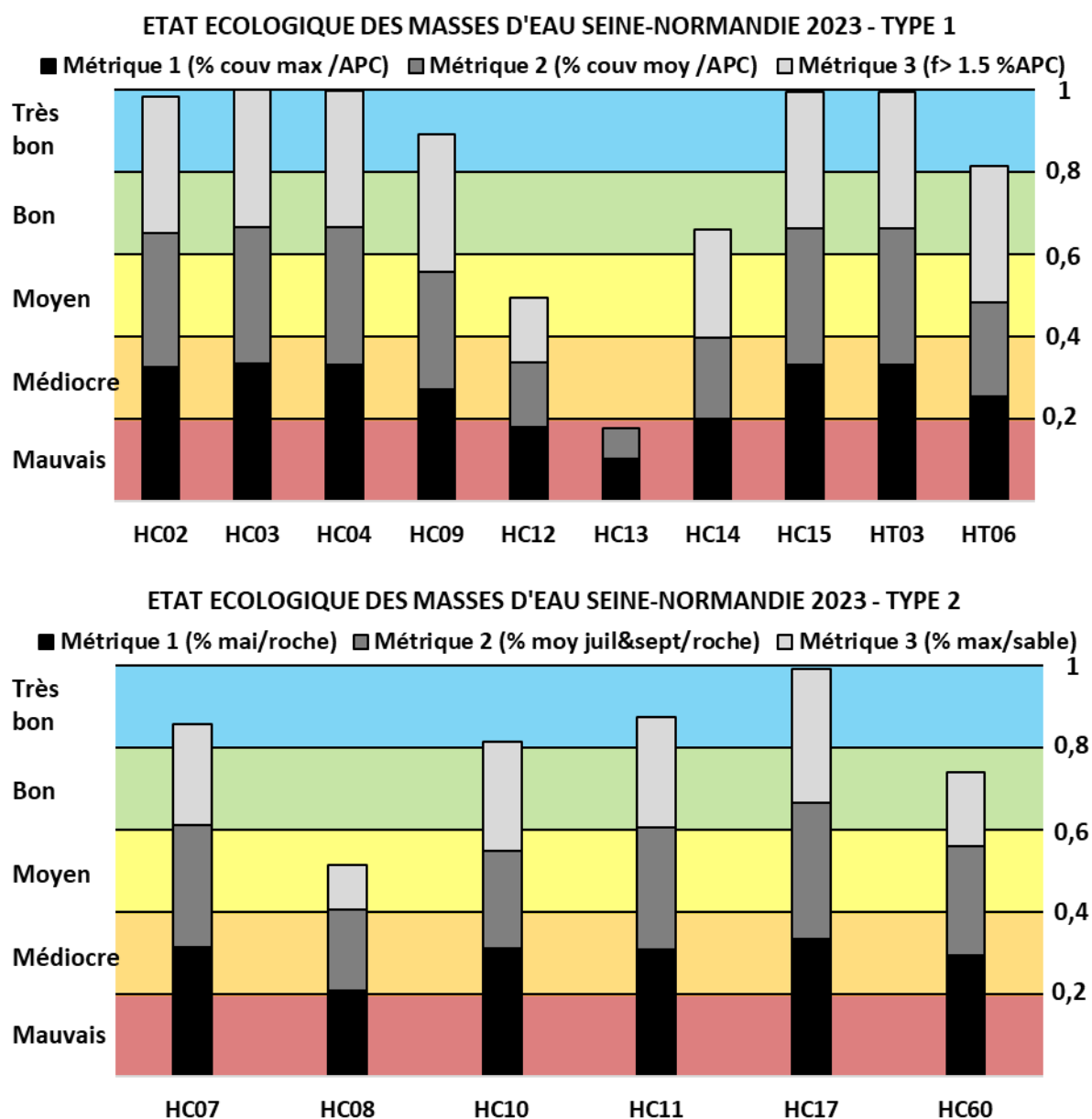


Figure 23. Calcul des EQR et de l'état écologique des masses d'eau Seine-Normandie de type 1 et de type 2 en 2023.

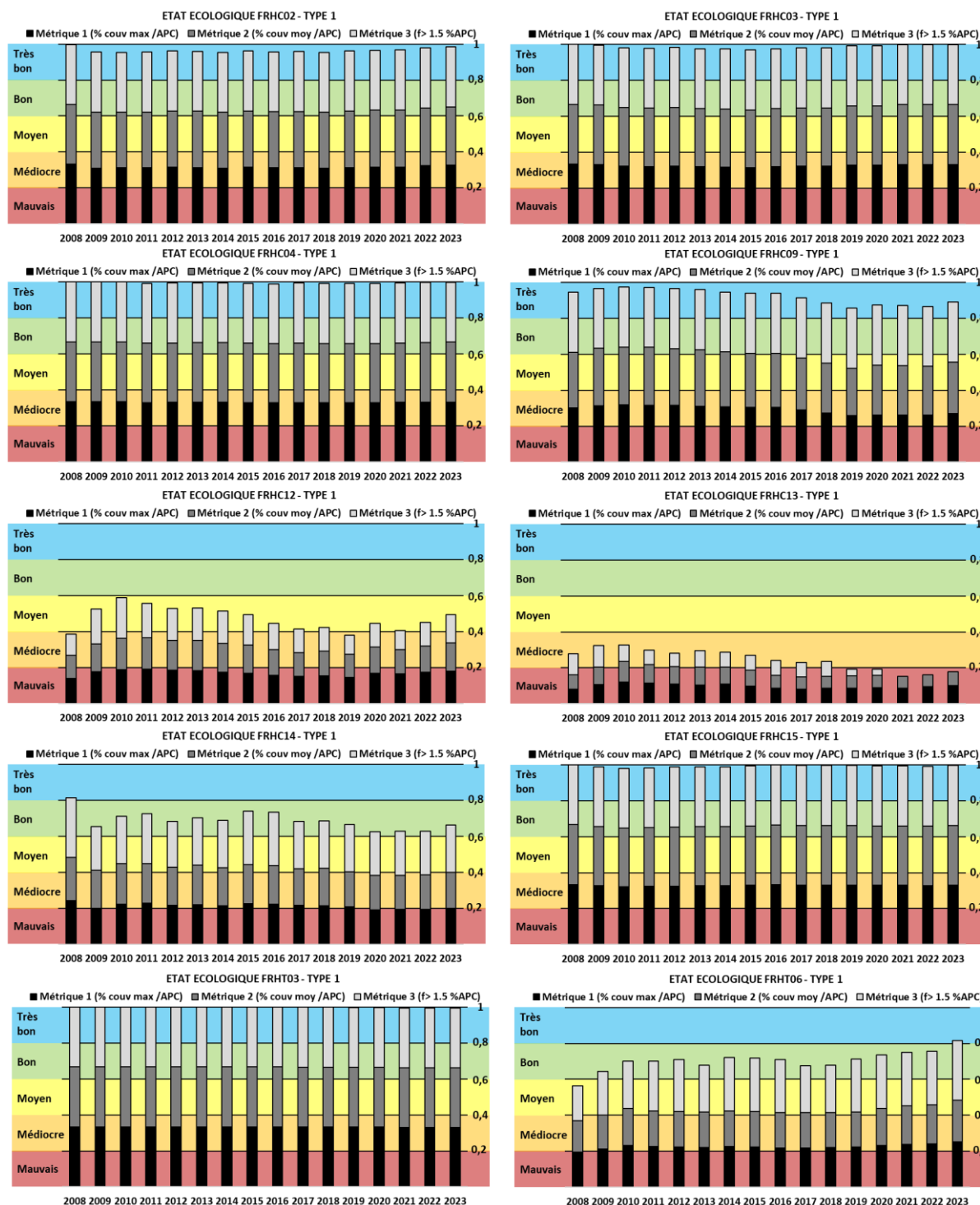


Figure 24. Evolution annuelle de l'EQR pour chacune des masses d'eau de type 1 du littoral Seine-Normandie

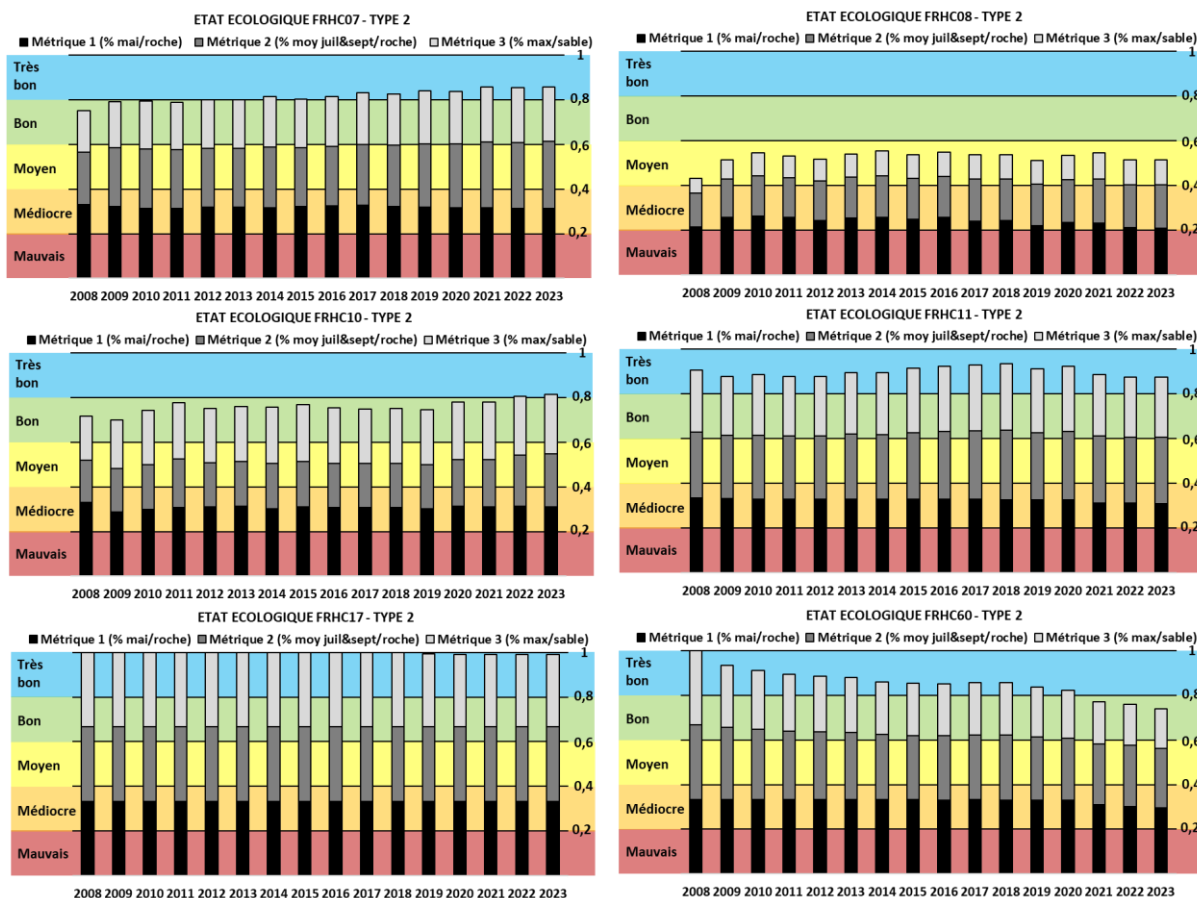


Figure 25. Evolution annuelle de l'EQR pour chacune des masses d'eau de type 2 du littoral Seine-Normandie

Tableau 10. 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 (2018-2023).

