

Projet ENTEROMORPHES

Evaluation des possibilités de ramassage sur les poches ostréicoles en vue d'une valorisation en Normandie.

Résultats des expérimentations de terrain en 2017



S. Eustache, S. Pien.

Février 2018



SOMMAIRE

| | | |
|-------------|--|-----------|
| I. | INTRODUCTION | 3 |
| 1. | Les Ulves : des algues vertes cosmopolites | 3 |
| a. | <i>La morphologie des Ulves en tubes</i> | <i>3</i> |
| b. | <i>Les caractéristiques biologiques des Ulves</i> | <i>5</i> |
| c. | <i>Le cycle de reproduction des ulves.....</i> | <i>5</i> |
| 2. | Intérêts et applications des Ulves en tubes | 7 |
| II. | MATÉRIELS ET MÉTHODES..... | 11 |
| 1. | Caractéristiques des différents sites d'étude | 11 |
| 3. | Détermination de la croissance algale..... | 13 |
| 4. | Impacts des manipulations sur les poches | 15 |
| a. | <i>Effet du retournement des poches.....</i> | <i>15</i> |
| b. | <i>Évaluation de la repousse algale après une récolte.....</i> | <i>15</i> |
| a. | <i>Estimation au niveau de la côte Ouest et de la Baie des Veys.....</i> | <i>17</i> |
| 6. | Cartographie | 19 |
| 8. | Analyses sur les algues après les récoltes..... | 21 |
| III. | RÉSULTATS | 25 |
| 1. | Détermination de la croissance algale..... | 25 |
| 2. | Impacts des manipulations sur les poches | 25 |
| a. | <i>Effet du retournement des poches.....</i> | <i>25</i> |
| b. | <i>Évolution de la repousse après récolte.....</i> | <i>28</i> |
| 3. | Estimation de la biomasse récoltable et du rendement..... | 27 |
| 4. | Présence des entéromorphes en Normandie | 29 |
| 5. | Enquête auprès des ostréiculteurs | 29 |
| 6. | Analyses sur les algues après récolte..... | 31 |
| a. | <i>Détermination du pourcentage de masse sèche.....</i> | <i>31</i> |
| b. | <i>Détermination des espèces.....</i> | <i>31</i> |
| IV. | DISCUSSION..... | 35 |
| 1. | Les huîtres : la préoccupation principale des pratiques culturelles..... | 35 |
| 2. | Effet de la bathymétrie sur la croissance des entéromorphes | 37 |
| 3. | Effet de la zonation sur la croissance algale | 39 |
| 4. | Rendements obtenus sur les différents secteurs | 39 |
| 5. | Paramètres de récolte des entéromorphes..... | 43 |
| a. | <i>Impact du retournement des poches.....</i> | <i>43</i> |

| | | |
|------------|---|-----------|
| b. | <i>Repousse des entéromorphes</i> | 43 |
| c. | <i>Homogénéité des quantités récoltées sur les différents sites</i> | 45 |
| d. | <i>Étude des masses sèches</i> | 47 |
| 6. | Analyses qualitatives des entéromorphes | 47 |
| 7. | Déroulement de cette activité de diversification | 49 |
| a. | <i>Volontés des ostréiculteurs</i> | 49 |
| b. | <i>Paramètres de colonisation des poches jouant sur la rentabilité des récoltes</i> | 51 |
| c. | <i>Technique de récolte des algues</i> | 53 |
| d. | <i>Période et fonctionnement d'une récolte</i> | 53 |
| 8. | Vision d'une activité à long terme | 55 |
| a. | <i>Estimation de récolte en Normandie</i> | 55 |
| b. | <i>Estimation économique de l'exploitation des entéromorphes</i> | 57 |
| c. | <i>Impacts environnementaux</i> | 57 |
| V. | CONCLUSION | 61 |
| VI. | RÉFÉRENCES | 65 |
| 1. | Bibliographie | 65 |
| 2. | Sites internet..... | 71 |
| I. | ANNEXES | 73 |

LISTE DES FIGURES

| | |
|--|----|
| FIGURE 1 : PHOTOGRAPHIE DES 4 ESPECES D'ENTEROMORPHES LES PLUS COURAMMENT RENCONTREES SUR LES COTES FRANÇAISES (SOURCE : ALGAEBASE)..... | 2 |
| FIGURE 2 : CYCLE DE DEVELOPPEMENT DIGENETIQUE ISOMORPHE DES ULVALES (ILLUSTRATION TIREE DE GAYRAL, COSSON, 1986)... | 4 |
| FIGURE 3 : CARTOGRAPHIE DES BASSINS OSTREICOLES NORMANDS ET DES SITES D'ETUDES (FOND DE CARTE : GEOPORTAIL). | 10 |
| FIGURE 4 : SECTEUR CONCHYLICOLE DE GRANDCAMP-MAISY (SOURCE : CRC NORMANDIE MER DU NORD). | 10 |
| FIGURE 5 : SECTEUR CONCHYLICOLE DES ZONES DE BLAINVILLE-SUR-MER ET GOUVILLE-SUR-MER (ECHELLE 1/15 000). (SOURCE : CRC NORMANDIE MER DU NORD). | 10 |
| FIGURE 6 : PLANNING DES RECOLTES DES CINQ SERIES DE DIX POCHEES D'AVRIL A AOUT 2017 POUR LA DETERMINATION DE LA CROISSANCE DES ENTEROMORPHES AU NIVEAU DE LA CONCESSION EXPERIMENTALE DU SMEL. | 12 |
| FIGURE 7 : PLANNING DES RECOLTES DE TROIS POCHEES TOUTES LES DEUX SEMAINES POUR LA DETERMINATION DE LA CROISSANCE EN HAUT D'ESTRAN AU NIVEAU DE LA CONCESSION DU CRC..... | 12 |
| FIGURE 8 : METHODE DE PESEE DES ENTEROMORPHES SUR LE TERRAIN A L'AIDE D'UN SCEAU ET D'UN PESON. | 12 |
| FIGURE 9 : PHOTOGRAPHIE DE LA CONCESSION EXPERIMENTALE DU SMEL A GOUVILLE-SUR-MER ET MISE EN EVIDENCE DE LA PRESENCE HETEROGENE DES ENTEROMORPHES SUR LES POCHEES. | 12 |
| FIGURE 10 : IDENTIFICATION DES POCHEES UTILISEES SUR LA CONCESSION DU CRC ET PERIODES DE RECOLTE DES POCHEES. | 14 |
| FIGURE 11 : DIFFERENCES ENTRE UNE POCHE NON RECOLTABLE ET RECOLTABLE. A) POCHEES NON RECOLTABLES DU FAIT D'UNE BIOMASSE TROP FAIBLE ET DE LA VISION DU MAILLAGE ; B) POCHEES RECOLTABLES EN PRESENCE D'ALGUES SUFFISAMMENT DEVELOPPEES, RECOUVRANT LA QUASI-TOTALITE DES POCHEES. | 16 |
| FIGURE 12 : CARTOGRAPHIE REPRESENTATIVE DU NOMBRE D'OSTREICULTEURS RENCONTRES POUR CHACUN DES DIX SECTEURS. | 20 |
| FIGURE 13 : RECAPITULATIF DE LA FREQUENCE D'ECHANTILLONNAGE LORS DES SORTIES ET DES PRELEVEMENTS EFFECTUES D'AVRIL A AOUT 2017..... | 22 |
| FIGURE 14 : VARIATION DE LA MASSE MOYENNE D'ENTEROMORPHES RECOLTEES PAR POCHE D'AVRIL A AOUT 2017 SUR LA CONCESSION EXPERIMENTALE DU SMEL, EN BAS D'ESTRAN, A GOUVILLE-SUR-MER | 22 |
| FIGURE 15 : VARIATION DE LA MASSE MOYENNE D'ENTEROMORPHES RECOLTEES PAR POCHE AU NIVEAU DE LA CONCESSION DU CRC, EN HAUT D'ESTRAN, DE FIN MAI A FIN AOUT 2017. | 22 |
| FIGURE 16 : ÉVOLUTION DE LA CROISSANCE DES ENTEROMORPHES DE FIN-MAI A FIN-AOUT 2017 AU NIVEAU DE LA CONCESSION. ... | 22 |
| FIGURE 17 : ÉVALUATION DE LA REPOUSSE DES ENTEROMORPHES APRES LEUR RECOLTE EN FONCTION DE LA SAISON..... | 24 |
| FIGURE 18 : MASSE MOYENNE D'ENTEROMORPHES RECOLTEES SUR DES POCHEES RETOURNEES OU NON DURANT LES MOIS DE MAI A AOUT. | 24 |
| FIGURE 19 : GRAPHIQUE REPRESENTATIF DE LA VARIATION DE LA MASSE D'ENTEROMORPHES PAR POCHE EN BAS ET EN HAUT D'ESTRAN. LES MASSES OBTENUES FIN-AVRIL EN BAS D'ESTRAN ET FIN-MAI EN HAUT D'ESTRAN ONT CHACUNE ETE RAPPORTEES A 100%. 24 | 24 |
| FIGURE 20 : RENDEMENTS DE RECOLTE DES ENTEROMORPHES OBTENUS SUR QUATRE SITES CONCHYLICOLES DIFFERENTS. LES RECOLTES AYANT ETE EFFECTUEES EN JUIN 2015 ET 2017 POUR GOUVILLE-SUR-MER, EN JUIN 2017 POUR GRANDCAMP-MAISY ET ASNELLES-MEUVAINES ET EN MI-JUILLET 2017 POUR LESTRE..... | 26 |
| FIGURE 21 : ESTIMATION DES RENDEMENTS DES RECOLTES D'ENTEROMORPHES OBTENUES SUR LES SITES DE GOUVILLE-SUR-MER ET GRANDCAMP-MAISY D'AVRIL A AOUT 2017. | 26 |