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 2018-2023 Type 1	0,06	0,03	0	0,98	0,97	1
FRHC03		0,00	0,00	0	1,00	1,00	1
FRHC04		0,01	0,00	0	1,00	1,00	1
FRHC09		0,46	0,18	0	0,81	0,86	1
FRHC12		2,25	1,54	50,00	0,54	0,47	0,47
FRHC13		6,79	4,61	100,00	0,31	0,23	0
FRHC14		1,55	0,76	11,11	0,60	0,60	0,79
FRHC15		0,02	0,01	0	0,99	1,00	1
FRHT03		0,02	0,01	0	0,99	0,99	1
FRHT06		0,70	0,53	0	0,76	0,69	1

Tableau 11. 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 (2018-2023).

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 2018- 2023 Type 2	0,29	0,26	0,83	0,94	0,89	0,73
FRHC08		1,87	1,30	6,14	0,63	0,58	0,33
FRHC10		0,36	0,71	0,51	0,93	0,71	0,80
FRHC11		0,37	0,28	0,48	0,93	0,89	0,81
FRHC17		0,00	0,00	0,06	1,00	1,00	0,98
FRHC60		0,58	0,51	2,25	0,88	0,80	0,54

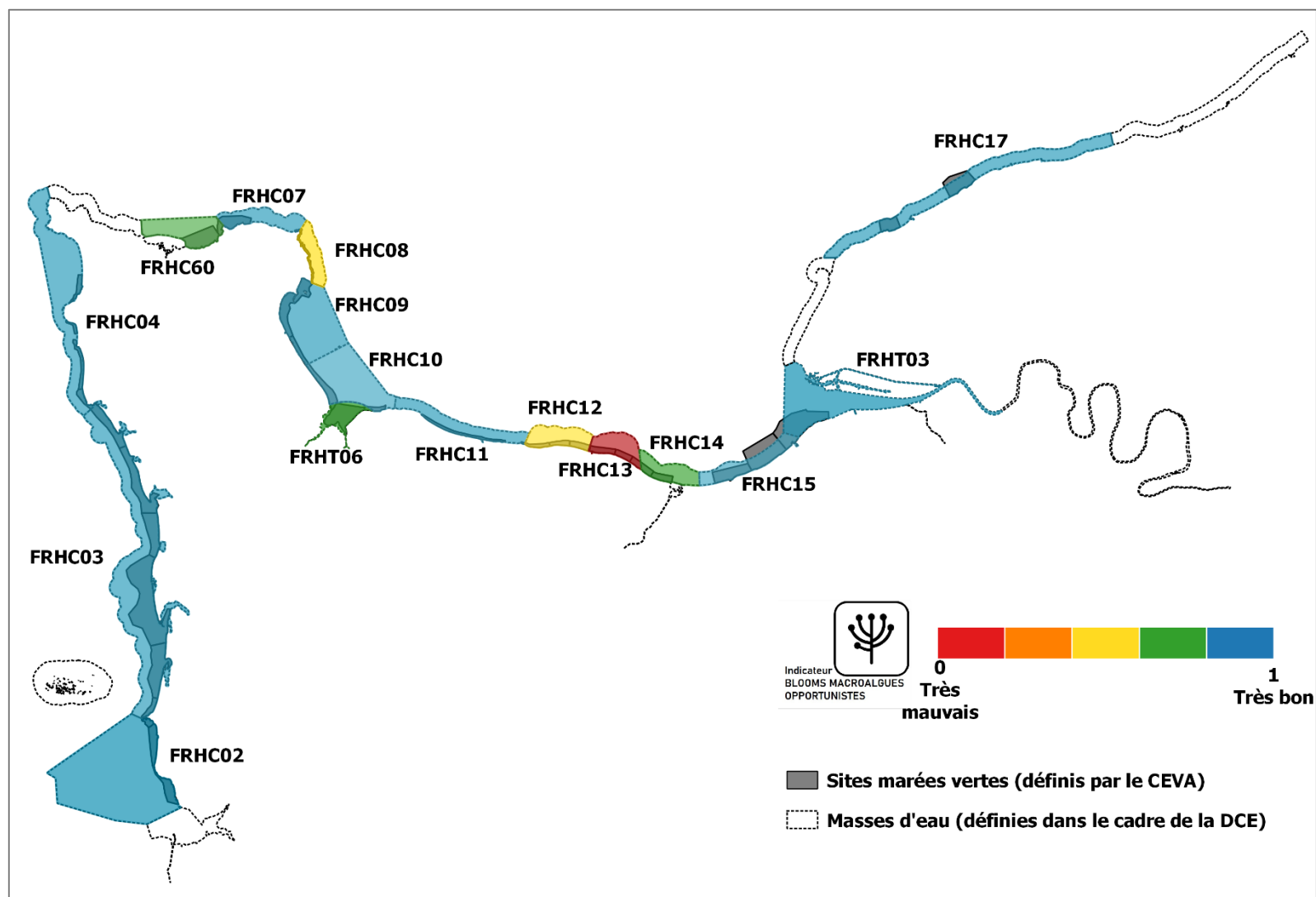


Figure 26. Cartographie de l'état écologique des masses d'eau du littoral Seine-Normandie pour l'indicateur « Blooms de macroalgues opportunistes ».

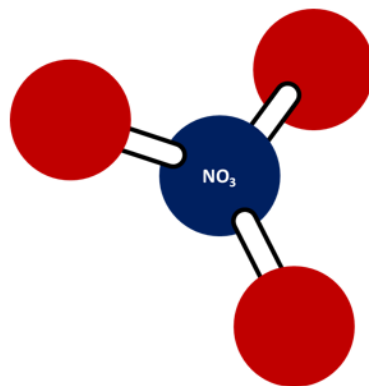
Indices

Eutrophisation

**Quotas
Azotés**

RCO

**Evaluation
Surfacique
Algues
Vertes**



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 12 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 30 et 36 fiches de synthèse pour les mois de juin et août respectivement.

Tableau 12. Dates des acquisitions aériennes et des observations terrain pour les inventaires RCO de l'année 2023.

Inventaire RCO	Date du vol	Coefficient de marée	Littoral survolé	Date des observations <i>in situ</i>	Nombre de fiches réalisées
JUIN	05/06/2023	88	Saint-Jean-le-Thomas > Ouistreham	06-08/06/2023	30
AOÛT	04/08/2023	104	Saint-Jean-le-Thomas > Ouistreham	05-06/08/2023	36

4.2. Classement des sites

Selon les critères 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, 3 des 9 sites ont été classés pour les 2 inventaires (Pointe de Barfleur, Géfosse-Fontenay, Grandcamp-Maisy). Les sites de Courseulles-Bernières-sur-Mer, Saint-Aubin-Langrune-sur-Mer ont été classés au mois d'août mais pas en juin et inversement pour le site de Luc-Lion-sur-Mer. Les sites de Jullouville-Saint-Pair, Gold Beach et Ver-Graye-sur-Mer n'ont été à aucun des 2 inventaires complémentaires en raison d'absence d'échouage ou de dépôts d'algues rouges prédominantes dont la proportion des ulves n'atteint pas le critère des 30% (Tableau 13).

En considérant les 3 inventaires RCS et les 2 inventaires RCO, seulement 3 des 9 sites ont été classés à 5 reprises et présentaient donc des échouages d'ulves principalement sur toute la saison 2022, il s'agit de la Pointe de Barfleur, Grandcamp-Maisy et de Géfosse-Fontenay. Les sites de Courseulles-Bernières-sur-Mer et Luc-Lion-sur-Mer ont été classés à 4 reprises, Ver-Graye-sur-Mer et Saint-Aubin-Langrune-sur-Mer à 3 reprises, Gold Beach uniquement lors de 2 inventaires et Jullouville-Saint-Pair n'a pas été classé de la saison.

L'inventaire de juin a été particulier avec énormément d'échouages très denses d'algues rouges entre les côtes nord du Cotentin et jusqu'à Gold Beach, puis des échouages très denses de Sargasses sur les sites de la côte de Nacre. Pour le site de Barfleur des échouages d'algues rouges très denses avec moins de 20 % d'ulves ont été observés. Ces échouages n'ont pas été pris en compte dans les digitalisations pour le calcul des surfaces et seuls les dépôts dans le port de Barfleur ont été pris en compte car les ulves

présentaient des thalles bien développés en proportion suffisante pour le classement du site, en tenant tout de même compte des proportions plus importantes des algues rouges. Le site d'Arromanches – Asnelles (site non inclus dans le suivi RCO) a également présenté un échouage très dense dominé par les algues rouges. Le site de Ver-Graye-sur-Mer n'a pas été classé car les échouages très denses en haut de plage sont formés par des andains de Sargasses. Même constat pour le site de Courseulles-Bernières-sur-Mer qui a présenté relativement peu d'échouages constitués de Sargasses uniquement. Ces échouages de Sargasses se poursuivent sur les sites de Saint-Aubin-Langrune-sur-Mer et Luc-Lion-sur-Mer, avec cependant un échouage à l'est, à la limite du site de Ouistreham, composé d'un mélange d'algues dont environ 40 % d'ulves, l'unique dépôt pris en compte pour ce site.

En août quelques échouages diffus d'algues brunes sont présents sur la plage de Jullouville-Saint-Pair. Les échouages sur les côtes de Barfleur ainsi que sur le site de Gefosse-Fontenay sont bien moins denses qu'auparavant mais dominés par les algues vertes. Le site de Grandcamp-Maisy quant à lui présente des échouages très denses d'algues vertes sur l'ensemble de son littoral. Les conditions de marées et de vents ont été assez fortement perturbés par la tempête survenue début août puisque les dépôts se sont retrouvés sur la chaussée, derrière les digues et parapets. Sur les sites de Gold Beach et Ver-Graye-sur-Mer des dépôts sont présents, parfois denses en haut d'estran notamment entre les épis du haut de plage mais très peu d'ulves sont observées avec une majorité d'algues rouges. Entre Courseulles-Bernières-sur-Mer et Luc-Lion-sur-Mer, des échouages sont présents mais les biomasses et les proportions d'ulves sont relativement faibles pour la saison.