| | |
|--|----|
| FIGURE 22 : : MASSE MOYENNE D'ENTEROMORPHES RECOLTABLE PAR POCHE SELON LES DIFFERENTS SITES ETUDIES. | 28 |
| FIGURE 23 : MASSE MOYENNE D'ENTEROMORPHES RECOLTABLE PAR POCHE AU NIVEAU DES ZONES CONCHYLICOLES DE LA COTE EST ET OUEST DE NORMANDIE. | 28 |
| FIGURE 24 : PHOTOGRAPHIE D'UNE COUPE TRANSVERSALE D'UNE LAME ETROITE D'U. COMPRESSA (OBSERVATION AU MICROSCOPE, OBJ x10). | 30 |
| FIGURE 25 : PHOTOGRAPHIE DE LA COUCHE CELLULAIRE D'U. COMPRESSA AU MICROSCOPE OPTIQUE (OBJ x40). | 30 |
| FIGURE 26 : THALLE ENTIER DE L'ESPECE ULVA COMPRESSA RECOLTE LE 24 MAI 2017 A GOUVILLE-SUR-MER. | 30 |
| FIGURE 27 : THALLES ENTIERS DE L'ESPECE ULVA INTESTINALIS RECOLTES LE 16 MAI 2017 A GOUVILLE-SUR-MER. | 30 |
| FIGURE 28 : THALLE ENTIER DE L'ESPECE ULVA LINZA RECOLTE LE 24 MAI 2017 A GRANDCAMP-MAISY. | 30 |
| FIGURE 29 : OBSERVATION AU MICROSCOPE OPTIQUE D'UNE COUPE TRANSVERSALE D'UN THALLE D'U. LINZA. A) OBJECTIF x4 ; B) OBJECTIF x10 ; c) OBJECTIF x40. | 30 |
| FIGURE 30 : HISTOGRAMME REPRESENTATIF DU POURCENTAGE DE MATIERE SECHE (MS) CHEZ LES ENTEROMORPHES D'AVRIL A AOUT 2017. | 30 |
| FIGURE 31 : PHOTOGRAPHIE DE L'ESPECE U. CLATHRATA OBSERVE EN MICROSCOPIE OPTIQUE A) PARTIE DU THALLE (OBJ x4) ; B) COUPE TRANSVERSALE (OBJ x10). | 32 |
| FIGURE 32 : PHOTOGRAPHIE D'UN THALLE D'U. CLATHRATA OBSERVE AU MICROSCOPE OPTIQUE (OBJ x40). | 32 |
| FIGURE 33 : PHOTOGRAPHIE DE L'ESPECE U. CLATHARA OBSERVE EN MICROSCOPIE OPTIQUE A) PARTIE DU THALLE (OBJ x4) ; B) COUPE TRANSVERSALE (OBJ x10). | 32 |
| FIGURE 34 : THALLE ENTIER DE L'ESPECE ULVA RADIATA RECOLTE LE 24 MAI 2017 A GOUVILLE-SUR-MER. | 32 |
| FIGURE 35 : THALLE ENTIER DE L'ESPECE ULVA CLATHRATA RECOLTE LE 11 MAI 2017 A GOUVILLE-SUR-MER. | 32 |
| FIGURE 36 : PRESENCE DE L'ALGUE VERTE ULVA LACTUCA SUR LES POCHEs OSTREICOLES. | 34 |
| FIGURE 37 : PRESENCE DE L'ALGUE BRUNE PYLAIELLA LITTORALIS SUR LES POCHEs OSTREICOLES. | 34 |
| FIGURE 38 : VARIATIONS DU VENT MESUREES DURANT LE MOIS DE JUIN 2017 AU NIVEAU DE LA STATION DE PIROU (SOURCE : INFOCLIMAT.FR). | 34 |
| FIGURE 39 : JAUNISSEMENT ET BRUNISSEMENT DES THALLES D'ENTEROMORPHES SUR LES POCHEs D'HUITRES AU MOIS DE JUILLET 2017. | 34 |
| FIGURE 40 : PRESENCE DE L'ALGUE ROUGE PORPHYRA SP. SUR LES POCHEs OSTREICOLES. | 34 |
| FIGURE 41 : PRESENCE DE L'ALGUE BRUNE FUCUS SP. SUR LES POCHEs OSTREICOLES. | 34 |
| FIGURE 42 : VARIATION ANNUELLE DE LA TEMPERATURE DE L'AIR MESUREE DURANT LES ANNEES 2015 ET 2017 AU NIVEAU DE LA STATION DE PIROU (SOURCE : INFOCLIMAT.FR). | 38 |
| FIGURE 43 : VARIATION ANNUELLE DES PRECIPITATIONS MESUREE EN 2015 ET 2017 AU NIVEAU DE LA STATION DE PIROU (SOURCE : INFOCLIMAT.FR). | 38 |
| FIGURE 44 : COMPARAISON DE L'ASPECT ET DE LA COULEUR DES ENTEROMORPHES A) A GOUVILLE-SUR-MER ET B) A GRANDCAMP-MAISY. | 48 |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|--|----|
| TABLEAU 1 : ALGUES AUTORISEES POUR L'ALIMENTATION HUMAINE (CEVA, 2014). | 6 |
| TABLEAU 2 : TABLEAU RECAPITULATIF DES REPONSES OBTENUES POUR CHAQUE QUESTION POSEE AUX OSTREICULTEURS (O : OUI ; N : NON ; ? : NE SAIT PAS)..... | 28 |
| TABLEAU 3 : RECAPITULATIF DE LA PRESENCE (+) OU DE L'ABSENCE (-) DES ESPECES D'ENTEROMORPHES ET DE D'AUTRES ESPECES ALGALES PRESENTES SUR LES POCHES OSTREICOLES ET SUR LES QUATRE PRINCIPAUX SITES D'ETUDE. | 32 |

LISTE DES ABRÉVIATIONS

CEVA : Centre d'Étude et de Valorisation des Algues

CRC : Comité Régional de la Conchyliculture

DIRM : Direction Inter-Régionale de la Mer

FAO : Food and Agriculture Organisation

SIG : Système d'Information Géographique

PREAMBULE.

Au printemps, les parcs ostréicoles passent au vert. En effet, les poches ostréicoles se recouvrent d'une algue verte de la famille des ulves, communément appelée Entéromorphe. Il s'agit d'une algue filamenteuse, soit en forme de cheveu sur la côte ouest du Cotentin soit plus large et de couleur plus foncée en baie de Seine.

Ces algues sont considérées par les ostréiculteurs comme gênantes et pouvant limiter l'accès à l'alimentation pour les huîtres durant le printemps et en début d'été. Même si ce n'est pas la seule raison, les ostréiculteurs opèrent à un retournement des poches à huîtres durant cette période. Cette manipulation a pour effet d'éliminer à plus ou moins long terme les algues.

Cependant, ces algues font l'objet d'études et de tests pour différentes applications. En 2013, la société ALEOR (Lézardrieux, Côtes d'Armor) contacte le SMEL afin de connaître les possibilités de ramassage sur la côte ouest du Cotentin à destination de l'alimentation animale. Les premiers tests de récolte ont eu lieu durant le printemps et ont permis en 2015 de définir une méthode de récolte et d'aborder la notion de rendement.

Durant ces trois années, ces récoltes expérimentales ont été faites avec le soutien des certains professionnels qui ont souhaité, lors d'une réunion sur l'avenir de la filière en Normandie en 2016, poursuivre les expérimentations et explorer d'autres voies de valorisation possibles à partir des entéromorphes.

Le projet appelé **ENTEROMORPHES** associe le SMEL, le CRC Normandie Mer du Nord, ALGAIA, société de transformation d'algues dont le département « Recherche et Développement » est installé à Saint Lô et ACTALIA innovations, pôle d'expertise agroalimentaire qui cherche à fiabiliser et dynamiser l'innovation dans ce secteur. Soutenu financièrement par le conseil régional de Normandie, son objectif est de construire une équipe qui travaille de la récolte sur les poches à huîtres à la vente de produits alimentaires ou autres, en passant des aspects administratifs à tous les stades du « process » permettant en Octobre 2018 de définir les grandes lignes d'une filière économique autour de cette algue.



U. linza

U. intestinalis

U. compressa

U. ramulosa

Figure 1 : Photographie des 4 espèces d'entéromorphes les plus couramment rencontrées sur les côtes françaises (source : Algaebase).

I. INTRODUCTION

1. Les Ulves : des algues vertes cosmopolites

Les Ulvales font partie du grand groupe des *Chlorophyta*, aussi connues sous le nom d'Algues vertes. Elles appartiennent à la famille des *Ulvaceae* et regroupaient autrefois deux groupes distincts : les Ulves (*Ulva sp.*) et les Entéromorphes (*Enteromorpha sp.*). Cependant, une étude de Hayden *et al.* (2003) a démontré, à travers des analyses génomiques, que ces deux taxons ne sont pas des entités évolutives distinctes et qu'ils doivent être considérés comme identiques. Aujourd'hui, ces deux genres sont regroupés sous le même nom de genre, *Ulva*. La morphologie des thalles étant différente (Hayden *et al.*, 2003), deux catégories sont présentes. Il s'agit des Ulves en lames (anciennement *Ulva*) et des Ulves en tubes (anciennement *Enteromorpha*). Dans ce rapport, seules les Ulves en tubes seront étudiées et nommées « Entéromorphes ».

a. La morphologie des Ulves en tubes

Selon l'étymologie grecque, le mot « enteromorpha » signifie « en forme d'intestin » et se réfère à la morphologie de ces espèces. Les Ulves en tubes regroupent donc toutes les algues vertes en forme de tube qui sont plus ou moins ramifiées, aplaties ou parfois rubanées selon les espèces. Leur thalle, dit monostromatique, est composé d'une seule couche de cellules à plaste pariétal (Gayral et Cosson, 1986) et leur structure creuse, remplie d'air, leur permet de se tenir dressé dans le milieu. En Normandie, les espèces les plus couramment rencontrées sur nos côtes sont *Ulva compressa*, *Ulva intestinalis*, *Ulva ramulosa* et *Ulva linza* (Figure 1). Cependant, elles présentent une plasticité morphologique qui peut rendre la détermination des espèces difficile. En effet, selon les conditions du milieu dans lesquelles elles se trouvent, leurs caractères morphologiques et anatomiques peuvent varier (Kwang Young *et al.*, 1991; Leskinen *et al.*, 2004). Il en est de même pour le polymorphisme de certaines espèces (Gayral et Cosson, 1986).

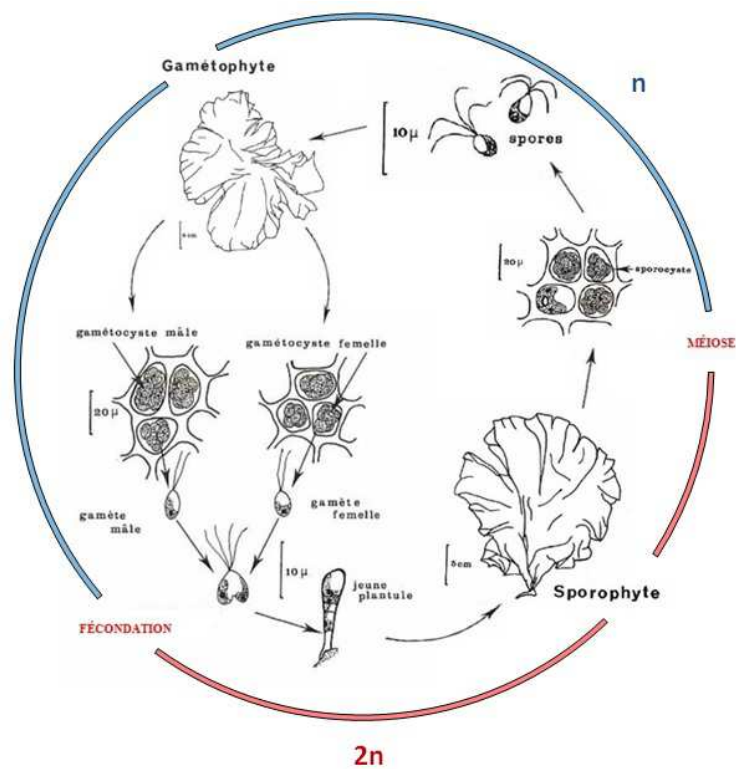


Figure 2 : Cycle de développement digénétique isomorphe des Ulvales
(Illustration tirée de Gayral, Cosson, 1986).

b. Les caractéristiques biologiques des Ulves

Il existe actuellement 22 espèces d'entéromorphes acceptées taxonomiquement, mais 587 noms sont disponibles et font référence aux diverses sous-espèces qui existent (Guiry, 2017, Algaebase). D'une part, ce sont des espèces cosmopolites, retrouvées dans tous les continents, et qui sont généralement présentes au niveau des cuvettes du médiolittoral. Néanmoins, une variation de leur répartition spatiale au niveau de l'estran existe en fonction des conditions du milieu (Martins *et al.*, 2007). Effectivement, ce sont des espèces photophiles qui nécessitent une luminosité importante pour leur croissance et privilégient les zones peu profondes, qui, par ailleurs, présentent une température plus élevée. Elles sont observables toute l'année, mais dominent largement au printemps et en été (Gayral et Cosson, 1986). Lorsque les conditions favorables de salinité, de température, d'éléments nutritifs et de lumière sont réunies, les Ulves en tubes, qui possèdent une stratégie de vie opportuniste (Hoek *et al.*, 1995), peuvent rapidement coloniser toute la partie supérieure du littoral (Martins et Marques, 2002). Leur croissance est aussi favorisée par une augmentation de la concentration en nutriments, notamment en azote et en phosphate (Kamer et Fong, 2001) et ces conditions d'eutrophisation sont alors souvent à l'origine de l'apparition de phénomènes récurrents de marée verte (Menesguen, 2003) dans de nombreux pays (Bäck *et al.*, 2000; Nelson *et al.*, 2003; Charlier *et al.*, 2006; Keesing *et al.*, 2011). D'autre part, ces algues sont euryhalines (Reed et Russell, 1979; Martins *et al.*, 1999; Kamer et Fong, 2000). Elles peuvent supporter de grandes déssalures et occuper aussi bien les eaux marines que saumâtres (McAvoy et Klug, 2005), comme par exemple *U. intestinalis* qui peut remonter dans la Seine jusqu'à Paris (Cabioc'h, 1992).

c. Le cycle de reproduction des ulves

Les Ulves en tubes, comme les Ulves en lames, ont un cycle digénétique haplo-diplophasique isomorphe. Il existe alors une alternance entre une génération haploïde (n) et une génération diploïde ($2n$) qui conduisent toutes les deux à des thalles identiques morphologiquement (Gayral et Cosson, 1986). La coloration jaune brunâtre au niveau des régions marginales du thalle correspond à l'état de fertilité des ulves.

| Nom scientifique | Nom commun |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Algues brunes <ul style="list-style-type: none"> - <i>Ascophyllum nodosum</i> - <i>Fucus vesiculosus</i> + <i>serratus</i> - <i>Himanthalia elongata</i> - <i>Undaria pinnatifida</i> - <i>Laminaria digitata</i> - <i>Laminaria saccharina</i> - <i>Laminaria japonica</i> - <i>Alaria esculenta</i> | Spaghetti de mer Wakame Kombu Kombu Royal Kombu Atlantic wakame |
| <ul style="list-style-type: none"> • Algues rouges <ul style="list-style-type: none"> - <i>Palmaria palmata</i> - <i>Porphyra umbilicalis</i> - <i>Porphyra tenera</i> - <i>Porphyra yezoensis</i> - <i>Porphyra dioica</i> - <i>Porphyra purpurea</i> - <i>Porphyra laciniata</i> - <i>Porphyra leucostica</i> - <i>Chondrus crispus</i> - <i>Gracilaria verrucosa</i> - <i>Lithothamnium calcareum</i> | Dulce Nori " " " " " " Pioca, lichen Ogonori Mäerl |
| <ul style="list-style-type: none"> • Algues vertes <ul style="list-style-type: none"> - <i>Ulva</i> sp. - <i>Enteromorpha</i> sp. | Laitue de mer Aonori |
| <ul style="list-style-type: none"> • Microalgues <ul style="list-style-type: none"> - <i>Spirulina</i> sp. - <i>Odontella aurita</i> - <i>Chlorella</i> sp. | |

Tableau 1 : Algues autorisées pour l'alimentation humaine (CEVA, 2014).

Le thalle haploïde (n), appelé gamétophyte est unisexué (mâle ou femelle) et expulse des gamètes biflagellés (mâles ou femelles) via un pore au niveau des gamétocystes (Figure 2). Le thalle diploïde ($2n$), appelé sporophyte, est issu de la fécondation entre deux de ces gamètes puis de la croissance du zygote en jeune plantule et ensuite en thalle. Ce thalle produit à maturité, par l'intermédiaire des sporocystes, des spores quadriflagellées diploïdes, soit mâle, soit femelle. Ces spores se développeront alors indépendamment les unes des autres pour donner des gamétophytes.

Des conditions optimales, en grande partie une température de l'eau élevée, sont nécessaires à la reproduction des Ulves. L'abondance des spores est maximale à la fin du printemps et en début d'été et coïncide avec l'augmentation de la biomasse des thalles adultes. Fin août, l'abondance diminue et devient quasiment nulle en automne et jusqu'au début du printemps (Schories, 1995; Lotze *et al.*, 1999). D'autres études ont aussi montré que la reproduction dans l'Atlantique Ouest était observée uniquement entre juin et octobre (Zaneveld et Barnes, 1965) ou que la production de spores et gamètes diminuait entre septembre et mi-décembre dans le nord du Pays de Galles (Christie et Evans, 1962). Ainsi, la fréquence des frondes reproductives varie considérablement entre l'été et l'automne-hiver (Arasaki et Shihira, 1959; Pringle, 1986). Bien que ces espèces soient annuelles, les spores d'*Enteromorpha sp.*, déjà présentes en automne et hiver, peuvent résister à de faibles luminosités et des températures froides et ainsi germer l'année suivante (Schories, 1995).

2. Intérêts et applications des Ulves en tubes

Lors de phénomènes de marées vertes, les problèmes liés à la décomposition des algues vertes sur les plages sont importants. Or, les Entéromorphes, contrairement à d'autres espèces d'algues vertes comme *Ulva lactuca*, ne sont que très peu responsables des conséquences de ces marées vertes. Au contraire, elles possèdent une multitude d'atouts dans des domaines variés. Elles peuvent être utilisées dans l'alimentation humaine et animale ou encore dans la cosmétique et l'agriculture par exemple (FAO, 2010).

Ces algues représentent donc une source de nourriture intéressante du fait de leur composition en éléments nutritifs. Aujourd'hui, il existe 24 algues, dont 3 microalgues, qui

sont utilisables pour la consommation humaine (CEVA, 2014). Parmi elles, sont retrouvées les entéromorphes, appelées communément **aonori** (tableau 1). Ces ulves présentent une grande richesse en fibres alimentaires (36,6 g pour 100 g d'algues sèches ; CEVA, 2015) ainsi qu'une part importante en protéines hautement digestibles (Aguilera-Morales *et al.*, 2005). Elles sont composées d'une multitude de vitamines, comme les vitamines A et B dont la B12, ou bien la vitamine C qui est importante pour la formation de tissu conjonctif, du tissu osseux, ou encore pour l'absorption intestinale du fer (Burtin, 2003). Les vitamines D et K sont aussi présentes, de même que la vitamine E qui joue un rôle important dans la prévention de maladies cardio-vasculaires (Solimabi et Kamat, 1985). De plus, elles comportent une grande diversité en minéraux (sodium, magnésium, phosphore, potassium, calcium, fer, iode, etc.) et une quantité faible de lipides (Chouikhi, 2013). Les algues vertes ont aussi montré leur efficacité au niveau de la production animale.

Leurs caractéristiques en font également des espèces pertinentes pour être utilisées dans de nombreux autres domaines tels que la cosmétique et le médical. En effet, un autre composé présent chez les entéromorphes est intéressant. Il s'agit d'un polysaccharide hydrosoluble constitutif de la paroi cellulaire des algues vertes et appelé ulvane. Ce composé est capable de former des hydrogels utilisables dans le domaine biomédical (Ex : lentille de contact, ...). Dans la cosmétique, des oligosaccharides dérivés de cet ulvane peuvent être utilisés. Ils présentent des actions sur la peau avec notamment des effets sur l'élastine, la synthèse de collagène ou encore sur l'acide hyaluronique. D'autre part, l'eau d'évaporation issue du séchage des algues par distillation basse température (40 °C) peut aussi être utilisée comme eau végétale d'algues marines pour les formulations cosmétiques.

Par ailleurs, dans le domaine de l'agriculture, les algues vertes peuvent être exploitées sous forme d'engrais naturels. En effet, des études ont démontré l'efficacité d'extraits d'*U. intestinalis* sur la germination de graines ainsi que sur la croissance racinaire de certaines plantes comme le sésame ou le soja (Gandhiyappan et Perumal, 2001; Mathur *et al.*, 2015). De plus, par la présence des ulvanes, ces algues vertes servent d'activateurs des réactions de défense des plantes et de résistance contre des contraintes biotiques et abiotiques (Yvin *et al.*, 2002).

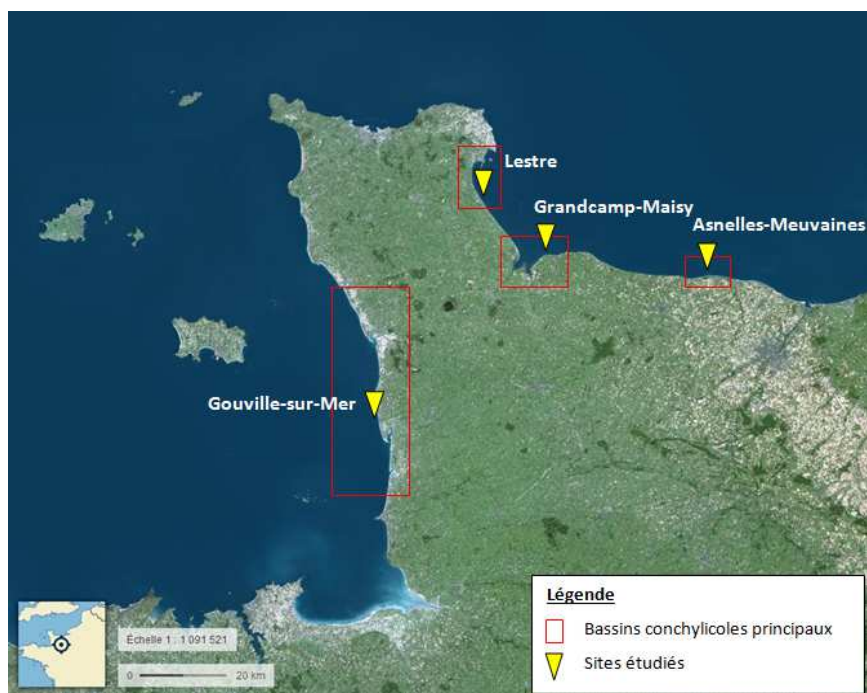


Figure 3 : Cartographie des bassins ostréicoles normands et des sites d'études (fond de carte : Géoportail).

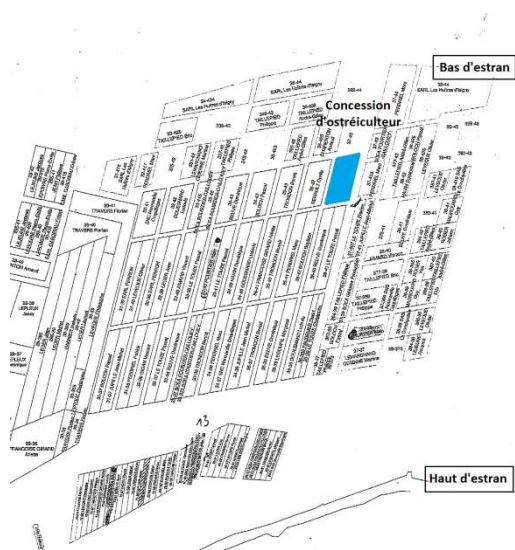


Figure 4 : Secteur conchylicole de Grandcamp-Maisy (source : CRC Normandie Mer du Nord).