Tableau 13. Récapitulatif des sites classés en 2023 pour les 2 inventaires de juin et août du RCO Seine-Normandie.

SITES	Inventaire JUN	Inventaire AOUT	Occurrence 2023	Occurrence RCS+RCO 2023
Jullouville-Saint-Pair			0	0
Pointe De Barfleur			2	5
Gefosse-Fontenay			2	5
Grandcamp-Maisy			2	5
Gold Beach			0	2
Ver-Graye-Sur-Mer			0	3
Courseulles-Bernieres-Sur-Mer			1	4
Saint-Aubin-Langrune-Sur-Mer			1	3
Luc-Lion-Sur-Mer			1	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 14).

Au mois de juin, c'est le site de Gefosse-Fontenay qui comporte les surfaces d'échouages les plus importantes avec plus de 19 hectares. Sur l'inventaire du mois d'août, les sites de Grandcamp-Maisy et de Courseulles-Bernières-sur-Mer sont les plus gros contributeurs avec respectivement 16,9 et 11,4 ha. Les surfaces d'échouages d'ulves sur le site de Gefosse-Fontenay ont bien diminué entre ces 2 périodes avec seulement 1,7 ha. Les surfaces cumulées pour ces 2 inventaires RCO ne sont pas excessives par rapport aux années précédentes. Au total, le site de Gefosse-Fontenay a atteint 21,1 ha d'ulves, le site de Grandcamp-Maisy 19,3 ha et 11,4 ha pour le site de Courseulles-Bernières-sur-Mer, non classé en juin. Les surfaces d'échouages cumulées pour ces 2 inventaires pour les sites de Barfleur, Saint-Aubin-Langrune-sur-Mer et Luc-Lion-sur-Mer sont comprises seulement entre 2,6 et 8,1 ha. Ces inventaires complémentaires sont importants pour avoir la variation au cours de la saison avec des échouages qui peuvent être exceptionnellement élevés. C'est le cas notamment pour Luc-Lion-sur-Mer où en moyenne les pics des échouages importants sont en juin et en août, pour le site de Gefosse-Fontenay en juin et pour les sites de Grandcamp-Maisy, Gold Beach, Ver-Graye-sur-Mer, Courseulles-Bernières-sur-Mer et Saint-Aubin-Langrune-sur-Mer, le pic est atteint en août. A titre d'exemple, le mois de juin 2021 (survol effectué le 24/06/21) avait connu des échouages records pour plusieurs sites avec des surfaces de 29,5 ha pour Gefosse-Fontenay, 40,3 ha pour Gold Beach, 54 ha pour Courseulles-Bernières-sur-Mer et 35,3 ha pour Luc-Lion-sur-Mer pour un total, tous sites confondus de 192,9 ha (supérieur au cumul RCS des inventaires de mai, juillet et septembre de cette année).

En prenant le cumul des surfaces RCS et RCO pour ces 9 sites, une diminution des échouages est observée par rapport à l'année précédente pour les sites de Luc-Lion-sur-Mer (-5,4 %), Gefosse-Fontenay (-11,2 %), Barfleur (-37 %) et Jullouville-Saint-Pair (aucun échouage cette année), tandis qu'une augmentation des échouages est observée pour les sites de Saint-Aubin-Langrune-sur-Mer (+4,2 %), Courseulles-Bernières-sur-Mer (+50,4 %), Ver-Graye-sur-Mer (+57,6 %), Grandcamp-Maisy (+75,4 %) et Gold Beach (+92,2 %).

Au global, pour ces 9 sites et pour les 5 inventaires, 206,7 ha d'ulves échouées ont été mesurés, soit une augmentation de 10 % des surfaces d'échouages par rapport à l'année dernière, mais une forte diminution est constatée par rapport à la moyenne interannuelle (400 ha, soit -48,2 %).

Tableau 14. Surfaces d'algues vertes digitalisées lors des 2 inventaires RCO de l'année 2023 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 2023	MAXIMUM RCO 2023	CUMUL RCS+RCO 2023
Jullouville-Saint-Pair					
Pointe De Barfleur	2,4	5,7	8,1	5,7	23,9
Gefosse-Fontenay	19,4	1,7	21,1	19,4	36,9
Grandcamp-Maisy	2,4	16,9	19,3	16,9	37,7
Gold Beach					14,3
Ver-Graye-Sur-Mer					5,7
Courseulles-Bernières-Sur-Mer		11,4	11,4	11,4	56,5
Saint-Aubin-Langrune-Sur-Mer		2,6	2,6	2,6	6,4
Luc-Lion-Sur-Mer	6,1		6,1	6,1	25,3

L'évolution des échouages d'ulves sur toute la saison, de mai à septembre, est très variable selon les sites (Figure 27). Les inventaires de mai pour Barfleur, de juin pour Gefosse-Fontenay, août pour Grandcamp-Maisy et septembre pour Courseulles-Bernières-sur-Mer ont présenté des échouages relativement importants par rapport à leur moyenne interannuelle mensuelle respective. Hormis ces exceptions, les surfaces d'échouages des autres inventaires pour chacun des sites sont globalement inférieures aux moyennes interannuelles mensuelles. Les tendances d'évolutions saisonnières sont variables selon les sites. Jullouville-Saint-Pair présente généralement une augmentation croissante du début de saison jusqu'en fin de saison (août-septembre). Barfleur est plutôt constant sur la saison. Gefosse-Fontenay présente un pic au mois de juin, tandis que les sites de Grandcamp-Maisy et ceux de la Côte de Nacre (de Gold Beach à Saint-Aubin-Langrune-sur-Mer) les échouages sont en augmentation jusqu'au mois de juin suivi d'une plus ou moins forte diminution en fin de saison (septembre). Le site de Luc-Lion-sur-Mer présente également une variation relativement constante sur la saison avec des échouages un peu plus élevés aux mois de juin et août. A part pour le site de Gefosse-Fontenay, qui se caractérise par une évolution saisonnière en 2023 comparable aux variations moyennes saisonnières (avec un pic en août), pour les autres sites les évolutions saisonnières ne semblent pas suivre les tendances saisonnières moyennes. Cela montre la forte variabilité interannuelle qui peut exister et qui est probablement étroitement liée aux conditions météorologiques et environnementales locales. Au mois de juin sur la Côte de Nacre, aucun échouage n'a été digitalisé, à part sur une partie du site de Luc-Lion-sur-Mer en raison des importants dépôts de Sargasses sur cette partie du littoral.

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 28 et 29 ci-dessous.

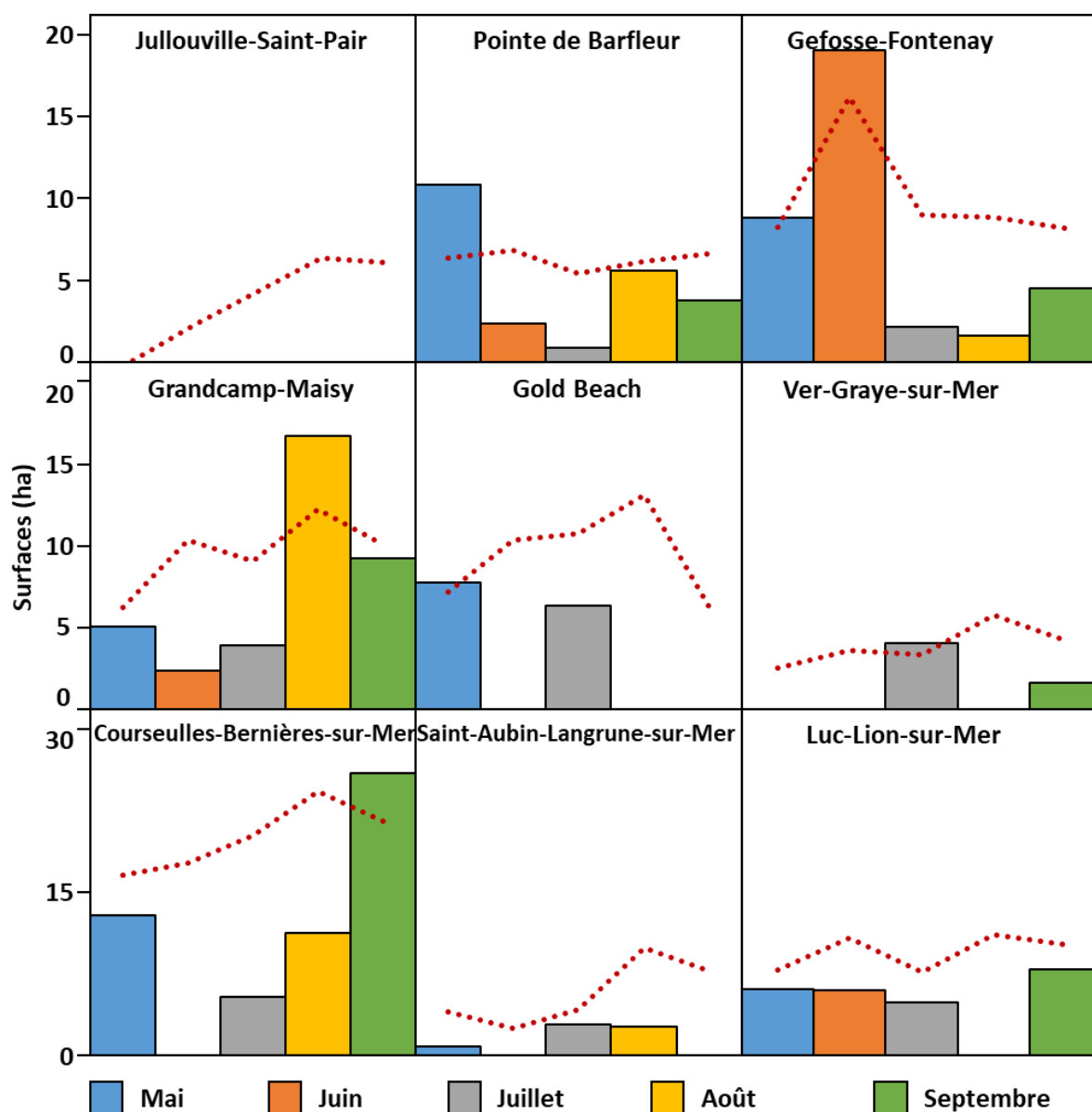


Figure 27. Evolution des surfaces d'ulves sur les 5 inventaires au cours de la saison 2023. Les courbes en pointillés rouges représentent les moyennes interannuelles mensuelles.

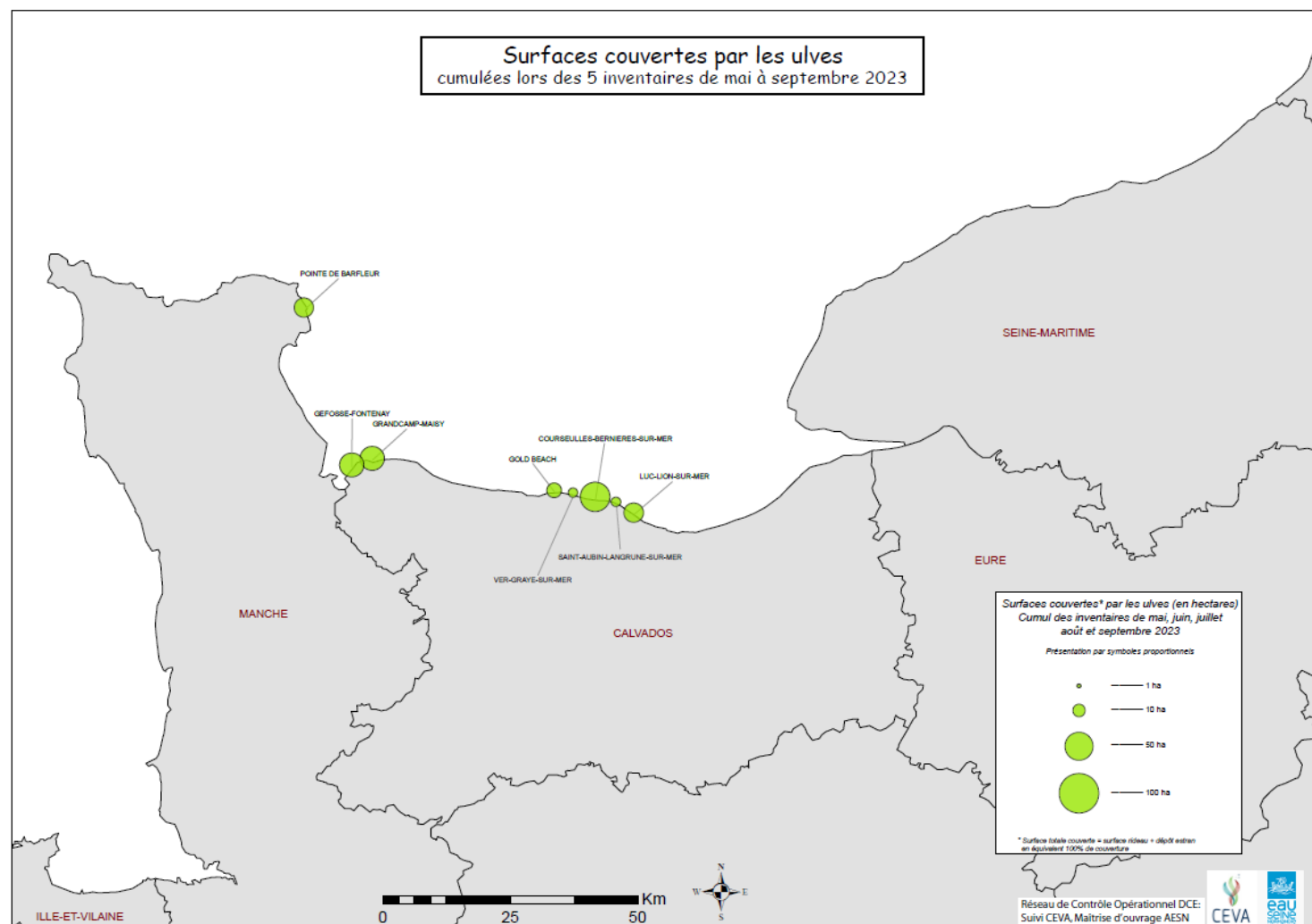


Figure 28. Surfaces cumulées des échouages d'ulves lors des 5 inventaires de mai à septembre (RCS+RCO) de l'année 2023. Les surfaces sont exprimées en ha équivalent 100%.

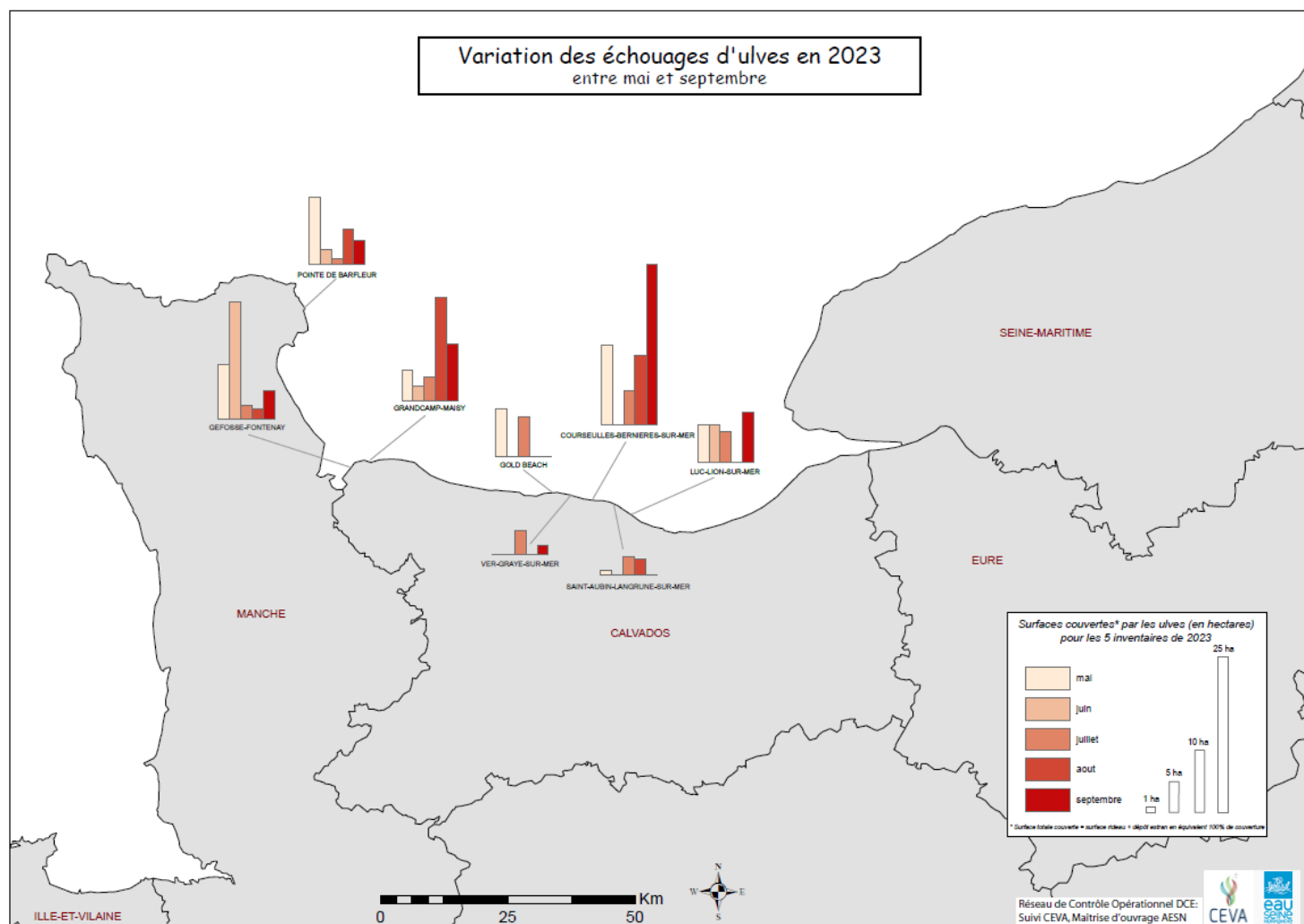


Figure 29. Variations mensuelles des échouages d'ulves lors des 5 inventaires de mai à septembre (RCS+RCO) de l'année 2023. Les surfaces sont exprimées en ha équivalent 100%.

4.1.2. Evolutions interannuelles des échouages d'ulves

L'évolution de la surface cumulée annuelle (pour les 5 inventaires entre mai et septembre) en algues vertes pour chacun des 9 sites depuis 2014 est présentée en figure 30. Comme présenté ci-dessus, l'ensemble des sites en 2023 se caractérise par des surfaces largement en-dessous des moyennes interannuelles consécutivement à l'année 2022 qui avait été aussi à un niveau très bas sur l'ensemble des sites suivis. Pour le site de Jullouville-Saint-Pair, c'est la première année qu'aucun échouage d'ulves n'a pu être observé au cours de la saison sur au moins 1 des 5 inventaires. Ce sont surtout les sites situés sur la côte de Nacre, entre Gold Beach et Luc-Lion-sur-Mer qui sont à des niveaux particulièrement bas comme cela avait été le cas en 2020 et 2022. Pour le site de Courseulles-Bernières-sur-Mer, à part les 2 années 2019 et 2021 qui ont été exceptionnellement très fortes, une tendance à la diminution des échouages semble s'observer par rapport à 2014. De manière générale, les évolutions saisonnières sont variables d'un site à l'autre et au sein d'un même site.