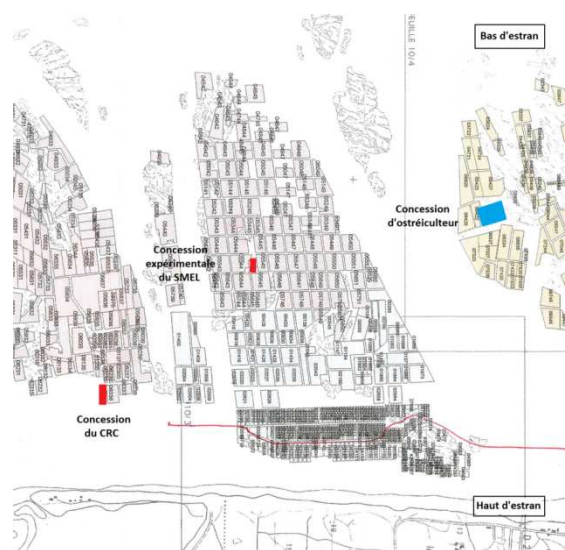


Figure 5 : Secteur conchylicole des zones de Blainville-sur-Mer et Gouville-sur-Mer (échelle 1/15 000). (Source : CRC Normandie Mer du Nord).

II. MATÉRIELS ET MÉTHODES

1. Caractéristiques des différents sites d'étude

Les côtes normandes présentent des conditions différentes qui discriminent les 4 principaux sites d'étude. Parmi eux, 3 sites se situent dans la Baie de Seine qui est un milieu plutôt riche en nutriments du fait des apports importants provenant de différents fleuves dont la Seine. De plus, le site de Grandcamp-Maisy, dans la Baie des Veys, se situe dans un estuaire où quatre cours d'eau se jettent. Énormément de nutriments sont donc apportés comparativement aux sites de Lestre et Asnelles-Meuvoines (Figure 3). Par contre, au niveau de Gouville-sur-Mer, des cours d'eau de faible débit se jettent dans la mer. Les conditions nutritives sont alors plus faibles. De plus, les caractéristiques de l'estran sont aussi des éléments permettant de différencier les différents sites. Au niveau de Gouville-sur-Mer et Grandcamp-Maisy, l'estran est très rocheux et une grande diversité d'espèces algales est alors présente en dehors des tables ostréicoles. Les estrans des sites de Lestre et Asnelles-Meuvoines sont, eux, uniquement composés de sable. Les espèces algales présentes sur ces deux sites se trouvent uniquement sur les tables et poches à huîtres.

Les deux sites principaux de l'étude, Gouville-sur-Mer et Grandcamp-Maisy, ont été choisis car ce sont deux grands bassins ostréicoles de Normandie présentant un potentiel de développement des entéromorphes plus grand et des caractéristiques bien différentes. Ainsi, plusieurs concessions ont été utilisées pour les expérimentations en fonction du niveau bathymétrique. Sur le site de Gouville-sur-Mer, 3 concessions ont servi pour les expérimentations *in situ* (Figure 5). La concession du CRC est située très en haut sur l'estran au niveau des réserves d'huîtres, c'est-à-dire que les tables ostréicoles sont découvertes à chaque marée de coefficient de 60 et plus. La concession expérimentale du SMEL et celle de l'ostréiculteur, quant à elles se trouvent beaucoup plus en bas d'estran et les tables sont émergées uniquement à partir de coefficient d'environ 90. À Grandcamp-Maisy, dans la Baie des Veys, la concession de l'ostréiculteur est placée au plus loin de la zone conchylicole et est découverte à partir de coefficient supérieur à 80 (Figure 4).



















































| Série | Date de récolte | Poches récoltées | | | | | | | | | |
|-------|-----------------|---|---|---|---|---|---|---|---|--|---|
| 1 | fin-avril |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 | fin-mai |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 | fin-juin |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 | fin-juillet |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 | fin-août |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Figure 6 : Planning des récoltes des cinq séries de dix poches d'avril à août 2017 pour la détermination de la croissance des entéromorphes au niveau de la concession expérimentale du SMEL.



Figure 9 : Photographie de la concession expérimentale du SMEL à Gouville-sur-Mer et mise en évidence de la présence hétérogène des entéromorphes sur les poches.



Figure 8 : Méthode de pesée des entéromorphes sur le terrain à l'aide d'un seau et d'un peson.
















| Poches récoltées |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|---|
| Date de récolte | fin-mai | | | mi-juin | | | fin-juin | | | mi-juillet | | | fin-juillet | | |

Figure 7 : Planning des récoltes de trois poches toutes les deux semaines pour la détermination de la croissance en haut d'estran au niveau de la concession du CRC.

2. Méthode de ramassage des algues








































Lors des expérimentations décrites ci-dessous, tous les ramassages d'entéromorphes sur les poches ont été réalisés à la main en grattant et en arrachant les algues sur les poches. Cette méthode est celle qui permet d'assurer une qualité optimale des algues récoltées (Annexe 2 : résultats de récolte de 2013 et 2014, SMEL).

Cependant, selon les expérimentations réalisées, les ramassages d'entéromorphes n'ont pas été effectués avec le même objectif. La première optique de travail est la récolte expérimentale. Elle consiste à ramasser le maximum d'algues d'intérêts présentes sur les poches afin d'avoir une idée précise et quantitative, et donc de ramasser la totalité des algues. La deuxième optique est un ramassage professionnel. Ces récoltes sont effectuées de manière à ce qu'elles soient les plus représentatives d'une éventuelle activité par les professionnels. Dans ce cas, la base des entéromorphes reste généralement sur les poches.


3. Détermination de la croissance algale

a. Croissance en bas d'estran

La croissance algale en bas d'estran a été déterminée sur la concession expérimentale du SMEL à Gouville-sur-Mer (Figure 6). Les entéromorphes ont été récoltées sur cinq séries de 10 poches. Chacune des séries de 10 poches correspond à un mois de récolte, et chaque mesure a été réalisée en fin de mois (Figure 7). Par soucis d'hétérogénéité concernant la présence des algues vertes (Figure 9), les 10 poches de chaque série n'ont pas été prises les unes après les autres, mais une poche toutes les cinq poches a été prise pour réaliser une série. Ce ramassage a été fait de manière expérimentale, et la masse d'algue par poche a été mesurée à l'aide d'un peson (Figure 8), comme toutes les autres pesées de cette étude. Cette récolte rigoureuse a permis d'obtenir une biomasse précise d'entéromorphes par poche et ainsi de déterminer la croissance en fonction des différents mois.

| Date de récolte | Poches récoltées | | | | | |
|-----------------|---|---|---|---|---|---|
| fin-mai |  |  |  | | | |
| | T1 | T2 | T3 | | | |
| mi-juin |  |  |  |  |  |  |
| | R1 | T4 | R2 | T5 | R3 | T6 |
| fin-juin |  |  |  |  |  |  |
| | R4 | T7 | R5 | T8 | R6 | T9 |
| mi-juillet |  |  |  |  |  |  |
| | R7 | T10 | R8 | T11 | R9 | T12 |
| fin-juillet |  |  |  |  |  |  |
| | R10 | T13 | R11 | T14 | R12 | T15 |
| mi-août |  |  |  |  |  |  |
| | R13 | T16 | R14 | T17 | R15 | T18 |
| fin-août |  |  |  |  |  |  |
| | R16 | T19 | R17 | T20 | R18 | T21 |

Légende :

 Poches non retournées, T : témoin


 Poches retournées, R : Retournée

Figure 10 : Identification des poches utilisées sur la concession du CRC et périodes de récolte des poches.

b. Croissance en haut d'estran

La détermination de la croissance mensuelle d'entéromorphes en haut d'estran a été réalisée sur la concession du CRC à Blainville-sur-Mer (Figure 5 page 10). L'emplacement de cette concession en haut d'estran a permis de pouvoir y accéder à chaque marée. Ainsi, 2 fois par mois, de fin-mai à fin-août, les algues ont été récoltées à la main de façon expérimentale. À chaque fois qu'une récolte a été faite, ce sont toujours 3 poches différentes qui ont été récoltées, afin d'avoir une idée de l'évolution de la croissance durant 2 semaines, 1 mois, etc. (Figure 10). Les masses fraîches d'algues récoltées ont été mesurées sur le terrain.

Une comparaison entre le site en bas d'estran et celui en haut d'estran sera réalisée afin d'évaluer l'impact de la bathymétrie sur la croissance des entéromorphes.

4. Impacts des manipulations sur les poches

a. Effet du retournement des poches

L'effet du virage des poches sur la croissance algale a été exploité au niveau de la concession du CRC à Blainville-sur-Mer. Cette manipulation a permis de vérifier et de qualifier l'effet d'un retournement des poches sur la croissance des entéromorphes. Puis, elle a permis de savoir si la population se renouvelle durant la période d'essai. Aucune récolte d'entéromorphes n'a été faite au préalable et les populations d'Ulves n'ont donc pas été impactées avant le début de cette étude. Au total, 39 poches ont été utilisées pour réaliser cette expérience (Figure 10). Fin mai, les algues présentes sur 3 poches (T1 à T3) ont été récoltées expérimentalement et pesées, permettant ainsi d'obtenir une biomasse de base. Ensuite, sur les 36 poches restantes, une poche sur deux (18 au total) a été retournée (poches R). Toutes les deux semaines, les algues présentes sur 3 poches R et 3 poches témoins (poches T) ont été récoltées et pesées.

b. Évaluation de la repousse algale après une récolte

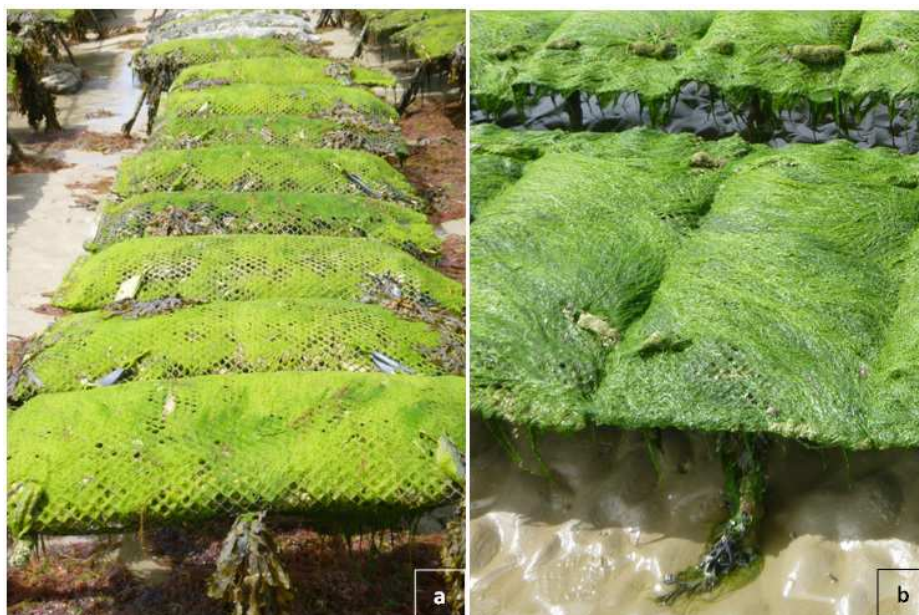


Figure 11 : Différences entre une poche non récoltable et récoltable. a) poches non récoltables du fait d'une biomasse trop faible et de la vision du maillage ; b) poches récoltables en présence d'algues suffisamment développées, recouvrant la quasi-totalité des poches.