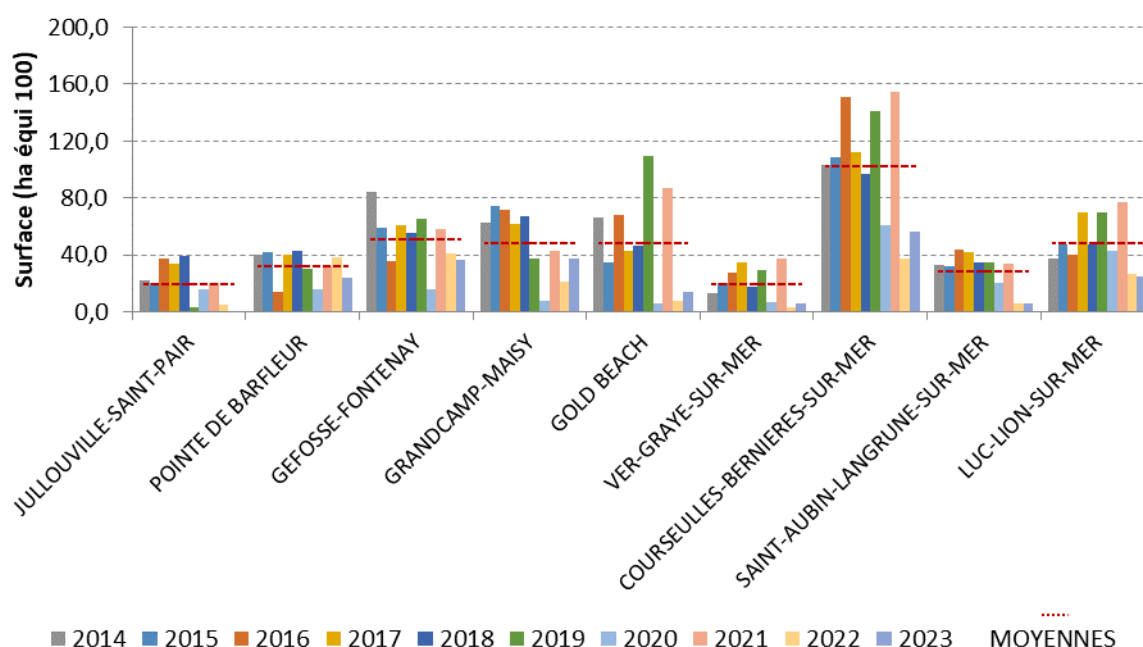


Figure 30. Evolution interannuelle de la surface cumulée en ulves sur les 9 sites suivis entre 2014 et 2023. Le cumul correspond à la somme des 5 inventaires de mai à septembre. Les pointillés rouges représentent les moyennes interannuelles pour chaque site.

L'année 2023 atteint un total de 206,7 ha d'algues vertes sur ces 9 sites pour les 5 inventaires, soit une diminution de 48 % par rapport à la moyenne interannuelle (Figure 31). Les surfaces mensuelles moyennes depuis 2014 sont de 60,1 ha en mai, 81,9 ha en juin, 75,3 ha en juillet, 99,4 ha en août et 82,3 ha en septembre. Au mois de mai, les échouages ont été comparables à la moyenne pour cette période, mais les surfaces ont été bien moindres pour les 4 autres inventaires par rapport à la moyenne interannuelle. Avec 2020 et 2022, l'année 2023 est parmi les plus faibles en termes de surfaces d'échouages d'ulves. Ces années n'ont cependant pas les mêmes tendances sur la saison avec, en 2020 une fin d'année plus impactée (août et septembre), tandis qu'en 2022 un pic est observé au mois de

juillet. L'année 2023 est caractérisée par un début et une fin de saison plus impactée (mai et septembre) (Figure 31 et Figure 32).

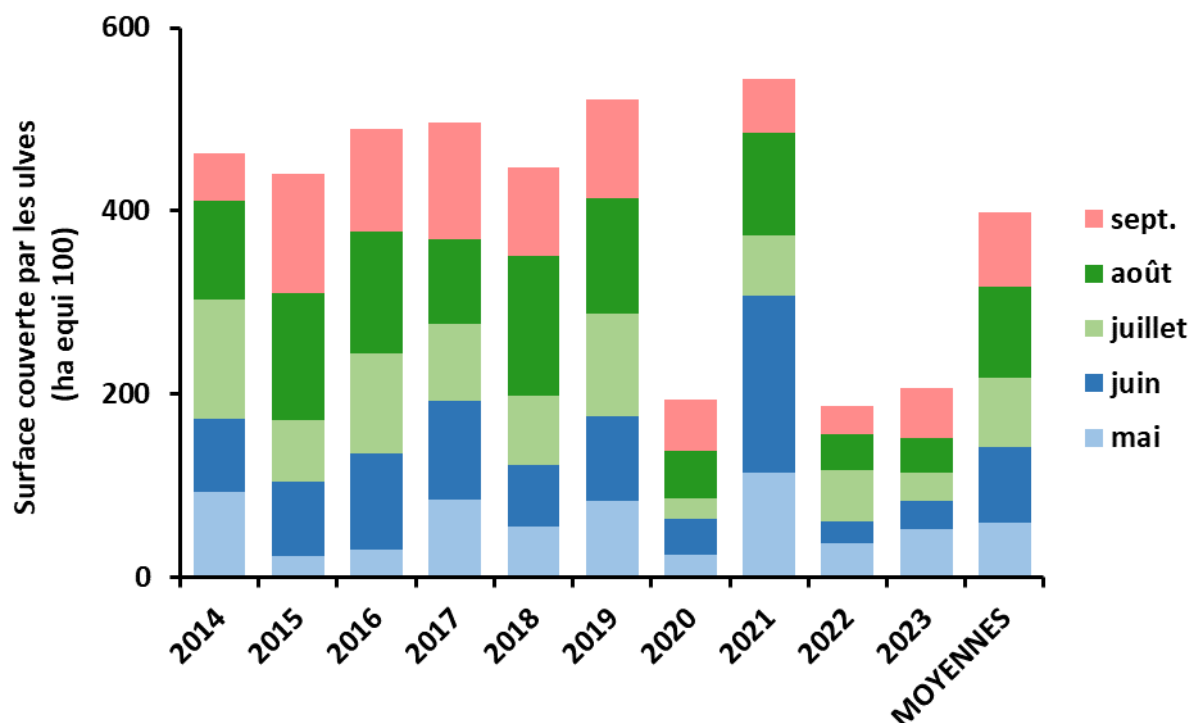


Figure 31. Surfaces couvertes par les ulves sur les 9 sites RCO du littoral Seine-Normandie sur le cumul des 5 inventaires de mai à septembre entre 2014 et 2023.

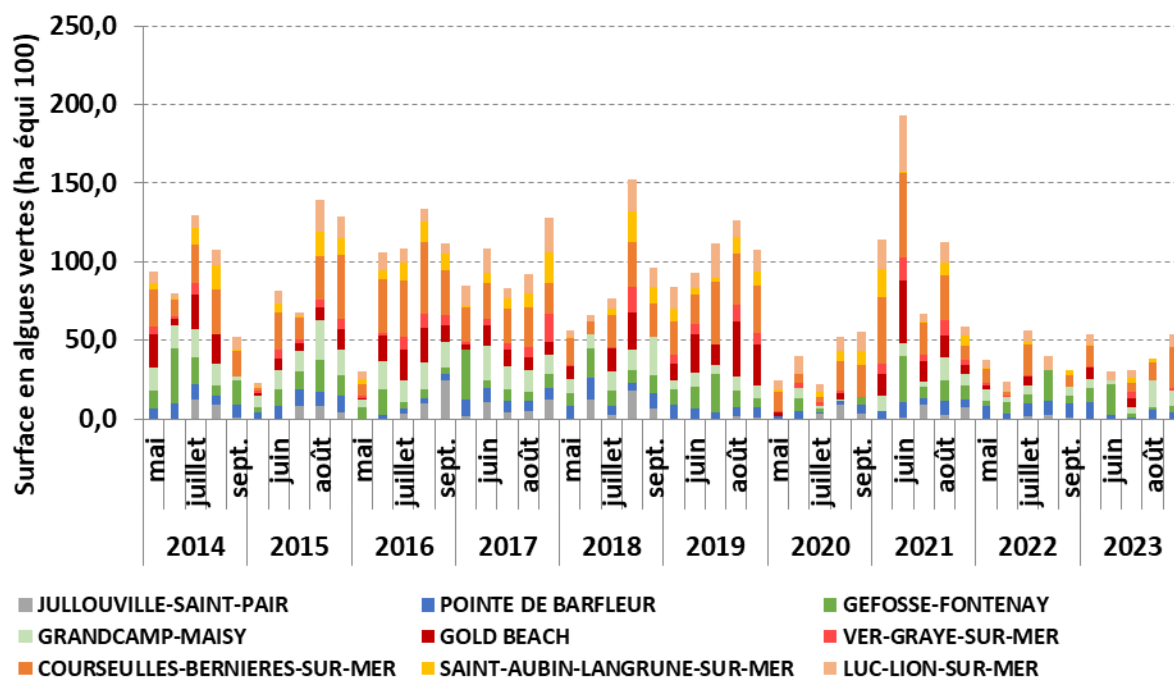


Figure 32. Evolution interannuelle des surfaces mensuelles en ulves sur les 9 sites suivis. Les surfaces correspondent à la somme des surfaces des 9 sites pour chacun des 5 inventaires.

Les différentes périodes d'acquisitions (début du mois versus fin de mois) ne semblent pas biaiser les interprétations de l'évolution des surfaces mais permettent plutôt d'étendre la gamme de variabilité d'observation des échouages. En effet les données des années 2014, 2018, 2021 et 2022 ont été acquises à la fin de chaque mois contrairement aux autres années. Ces années entre elles ne présentent toutefois pas les mêmes tendances de variations des contributions mensuelles ni des surfaces totales annuelles. De la même manière, les années dont les données ont été acquises en début de période ne présentent pas les mêmes évolutions mensuelles ou les mêmes amplitudes annuelles.

Le mois de juin 2021 suivi du mois d'août sont les 2 inventaires qui ont été les plus chargés en termes d'échouages d'ulves sur toute la période avec près de 200 et 150 ha respectivement à eux seuls. A l'inverse, les inventaires de mai 2020 et mai 2015 ont été les plus faibles avec seulement 22 et 23 ha d'échouages d'ulves.

Depuis le début des suivis, la contribution relative moyenne pour chaque site varie d'un mois sur l'autre (Tableau 15), avec un minimum, tous mois et toutes années confondus pour le site de Ver-Graye-sur-Mer (4,4 %) et le maximum pour le site de Courseulles-Bernières-sur-Mer (24,7 %, Tableau 15).

Tableau 15. Récapitulatif des contributions relatives (%) de chaque site pour chaque inventaire de l'année 2023 et comparaison avec les contributions moyennes mensuelles interannuelles depuis 2014.