Pour évaluer la repousse des entéromorphes après leur récolte, l'expérimentation s'est effectuée au niveau de la concession expérimentale du SMEL. Tous les mois, sur 5 poches, les entéromorphes présentes ont été ramassées de manière expérimentale et pesées afin d'estimer le gain de biomasse par mois.

5. Estimation de la biomasse récoltable et du rendement

Avant de décrire les expérimentations réalisées pour l'estimation de la biomasse récoltable et du rendement, ces deux termes seront définis. La biomasse récoltable représente la quantité d'entéromorphes pouvant être récoltée dans l'optique d'un ramassage professionnel. La base des entéromorphes n'étant pas arrachée dans cette pratique, elle ne représente donc pas la masse totale d'algues présentes sur les poches. Le rendement se définit ici comme la masse d'algues récoltables en un temps donné et par personne. Il s'exprime dans cette étude en kg/h/personne et est calculé de la manière suivante :

$$\text{Rendement} = \frac{\text{Masse d'algues récoltées}}{\text{Temps de récolte total} \times \text{Nombre de personne récoltant}}$$

a. Estimation au niveau de la côte Ouest et de la Baie des Veys

Durant les mois d'avril à août, des récoltes expérimentales chronométrées ont été effectuées sur les sites de Grandcamp-Maisy et de Gouville-sur-Mer (Figure 10 et 11). Les conditions étant différentes sur ces deux côtes, une comparaison sera faite pour voir l'impact des différentes caractéristiques sur l'évolution de la croissance algale. Pour chaque site, ces récoltes ont été réalisées sur la même concession du professionnel tout au long de la période d'étude et les poches ont subi le même travail par les ostréiculteurs. Au total, 10 poches par sortie ont été choisies en sélectionnant uniquement celles dont la quantité d'entéromorphes était importante (Figure 11). Le choix s'est aussi tourné vers les poches recouvertes en majorité par ces algues et non par d'autres espèces algales. Après un ramassage « professionnel », la quantité d'algues récoltées a été pesée et la durée de récolte notée. Le but de ces ramassages était d'estimer l'évolution de la biomasse récoltable et du rendement mensuel durant la période propice au développement des entéromorphes.

b. Rendement et biomasse récoltable maximaux

Ces deux paramètres ont été déterminés afin d'avoir une idée de la productivité d'une future activité pour les ostréiculteurs. Pour cela, des ramassages d'entéromorphes ont été organisés sur les 4 principaux bassins ostréicoles normands à Gouville-sur-Mer, Lestre, Grandcamp-Maisy et Asnelles-Meuvoines. Du fait d'une abondance plus importante des entéromorphes en juin et juillet (Annexe 2), les 4 récoltes avec les professionnels ont donc eu lieu fin-juin sauf pour Lestre qui a eu lieu au début du mois de juillet (demande de l'ostréiculteur). Les récoltes ont été faites par plusieurs personnes sur chaque site, et cela, pendant 30 minutes à 45 minutes pour une bonne représentativité du travail. Les heures de début et de fin des récoltes ont été notées, ainsi que le nombre total de poches utilisées et le nombre de personnes participant à la récolte. La biomasse récoltée a été pesée à l'aide d'une balance pour obtenir la masse fraîche totale d'entéromorphes. En ce qui concerne la méthode de récolte, elle a été réalisée dans l'optique d'une activité professionnelle, comme décrite précédemment (§ II.2).

6. Cartographie

Une cartographie a également été réalisée dans le but de visualiser à plus grande échelle la masse moyenne d'algues récoltables par poche à travers les différentes zones de concessions ostréicoles. Des sorties terrain ont été réalisées sur différents secteurs de la zone d'étude. Ce sont, au total, 9 secteurs conchylicoles qui ont été prospectés. Pour cela, dès que les poches étaient considérées comme récoltables (Figure 10), les algues présentes sur 10 poches ont été récoltées et pesées. Sur chaque site, plusieurs séries ont été faites pour moyenner les résultats. Ces mesures ont été effectuées durant les marées de vives-eaux de faible amplitude (autour d'un coefficient de 80) de juin et juillet. Seuls les secteurs de Lestre et d'Asnelles-Meuvoines n'ont pas été échantillonnés de cette manière. Pour ces deux sites, ce sont les données obtenues lors des grandes récoltes avec les professionnels, qui ont été prises en compte. La réalisation de la cartographie a été faite avec un logiciel de Système d'Information Géographique (SIG) qui est le logiciel Quantum GIS version 2.18.9.

permettant la représentation de données spatiales. Le fond de carte utilisé est issu du service web de

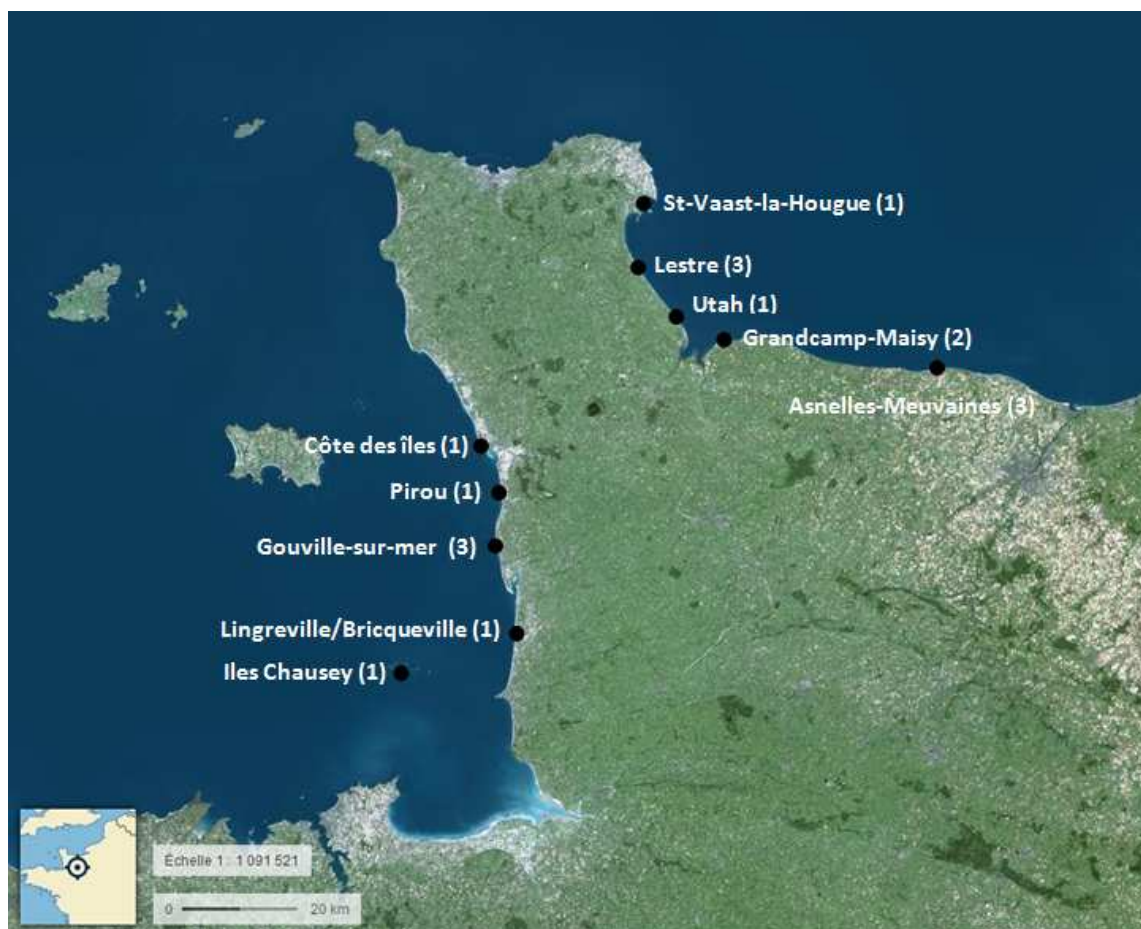


Figure 12 : Cartographie représentative du nombre d'ostréiculteurs rencontrés pour chacun des dix secteurs.

permettant la représentation de données spatiales. Le fond de carte utilisé est issu du service web de cartographie Bing Maps et la cartographie qui en découle est géoréférencée dans le système de projection WGS84 pseudomercator.

7. Enquête auprès des ostréiculteurs

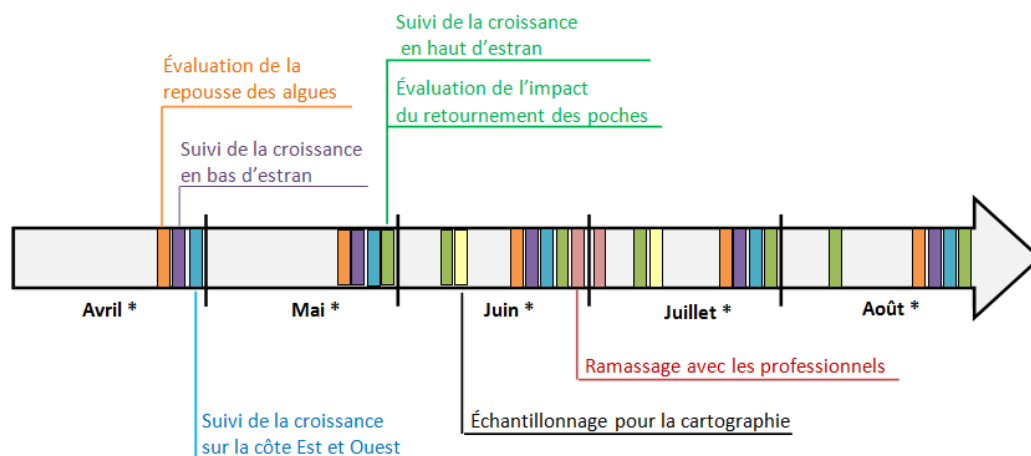
L'étude menée auprès des ostréiculteurs est une étude qualitative dans l'optique de connaître l'opinion de certains professionnels face à ce projet sur les entéromorphes. Pour cela, des questions semi-ouvertes ont été posées. Au total, 15 ostréiculteurs ont été rencontrés (Figure 12). Ces personnes n'ont pas été prises au hasard, mais ont été choisies par le CRC. Les côtes normandes étant séparées en 10 secteurs, le choix s'est effectué de sorte qu'il y ait au moins un ostréiculteur par secteur, en sachant que certains d'entre eux exercent sur plusieurs zones. À l'issue de ces rencontres, un tableau a été établi en reprenant chaque question. Les réponses obtenues ont été classées en 3 catégories. Une catégorie « Oui » (O), une deuxième catégorie « Non » (N) et une troisième catégorie « ? » (?) représentant les personnes ne s'engageant ni dans la catégorie « Oui » et « Non ». De plus, selon les réponses obtenues pour les 5 premières questions, les questions 6 à 10 n'ont pas toujours été abordées. Seul le nombre de personnes avec qui les questions ont été évoquées sont comptabilisées dans le pourcentage de réponses.