SITE	2023					MOYENNE ANNUELLE	MOYENNE
	mai	juin	juillet	août	septembre	2023	INTERANNUELLE
JULLOUVILLE-SAINT-PAIR	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,6
POINTE DE BARFLEUR	20,7	8,0	2,9	14,9	7,2	10,7	9,5
GEFOSSE-FONTENAY	16,9	64,1	7,2	4,4	8,6	20,2	14,8
GRANDCAMP-MAISY	9,6	7,9	12,8	44,1	17,3	18,3	12,7
GOLD BEACH	14,8	0,0	20,7	0,0	0,0	7,1	10,0
VER-GRAYE-SUR-MER	0,0	0,0	13,2	0,0	3,1	3,3	4,4
COURSEULLES-BERNIERES-SUR-MER	24,8	0,0	17,8	29,8	48,9	24,3	24,7
SAINT-AUBIN-LANGRUNE-SUR-MER	1,5	0,0	9,5	6,9	0,0	3,6	6,6
LUC-LION-SUR-MER	11,7	20,0	15,9	0,0	15,0	12,5	12,7

En 2023, la contribution relative globale (tous mois confondus) est de **0 %** pour Jullouville-Saint-Pair (exceptionnellement aucun échouage sur les périodes d'observation), **10,7 %** pour la Pointe de Barfleur, **20,2 %** pour Gêfosse-Fontenay, **18,3 %** pour Grandcamp-Maisy, **7,1 %** pour Gold Beach, **3,3 %** pour Ver-Graye-sur-Mer, **24,3 %** pour Courseulles-Bernières-sur-Mer, **3,6 %** pour Saint-Aubin-Langrune-sur-Mer et **12,5 %** pour Luc-Lion-sur-Mer. Au mois de mai ce sont les sites de Barfleur et Courseulles-Bernières-sur-Mer les plus gros contributeurs. En juin, le site de Gêfosse-Fontenay est le plus gros contributeur avec plus de 64 % des échouages en raison des contributions des principaux sites, notamment Gold Beach et Courseulles-Bernières-sur-Mer qui n'ont pas été classés. En juillet les échouages sont répartis sur l'ensemble des sites avec des contributions variables. En août, c'est le site de Grandcamp-Maisy qui se détache avec plus de 44 % des échouages et en septembre c'est le site de Courseulles-Bernières-sur-Mer qui concentre près de la moitié des surfaces d'ulves échouées. Selon les contribution moyennes, les contributions des sites de Gêfosse-Fontenay et Grandcamp-Maisy sont plus élevées que leur contribution moyenne interannuelle. Avec des échouages variables sur la saison, les sites de Courseulles-Bernières-sur-Mer et Luc-Lion-sur-Mer affichent des contributions moyennes

équivalentes à leur contribution moyenne interannuelle respective (Figure 33 et Tableau 15). La contribution moyenne du site de Barfleur en 2023 est en légère hausse par rapport à la moyenne interannuelle en raison des contributions plus importantes aux mois de mai et août.

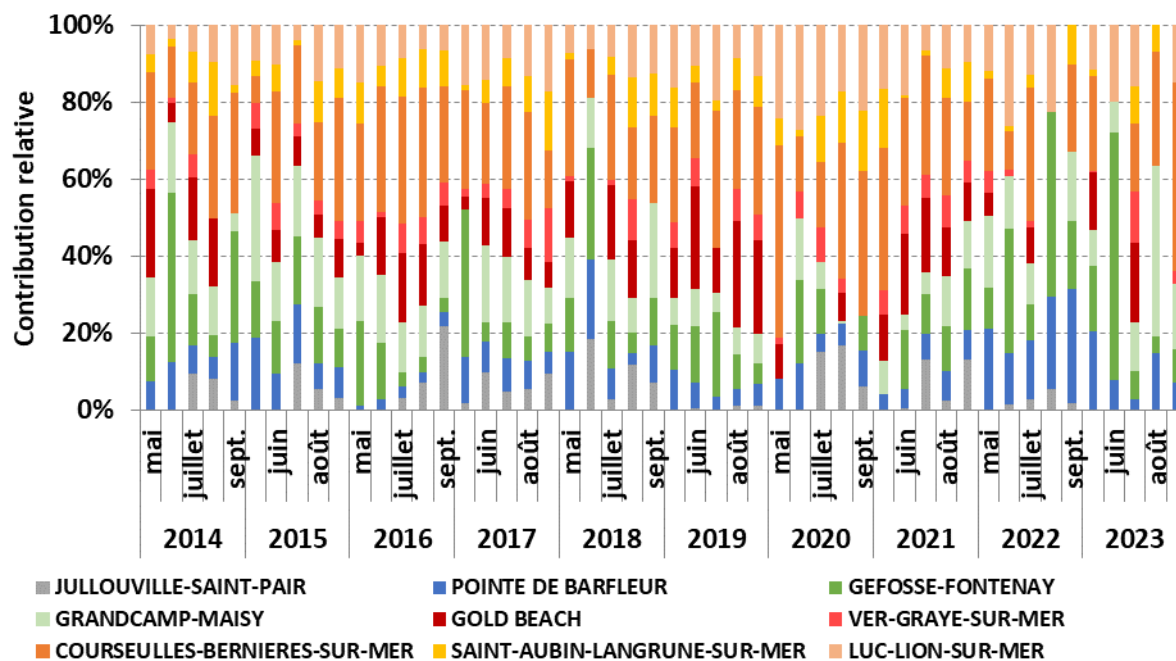


Figure 33. Evolution interannuelle de la contribution relative des 9 sites suivis (en %) par rapport à la surface mensuelle totale en ulves pour les 5 inventaires de mai à septembre.

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 apparaît 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

Toutes les missions de prélèvement ont pu être réalisées aux dates convenues de début mai à mi-septembre sur les 9 sites prévus dans le suivi RCO (Figure 34, Figure 35 et Figure 36). Malgré les faibles surfaces d'échouages sur la majorité des sites en 2023, les prélèvements d'ulves ont dû parfois se faire dans de petits dépôts (imperceptibles de l'avion) sur les plages. Cependant, 19 prélèvements n'ont pas pu être réalisés à cause de l'absence d'échouage d'ulve sur le site. Cela concerne 4 prélèvements en mai, 7 prélèvements en juin, 7 prélèvements en août et 1 prélèvement en septembre. C'est surtout pour le site de Ver-Graye-sur-Mer qu'on dénombre le moins d'échantillons car seulement 3 prélèvements ont pu être réalisés tant les dépôts ont été restreints. Pour le site de Saint-Aubin-Langrune-sur-Mer, il manque 4 échantillons sur les 10 prévus pour les mêmes raisons. Pour les sites de Jullouville-Saint-Pair, Gold Beach, Courseulles-Bernières-sur-Mer et Luc-Lion-sur-Mer, 2 échantillons n'ont pas pu être prélevés. Certains échantillons de Jullouville-Saint-Pair et Barfleur ont dû passer en micro-analyses car les biomasses prélevées n'étaient pas suffisantes pour la réalisation d'analyses classiques.

Les profils des quotas en azote et phosphore présentent des variabilités entre les sites, saisonnières au sein d'un site et selon l'historique des prélèvements et analyses effectuées (Figure 34, Figure 35 et Figure 36).

Pour le site de **Jullouville-Saint-Pair**, malgré l'absence d'échouage visible lors des survols, les prélèvements ont pu être effectués dans de petits dépôts très éparpillés et souvent en mélange avec des algues. Les quotas azotés et phosphorés sont restés à un niveau haut à part au mois de juin où ceux-ci sont passés sous le seuil $Q_1 N$ et P et indiquent donc qu'une activité de croissance a eu lieu sur cette période. Au global, sur toute la période depuis 2014, les quotas azotés pour ce site sont relativement constants avec peu de variations extrêmes. La tendance montre peu d'évolution, avec une légère augmentation de 4,4 %.

Sur les côtes de la pointe de Barfleur, les quotas azotés ont progressivement diminué au cours de la saison mais sont restés au-dessus du seuil $Q_1 N$. Les algues vertes n'ont donc pas été limitées par l'azote mais n'ont donc probablement pas réalisées énormément de croissance au profit des algues rouges qui étaient plus largement présentes dans les échouages sur les plages. En revanche les quotas phosphorés sont restés sous le seuil $Q_1 P$ dès le début du mois de juin. La tendance moyenne des quotas azotés pour ce site ne présente pas d'évolution à la hausse ou à la baisse, elle reste constante depuis 2014 (+0,6 %).

Dans le fond de la baie des Veys, pour le site de **Géfosse-Fontenay**, les quotas azotés sont restés à un haut niveau en début de saison, jusqu'au début du mois de juillet avec une forte chute sous le seuil $Q_1 N$. Les quotas sont cependant remontés rapidement dès le mois d'août à un niveau de 3,5 % de la masse sèche. En revanche les quotas phosphorés étaient sous le seuil $Q_1 P$ en début de saison (à part pour 1 prélèvement début juin) jusqu'à la mi-juillet et indiqueraient donc une limitation de la croissance par le phosphore. Ils ont augmenté fin juillet passant au-dessus du seuil critique. Sur toute la période, le site de Géfosse-Fontenay présente une très légère hausse de 2% des quotas azotés.

Au niveau de **Grandcamp-Maisy**, le profil azoté a augmenté au cours du mois de mai passant de 3,2 % de la masse sèche à plus de 4 % mais présente une très forte diminution à la mi-juin passant sous le seuil $Q_1 N$ puis sous le seuil $Q_0 N$ en juillet. Cela indique donc une très forte limitation des croissances par l'azote, mais cela montre également qu'une forte activité de croissance a eu lieu à cette période, comme cela a été constaté au travers des suivis aériens par les importants échouages de début août. A long terme, sur les 10 dernières années, les quotas azotés des algues vertes sur le site de Grandcamp-Maisy, présentent une légère diminution (-5,8 %).

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 très similaires entre eux sur la saison et évoluent donc dans un même environnement nutritionnel. Les quotas azotés sont élevés en début de saison mais diminuent progressivement pour passer sous le seuil $Q_1 N$ en juillet puis ils remontent rapidement à partir du mois d'août. Le phosphore est quant à lui relativement bas, sous le seuil $Q_1 P$ jusqu'au mois d'août. Pour l'ensemble de ces sites, les quotas phosphorés sont globalement restés sous le seuil $Q_0 P$ jusqu'au mois d'août ce qui pourrait indiquer une limitation de la croissance des ulves. Pour ces sites, une tendance générale à la diminution des quotas azotés moyens semble être observée depuis 2014 avec environ -23 % pour le site de Gold Beach, -25 % pour le site de Ver-Graye-sur-Mer, -18 % pour Courseulles-Bernières-sur-Mer, -22 % pour Saint-Aubin-Langrune-sur-Mer et -22 % pour Luc-Lion-sur-Mer.

Tableau 16. 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 2023. Les dates en orange représentent les prélèvements qui n'ont pas pu être réalisés par l'absence d'échouage d'ulves.

SITE	DATE	LATITUDE	LONGITUDE	SITE	DATE	LATITUDE	LONGITUDE	SITE	DATE	LATITUDE	LONGITUDE
JULLOUVILLE-SAINT-PAIR	06/05/2023	48,814356	-1,578523	GRANDCAMP-MAISY	07/05/2023	49,390331	-1,050764	COURSEULLES-BERNIERES-SUR-MER	07/05/2023	49,339525	-0,462414
	17/05/2023	48,810731	-1,586676		17/05/2023	49,391594	-1,052345		18/05/2023	49,339737	-0,463452
	06/06/2023	48,810587	-1,585214		07/06/2023	49,390516	-1,052813		07/06/2023	49,340336	-0,462925
	20/06/2023	48,813486	-1,577964		20/06/2023	49,392306	-1,052126		21/06/2023	49,340100	-0,465208
	04/07/2023	48,809721	-1,588548		04/07/2023	49,391952	-1,052638		05/07/2023	49,341631	-0,462592
	17/07/2023	48,811410	-1,582363		17/07/2023	49,391915	-1,052761		18/07/2023	49,339703	-0,462379
	05/08/2023	48,810261	-1,584132		06/08/2023	49,391019	-1,051271		07/08/2023	49,339684	-0,461460
	16/08/2023	48,810407	-1,583878		16/08/2023	49,390326	-1,050700		17/08/2023	49,340210	-0,459750
	02/09/2023	48,811225	-1,583836		02/09/2023	49,391609	-1,051193		03/09/2023	49,340018	-0,463854
	13/09/2023	48,811316	-1,581731		13/09/2023	49,392093	-1,052515		13/09/2023	49,339309	-0,463008
POINTE DE BARFLEUR	06/05/2023	49,669553	-1,263070	GOLD BEACH	07/05/2023	49,346930	-0,526976	SAINT-AUBIN-LANGRUNE-SUR-MER	08/05/2023	49,323619	-0,361390
	17/05/2023	49,680189	-1,269365		18/05/2023	49,348457	-0,527617		18/05/2023	49,334359	-0,393549
	06/06/2023	49,672037	-1,259223		07/06/2023	49,348462	-0,528462		08/06/2023	49,334538	-0,393221
	20/06/2023	49,680464	-1,269084		21/06/2023	49,349008	-0,528493		21/06/2023	49,334835	-0,392784
	06/07/2023	49,680303	-1,268869		04/07/2023	49,347030	-0,528038		05/07/2023	49,334144	-0,393620
	17/07/2023	49,680493	-1,269016		17/07/2023	49,347079	-0,528369		18/07/2023	49,334014	-0,393990
	05/08/2023	49,680289	-1,270756		07/08/2023	49,348424	-0,528698		07/08/2023	49,333641	-0,393611
	16/08/2023	49,680359	-1,271029		17/08/2023	49,348131	-0,528088		17/08/2023	49,334250	-0,393526
	03/09/2023	49,680324	-1,269217		02/09/2023	49,347492	-0,528843		03/09/2023	49,334070	-0,395166
	13/09/2023	49,680665	-1,270403		13/09/2023	49,348563	-0,527444		14/09/2023	49,333489	-0,393985
GEFOSSE-FONTENAY	07/05/2023	49,382458	-1,090235	VER-GRAYE-SUR-MER	07/05/2023	49,344622	-0,511744	LUC-LION-SUR-MER	08/05/2023	49,316259	-0,340832
	17/05/2023	49,385339	-1,090390		18/05/2023	49,347870	-0,508962		18/05/2023	49,316584	-0,339869
	07/06/2023	49,385101	-1,089963		07/06/2023	49,347644	-0,508533		08/06/2023	49,316055	-0,340248
	20/06/2023	49,384475	-1,089477		21/06/2023	49,347170	-0,508883		21/06/2023	49,316539	-0,340457
	04/07/2023	49,385676	-1,088728		05/07/2023	49,348046	-0,509889		05/07/2023	49,314667	-0,341114
	17/07/2023	49,385667	-1,089763		18/07/2023	49,345188	-0,509530		18/07/2023	49,315859	-0,339989
	06/08/2023	49,384634	-1,090189		07/08/2023	49,348163	-0,510480		08/08/2023	49,316071	-0,340155
	16/08/2023	49,384782	-1,090423		17/08/2023	49,347048	-0,509541		17/08/2023	49,316277	-0,340661
	02/09/2023	49,383639	-1,088340		02/09/2023	49,345851	-0,511965		03/09/2023	49,314605	-0,341659
	13/09/2023	49,384252	-1,090178		13/09/2023	49,347108	-0,509472		14/09/2023	49,315889	-0,340314

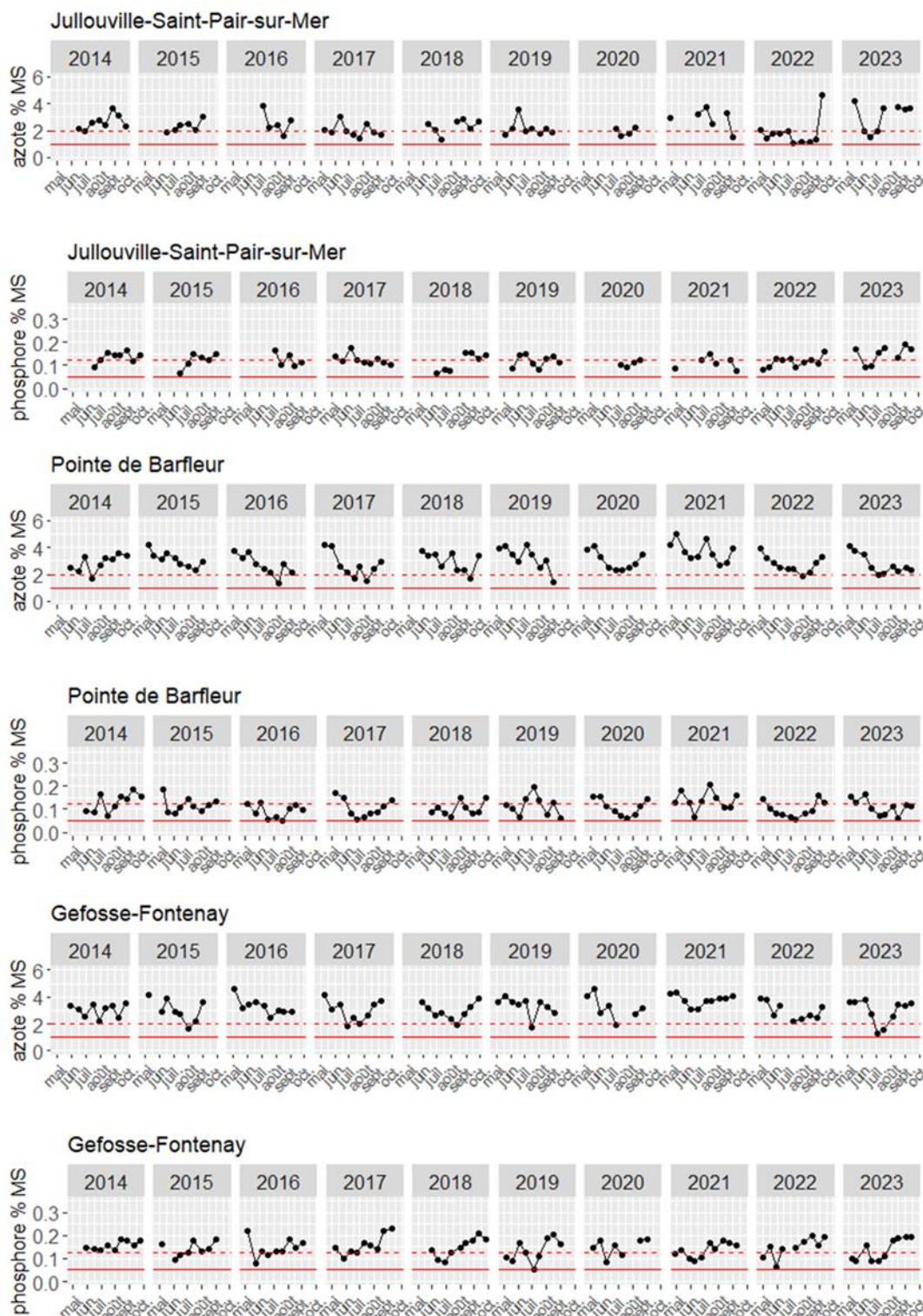


Figure 34. Evolution interannuelle (2014-2023) des quotas azotés et phosphorés pour les sites de Jullouville-Saint-Pair-sur-Mer, Barfleur et Gêfosse-Fontenay. La ligne rouge en trait pointillé indique le quota critique (Q1 N/P à 2% et 0.125%). La ligne rouge en trait plein indique le quota de subsistance (Q0 N/P à 1% et 0.05%).