8. Analyses sur les algues après les récoltes

a. Détermination du pourcentage de masse sèche chez les entéromorphes

Chaque mois, d'avril à août, un échantillon d'algues a été prélevé sur le secteur de Gouville-sur-Mer. À partir de celui-ci, 3 échantillons de 50 g environ ont été pesés à l'aide d'une balance de type Sartorius Extend, puis placés dans une étuve à 70°C pendant 48h. À l'issue du séchage, les trois échantillons ont de nouveau été pesés et le pourcentage de masse sèche (MS) par rapport à la masse fraîche (MF) a été calculé selon la formule suivante.

$$\% MS = \frac{MS}{MF} \times 100$$



* Prélèvements en fin de mois pour la Masse Sèche

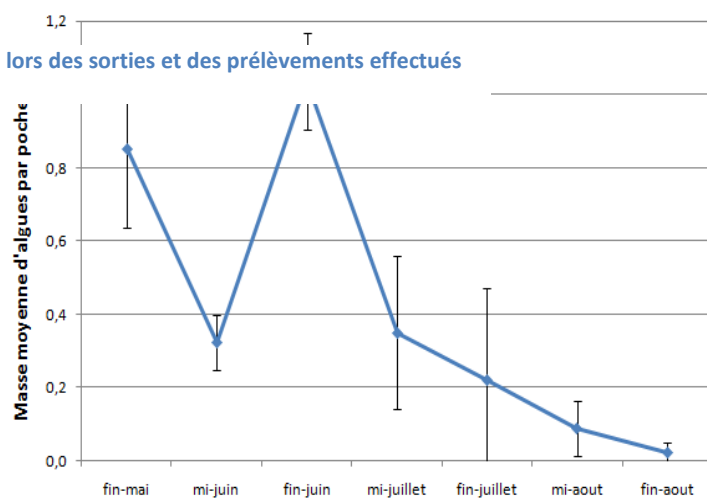
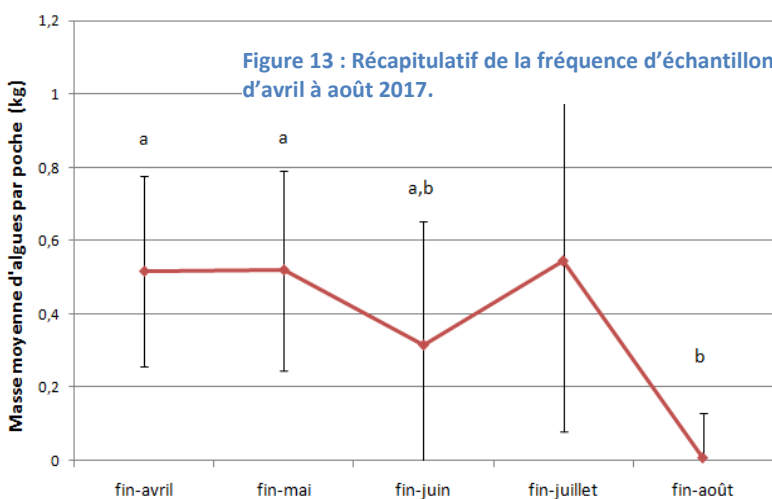


Figure 15 : Variation de la masse moyenne d'entéromorphes récoltés d'estran

Figure 14 : Variation de la masse moyenne d'entéromorphes récoltés en zone de concession sur-mer

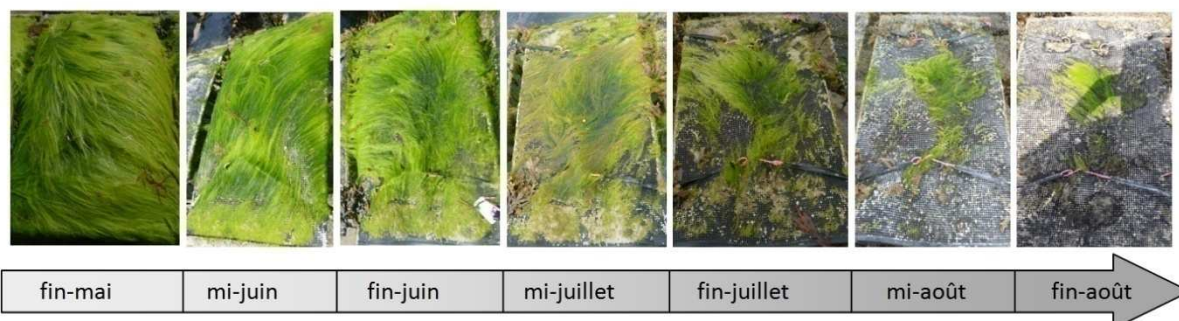


Figure 16 : Évolution de la croissance des entéromorphes de fin-mai à fin-août 2017 au niveau de la concession.

b. Détermination des espèces

Les espèces d'Ulves en tubes qui colonisent les poches ostréicoles ne sont pas précisément connues et des différences morphologiques intrasites et intersites ont été observées. Des prélèvements d'algues vertes ont été réalisés sur les poches des 4 sites étudiés. Les algues ont été conservées au réfrigérateur avant l'identification. Les critères de détermination des espèces ont issus de diverses publications et ouvrages, comme Gayral et Cosson (1986) et Cabioc'h (1992). Cette détermination s'est basée sur des critères d'observations morphologiques et cellulaires. Un microscope optique de type Leica a été utilisé pour ce niveau d'observation.

9. Statistiques

Les analyses statistiques ont été réalisées à partir du logiciel de statistique R. Avant chaque test, les conditions d'applications des tests paramétriques ont été vérifiées. Ces conditions sont les suivantes : une normalité de la distribution des données confirmée par le test de Shapiro-Wilk, une homoscedasticité des variances pour laquelle le test de Bartlett a été utilisé et une indépendance des échantillons. Si ces conditions ont été respectées, une ANOVA (analyse de la variance) a été effectuée. Dans le cas contraire, l'équivalent de l'ANOVA a été utilisé, à savoir le test de Kruskal-Wallis (test non paramétrique). Lorsque le $P_f (>F) < 0,05$, c'est-à-dire quand le facteur testé a un effet significatif sur la variable mesurée, un test de Kruskal à comparaison multiple (équivalent du test de Tukey) a été réalisé.

Concernant les données utilisées pour la cartographie, la stratégie d'échantillonnage pour les secteurs de Lestre et Asnelles-Meuvinaines étant différentes et présentant un nombre d'échantillons trop faible, ces deux sites ne seront alors pas pris en compte dans le test statistique.

Pour terminer, une figure récapitulative a été réalisée (Figure 13) afin de mieux visualiser la fréquence des prélèvements et des échantillonnages lors des sorties d'avril à août 2017.

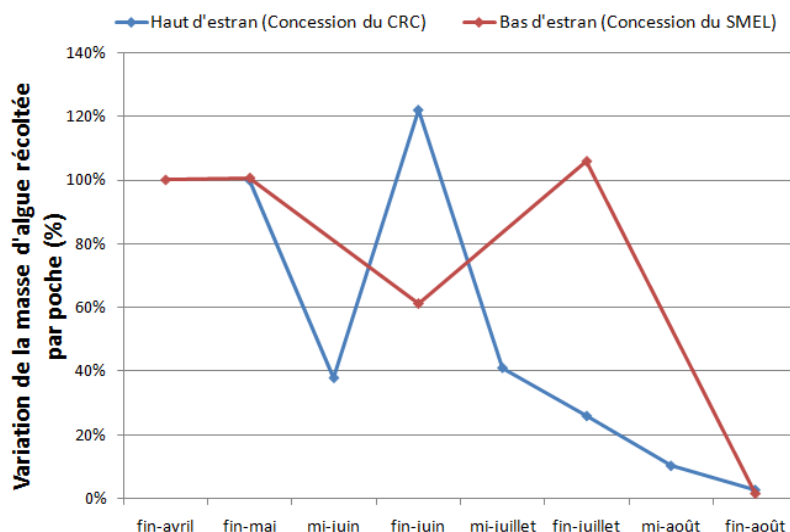


Figure 19 : Graphique représentatif de la variation de la masse d'entéromorphes par poche en bas et en haut d'estran. Les masses obtenues fin-avril en bas d'estran et fin-mai en haut d'estran ont chacune été rapportées à 100%.

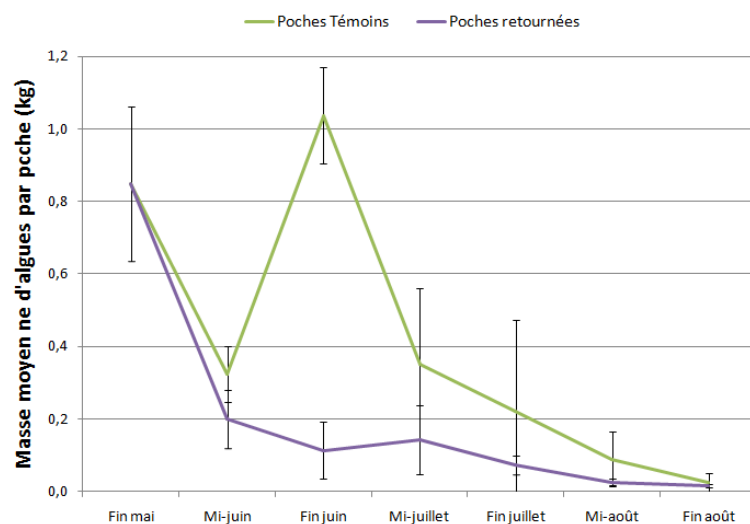


Figure 18 : Masse moyenne d'entéromorphes récoltées sur des poches retournées ou non durant les mois de mai à août.

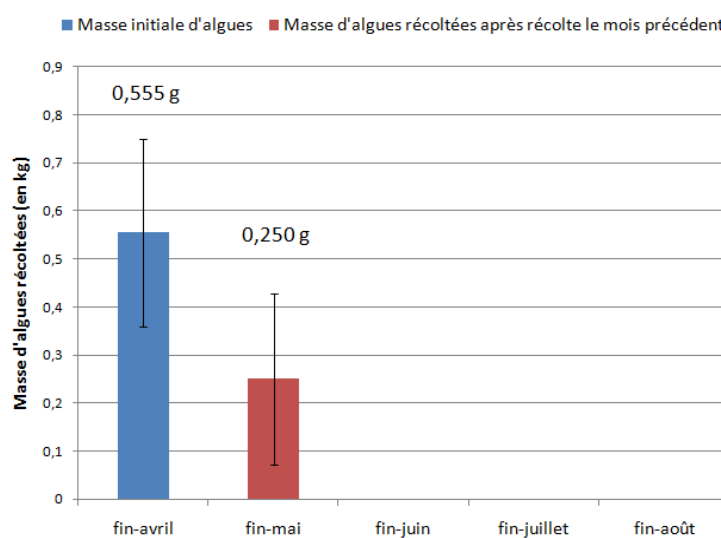


Figure 17 : Évaluation de la repousse des entéromorphes après leur récolte en fonction de la saison.