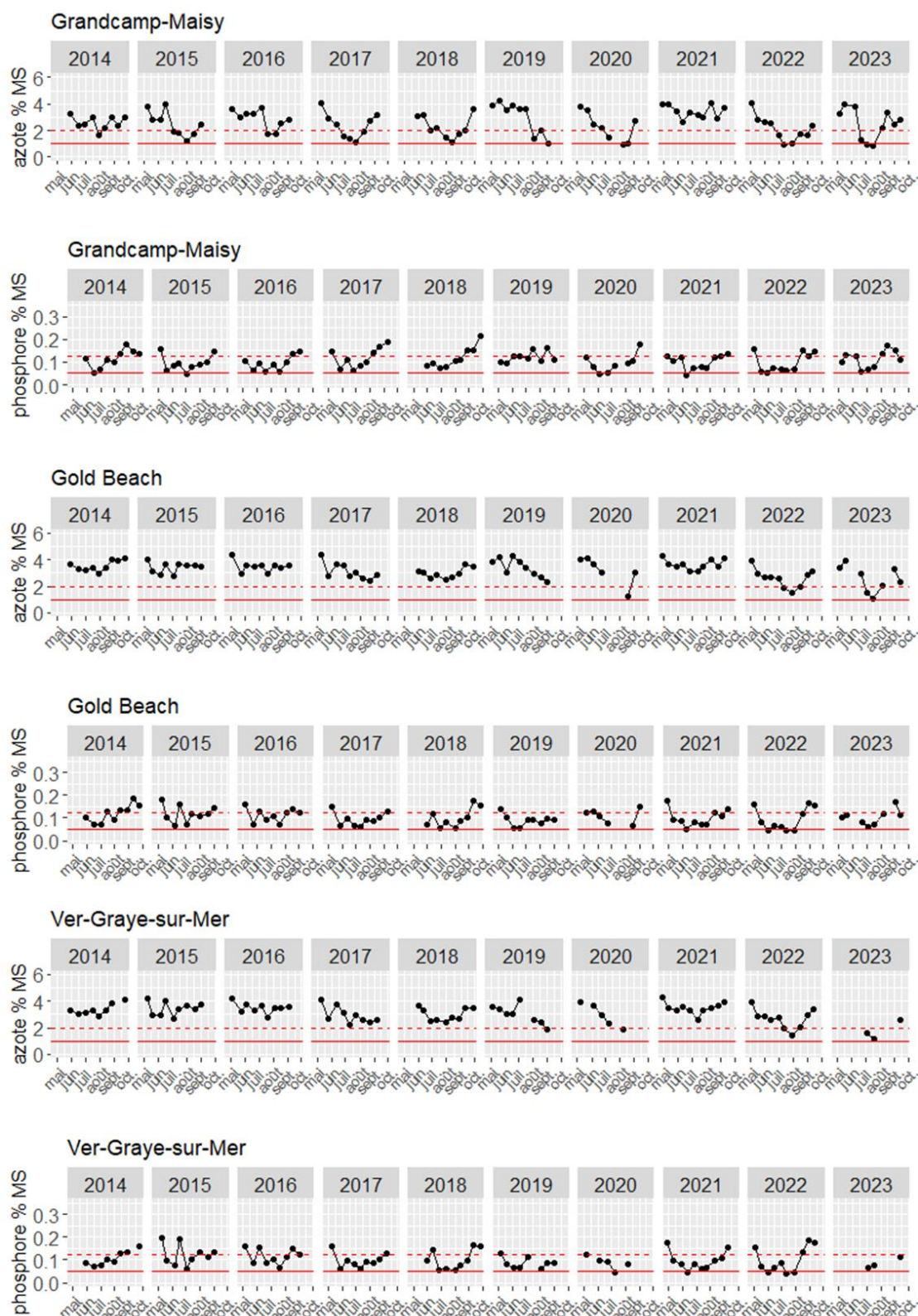


Figure 35. Evolution interannuelle (2014-2023) des quotas azotés et phosphorés sur la saison 2023 pour les sites de Grandcamp-Maisy, Gold Beach et Ver-Graye-sur-Mer. La ligne rouge en trait pointillé indique le quota critique (Q1 N/P à 2% et 0.125%). La ligne rouge en trait plein indique le quota de subsistance (Q0 N/P à 1% et 0.05%).

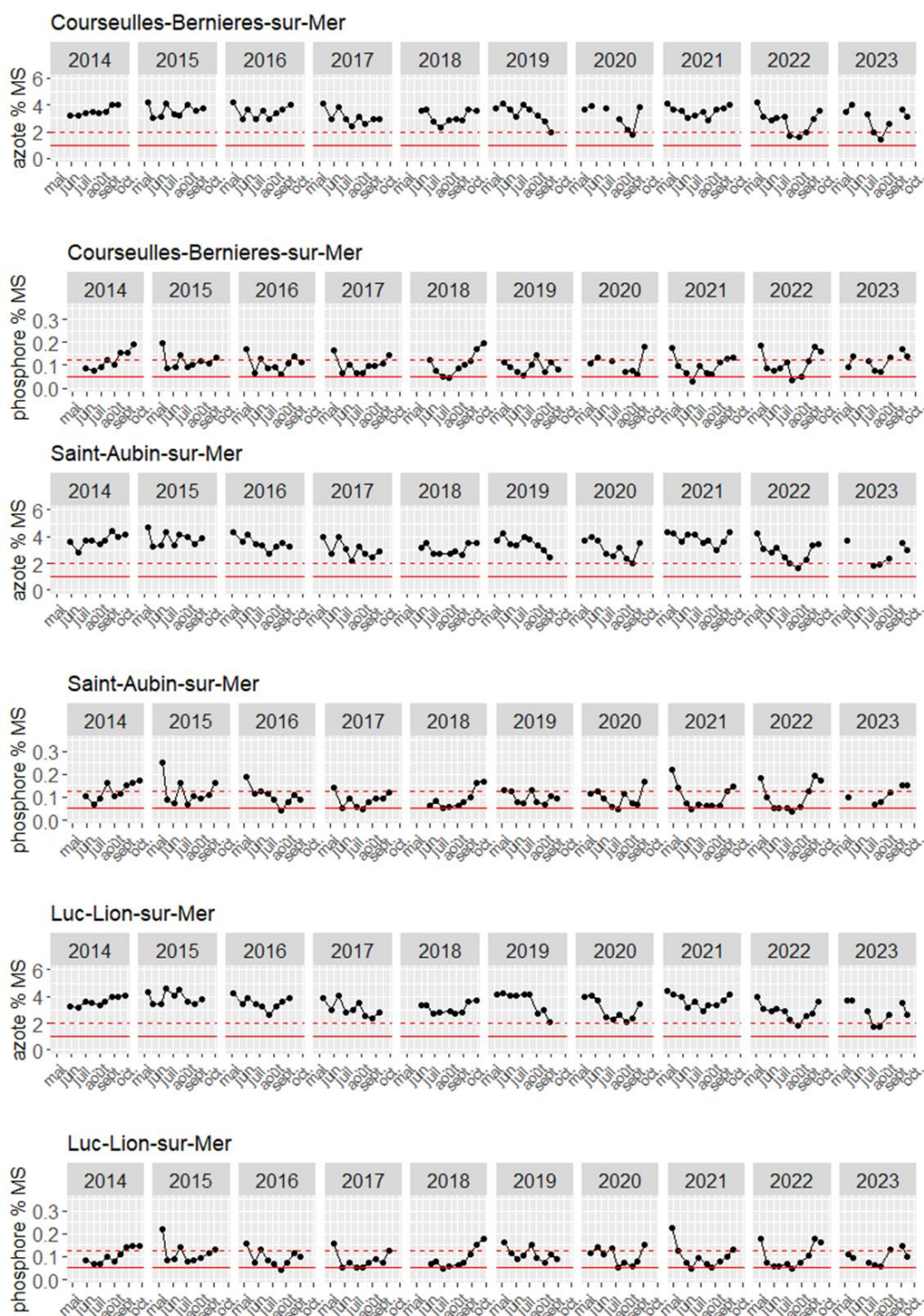


Figure 36. Evolution interannuelle (2014-2023) des quotas azotés et phosphorés sur la saison 2023 pour les sites de Courseulles-Bernières-sur-Mer, Saint-Aubin-Langrune-sur-Mer et Luc-Lion-sur-Mer. La ligne rouge en trait pointillé indique le quota critique (Q1 N/P à 2% et 0.125%). La ligne rouge en trait plein indique le quota de subsistance (Q0 N/P à 1% et 0.05%).

5. Conclusions

5.1. Partie RCS (Réseau de Contrôle de Surveillance)

L'année 2023 est la 16^{ème} 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 2023 a mis en évidence :

- Une surface totale d'ulves parmi les plus **faibles** du suivi, avec 2010, 2020 et 2022 en comparaison des autres années,
- **16 sites concernés** au moins 1 fois par des échouages d'ulves (la moyenne interannuelle étant de 18 sites classés au moins 1 fois),
- avec **34 sites classés au total** sur les 3 inventaires, c'est inférieur à la moyenne interannuelle de 39 sites classés par an. Il y a eu 4 sites touchés 1 fois, 6 sites touchés 2 fois et 6 sites touchés à 3 reprises. Ces sites impactés se répartissent sur les 3 inventaires avec 12 sites classés en mai (moyenne = 11 sites), 13 sites en juillet (moyenne = 15 sites) et 9 sites en septembre (moyenne = 13 sites). A part au mois de mai, le nombre de sites classés est inférieur en juillet et septembre et reflète donc une année de prolifération algale peu étendue,
- aucun site n'a été impacté par des échouages d'ulves en 2023 sur la partie ouest Cotentin y compris les sites de Jullouville-Saint-Pair et Granville qui sont régulièrement impactés par des échouages d'algues vertes,
- les sites sur le littoral de la Seine-Maritime n'ont pas été impactés par des échouages massifs d'ulves sur ces 3 inventaires, avec seulement des observations de dépôts en mélange localement,
- beaucoup d'échouages sont caractérisés par des mélanges d'algues avec cette année une proportion plus élevée d'algues rouges en comparaison des autres années (notamment sur les sites de la Côte de Nacre). Plusieurs sites ou dépôts n'ont pas été pris en compte cette année en raison de la présence prépondérante des algues rouges dans les échouages,
- des observations **d'échouages à risque** (sanitaire notamment) pour plusieurs sites, notamment au mois de juillet mais les concentrations relevées en H₂S sont en général inférieures à 1 ppm,
- **156,3 ha** d'ulves digitalisés en 2023 sur les 3 inventaires, soit une légère augmentation par rapport à l'année passée (+8 %) mais une forte diminution d'environ -40 % par rapport à la moyenne interannuelle (260 ha),

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 2018-2023 :

- 11 masses d'eau en **très bon** état écologique
- 2 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 2023 est la 10^{ème} 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. En raison des plus faibles échouages cette année, 19 prélèvements n'ont pas pu être effectués car aucune ulve n'était présente.

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 peuvent 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 2023 (de mai à septembre), sur les 9 sites suivis dans le cadre du RCO :

- Les surfaces cumulées sur les 5 inventaires sont inférieures aux moyennes interannuelles pour tous les sites suivis dans le RCO,
- les surfaces cumulées en algues vertes et leur évolution sur la saison sont variables selon les sites,
- pour la pointe de Barfleur, le pic est observé en mai, pour le site de Géfosse-Fontenay en juin, pour le site de Grandcamp-Maisy en août et pour Courseulles-Bernières-sur-Mer en septembre.
- les surfaces digitalisées sont **faibles** par rapport aux années précédentes, avec **206,7,4 ha** pour les 9 sites sur les 5 inventaires, c'est parmi les plus faibles surfaces avec 2020 et 2022 depuis le début des suivis RCO,
- le site de Courseulles-Bernières-sur-Mer présente la contribution relative la plus élevée avec plus de 24 % des échouages. Au mois de juin, le site de Géfosse-Fontenay atteint une contribution de 64 % car peu de sites ont été classés pour cet inventaire en raison d'échouages massifs de Sargasses, notamment sur la Côte de Nacre,

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

- Des variations entre les sites des quotas azotés et phosphorés mais des tendances similaires sont observées pour les sites proches de la côte de Nacre,
- les quotas azotés sont généralement minimums au mois de juillet,
- un environnement nutritionnel globalement pas limitant pour l'azote à part en juillet pour la plupart des sites,
- des quotas azotés sous le seuil de Q_0N pour le site de Grancamp-Maisy en juillet qui peut indiquer une forte croissance des algues et expliquer les importants échouages au mois d'août,
- une limitation des croissances par les teneurs en phosphore régulièrement sous le seuil Q_1P pour plusieurs sites,
- des profils en azote qui semblent en diminution par rapport à tout l'historique du suivi depuis 2014 principalement sur les sites de la Côte de Nacre.

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
par courrier : CEVA, BP 3, 22610 PLEUBIAN

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

* 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.