III. RÉSULTATS

1. Détermination de la croissance algale

En ce qui concerne les mesures réalisées en bas d'estran, la masse moyenne d'entéromorphes récoltées par poche reste relativement constante de fin-avril (0,516 kg) à fin-juillet (0,546 kg) ($p\text{-value}=0,41$) (Figure 13, page 22). Fin-août, la masse récoltable devient nulle. En haut d'estran, une diminution de la quantité d'algues récoltables par poche est visible entre fin-mai et mi-juin (0,85 à 0,32 kg) (Figure 14 et 15, page 22). Fin-juin, cette quantité a augmenté jusqu'à environ 1 kg (+ 220%), elle chute brutalement en mi-juillet (0,35 kg ; - 66%) puis progressivement jusqu'à fin-août. La masse récoltable maximale semble être plus importante en haut d'estran. Pour ces deux niveaux, la masse moyenne récoltable par poche diminue à partir de juillet et devient quasiment nulle à la fin du mois d'août. Entre les deux niveaux bathymétriques, en haut et en bas de l'estran, peu de similitudes sont observables par rapport à l'évolution des masses moyennes d'algues (Figure 19). Des fluctuations plus importantes sont visibles notamment entre fin-mai et mi-juillet.

2. Impacts des manipulations sur les poches

a. Effet du retournement des poches

Sur les poches qui ont été retournées, une diminution importante de la masse d'entéromorphes récoltées entre fin-mai et mi-juin (de 0,85 kg à 0,20 kg) peut être remarquée (Figure 18). Ensuite, jusqu'à la fin-août, cette masse diminue progressivement pour atteindre 15 g. Sur les poches témoins qui n'ont pas été retournées, la même diminution est observable entre fin-mai et mi-juin et la masse récoltée passe de 0,85 kg à 0,32 kg. Jusqu'à fin-juin, la quantité d'entéromorphes récoltées a augmenté pour atteindre 1,03 kg. Une diminution importante de la masse fraîche récoltée est ensuite constatée mi-juillet puis elle devient progressive pour le reste de la période d'étude. L'évolution de la quantité d'algues récoltables entre les poches retournées ou non semble quasiment identique sauf pour la fin-juin.

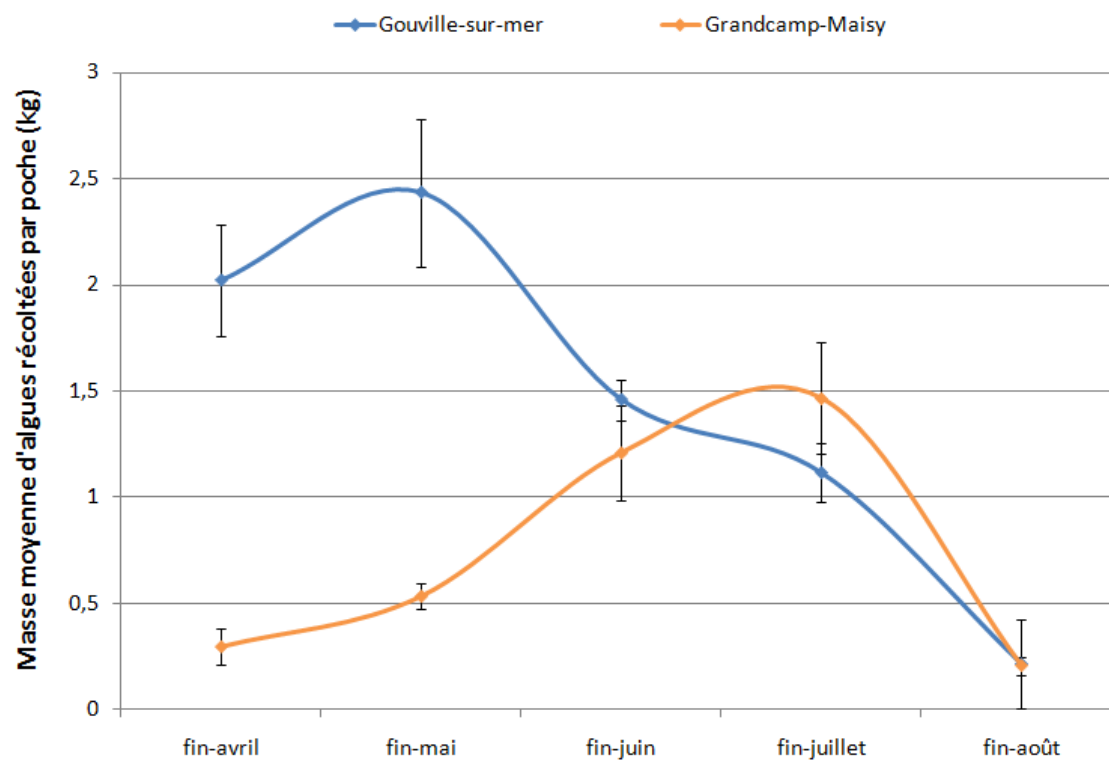


Figure 21 : Estimation des rendements des récoltes d'entéromorphes obtenues sur les sites de Gouville-sur-Mer et Grandcamp-Maisy d'avril à août 2017.

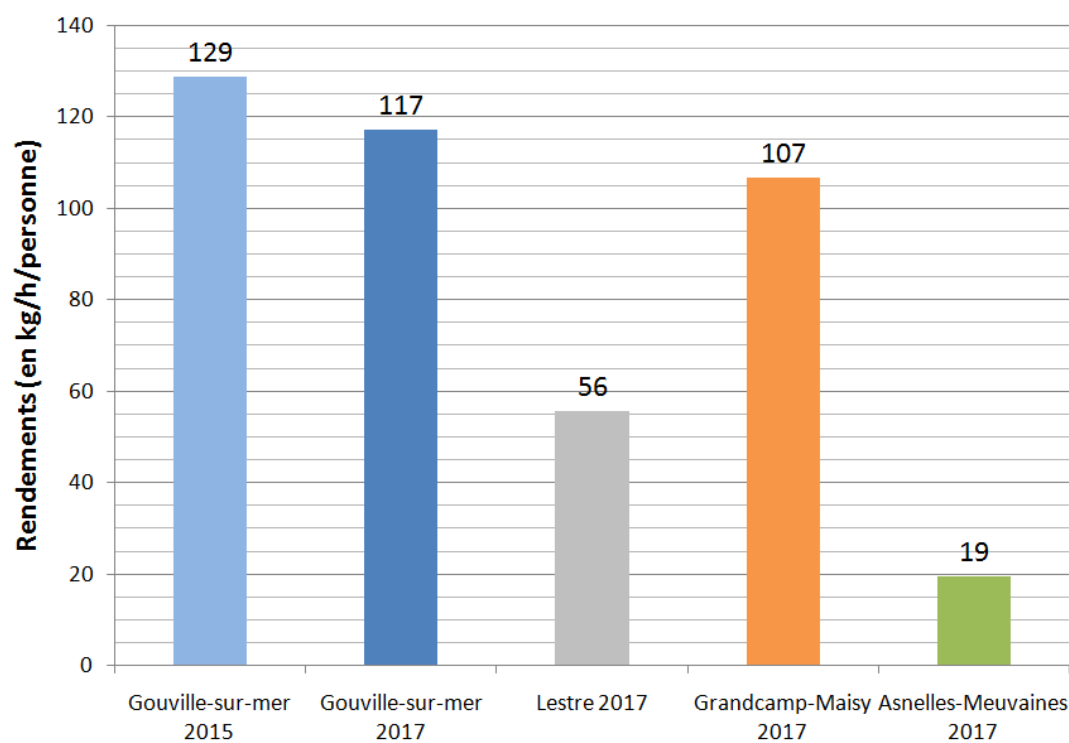


Figure 20 : Rendements de récolte des entéromorphes obtenus sur quatre sites conchylicoles différents. Les récoltes ayant été effectuées en juin 2015 et 2017 pour Gouville-sur-Mer, en juin 2017 pour Grandcamp-Maisy et Asnelles-Meuvoines et en mi-juillet 2017 pour Lestre

b. Évolution de la repousse après récolte

Après la récolte du mois d'avril, la masse récoltable d'entéromorphes a augmenté de 0,25 kg au cours du mois de mai, soit presque la moitié de la masse récoltée en avril sur les mêmes poches (Figure 16, page 24). Après les récoltes de ces deux mois, aucune entéromorphe n'a pu être récoltée les mois suivants.

3. Estimation de la biomasse récoltable et du rendement

La biomasse récoltable sur les poches semble variable en fonction de la période d'étude (Figure 21). La masse moyenne d'entéromorphes récoltables par poche augmente d'avril à mai à Gouville-sur-Mer (de 2,02 kg à 2,43 kg ; + 20%) pour diminuer ensuite progressivement jusqu'en août (0,213 kg). À Grandcamp-Maisy, la quantité d'algues récoltées augmente progressivement d'avril à juillet (de 0,294 kg à 1,466 kg ; + 398%) et diminue rapidement en un mois pour atteindre une moyenne de 0,205 kg en août. La masse moyenne maximale récoltable sur une poche diffère entre les sites avec presque 2,5 kg à Gouville-sur-Mer et environ 1,5 kg à Grandcamp-Maisy. Par ailleurs, un décalage de la croissance des entéromorphes est observable entre les deux sites, et la période où la quantité d'algues est la plus abondante est plus tardive à Grandcamp-Maisy (juillet) qu'à Gouville-sur-Mer (mai), pour l'année 2017. De plus, d'après le test de Kruskal à comparaison multiple, la masse moyenne d'algues récoltables est significativement différente en avril et mai entre les deux sites. Cependant, de juin à août, la quantité récoltable d'entéromorphes est statistiquement similaire.

Concernant le site de Gouville-sur-Mer, les rendements de récolte estimés varient au cours du temps. D'avril à mai, le rendement augmente (de 134 à 162 kg/h/personne ; + 21%) puis diminue ensuite jusqu'à août (14 kg/h/personne). Pour Grandcamp-Maisy, les rendements estimés croissent jusqu'en juillet (119 kg/h/personne) puis diminuent brutalement en août (17 kg/h/personne). Le rendement maximal est plus élevé pour Gouville-sur-Mer que pour Grandcamp-Maisy. En comparant la Figure 17 et la Figure 21, une

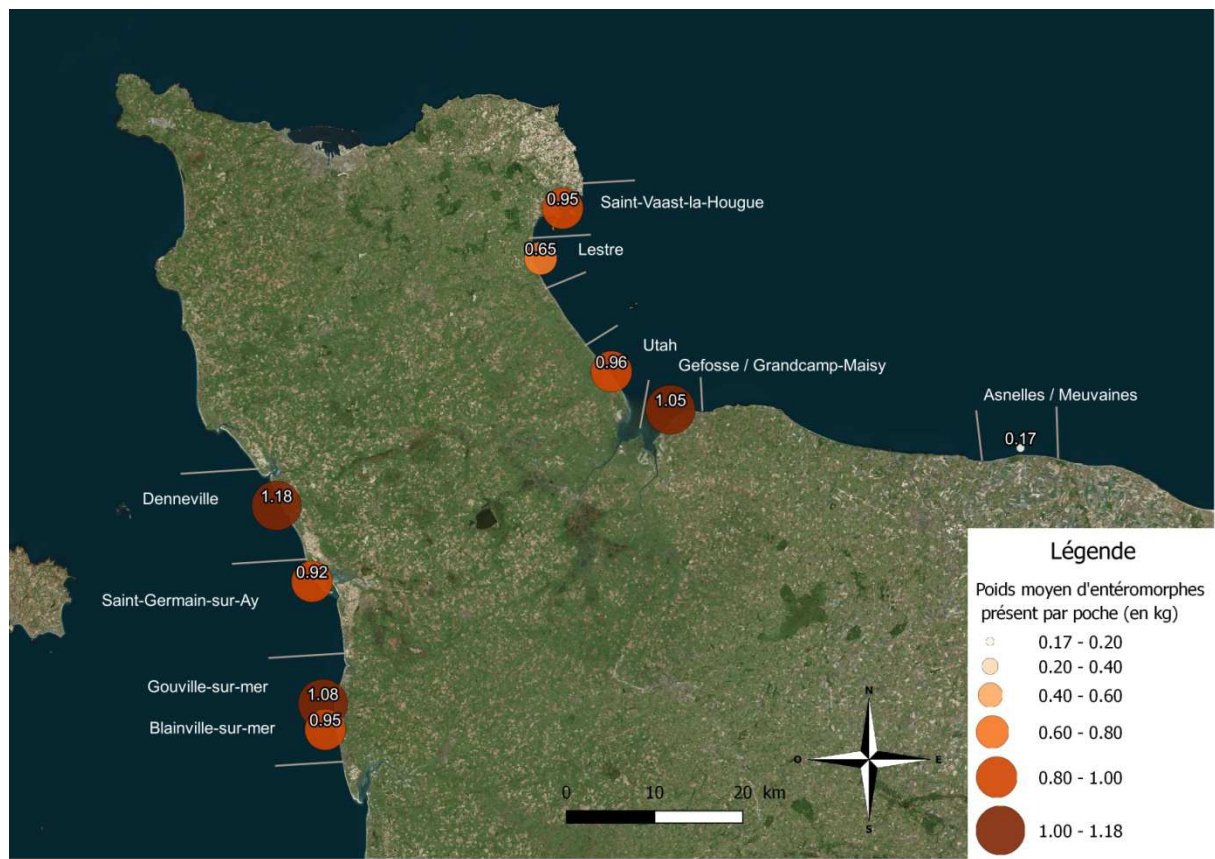


Figure 23 : Masse moyenne d'entéromorphes récoltable par poche au niveau des zones conchylicoles de la côte Est et Ouest de Normandie.

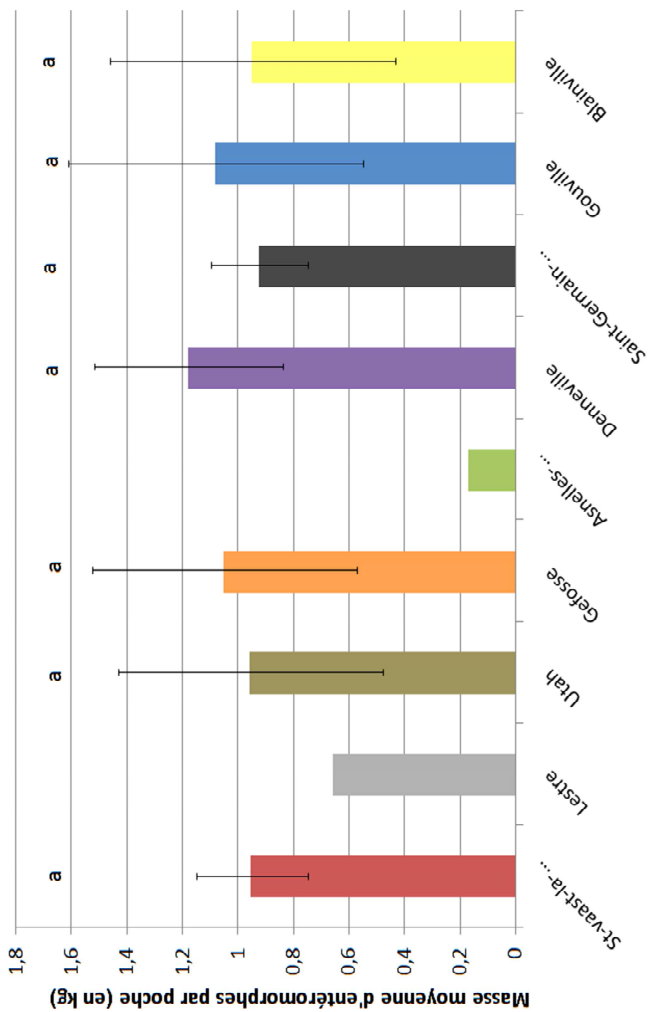


Figure 22 : Masse moyenne d'entéromorphes récoltable par poche selon les différents sites étudiés.

| Questions posées | Nombre de personne ayant répondu | Réponses | Nombre de réponse (en %) |
|---|----------------------------------|----------|--------------------------|
| Q1 Avez-vous entendu parler du projet ? | 15 | 0 O 53 | |
| Q2 Trouvez-vous ce projet intéressant ? | 15 | 0 N 47 | |
| Q3 La ressource en entéromorphes dans votre secteur est-elle compatible avec une activité ? | 13 | 0 O 93 | |
| Q4 Pensez-vous que cette activité pourrait être rentable ? | 11 | 0 N 7 | |
| Q5 Impliqueriez-vous votre entreprise dans cette activité ? | 15 | 0 O 62 | |
| Q6 Lors d'une marée, associeriez-vous la récolte des entéromorphes au retournement des poches ? | 8 | 0 N 38 | |
| Q7 Lors d'une marée, dissocieriez-vous la récolte des entéromorphes et le retournement des poches ? | 8 | 0 O 18 | |
| Q8 Feriez-vous les démarches de livraison jusqu'à l'entreprise de valorisation ? | 9 | 0 N 9 | |
| Q9 Pensez-vous qu'une collecte par l'entreprise de valorisation soit une bonne solution ? | 6 | 0 O 73 | |
| Q10 Pensez-vous que cette activité pourrait s'étendre à votre secteur ? | 10 | 0 N 60 | |

Tableau 2 : Tableau récapitulatif des réponses obtenues pour chaque question posée aux ostréiculteurs (O : Oui ; N : Non ; ? : ne sait pas).

corrélation entre la masse d'entéromorphes récoltables par poche et le rendement est observable pour toute la période d'expérimentation.

Par ailleurs, d'après les essais de récolte avec les professionnels en juin 2017, des variations de rendement sont observées entre les 4 sites étudiés (Figure 19, page 26). Les rendements obtenus à Gouville-sur-Mer et Grandcamp-Maisy sont proches avec respectivement 117 kg/h/personne et 106 kg/h/personne. De plus, à Gouville-sur-Mer en 2015 (129 kg/h/personne) et en 2017, les rendements obtenus étaient relativement similaires. Par contre, ceux obtenus à Lestre (56 kg/h/personne) et à Asnelles-Meuvaines (19 kg/h/personne) sont plus faibles.

4. Présence des entéromorphes en Normandie

La cartographie obtenue à partir des données de récoltes sur les 9 zones conchylicoles représente la quantité moyenne d'entéromorphes récoltables sur une poche et pour toutes les zones étudiées (Figure 23). Cette cartographie permet d'observer sur tous les sites, que la masse moyenne d'entéromorphes récoltables sur une poche est sensiblement la même mis à part pour Asnelles-Meuvaines et Lestre où la masse moyenne apparaît plus faible.

D'après le test non-paramétrique de Kruskal-Wallis, excluant les sites d'Asnelles-Meuvaines et Lestre, les masses moyennes d'entéromorphes par poches sur les différents secteurs étudiés ne présentent pas de différences significatives ($p\text{-value} = 0,6853$) et sont donc considérées comme identiques (Figure 22).

5. Enquête auprès des ostréiculteurs

De cette enquête, un avis général plutôt positif vis-à-vis du projet ressort. Dans un premier temps, plus de la moitié des personnes rencontrées connaît ou a déjà entendu parler du projet Entéromorphes (Tableau 2). La majorité trouve intéressante l'utilisation de ces algues pour développer une filière et beaucoup affirment avoir des ressources d'entéromorphes compatibles à une telle activité. Ensuite, malgré le fort pourcentage de

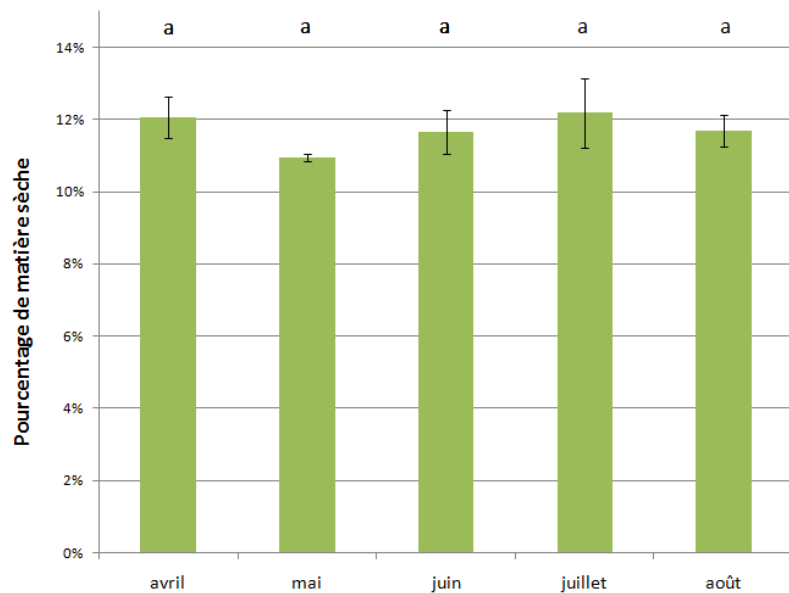


Figure 30 : Histogramme représentatif du pourcentage de matière sèche (MS) chez les entéromorphes d'avril à août 2017.

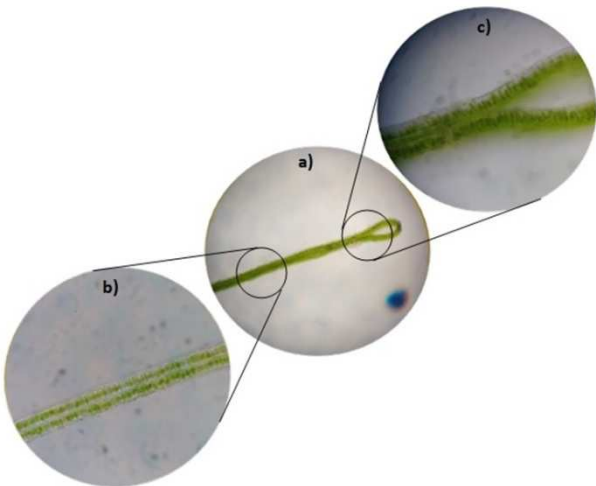


Figure 29 : Observation au microscope optique d'une coupe transversale d'un thalle d'U. linza. a) objectif x4 ; b) objectif x10 ; c) objectif x40.

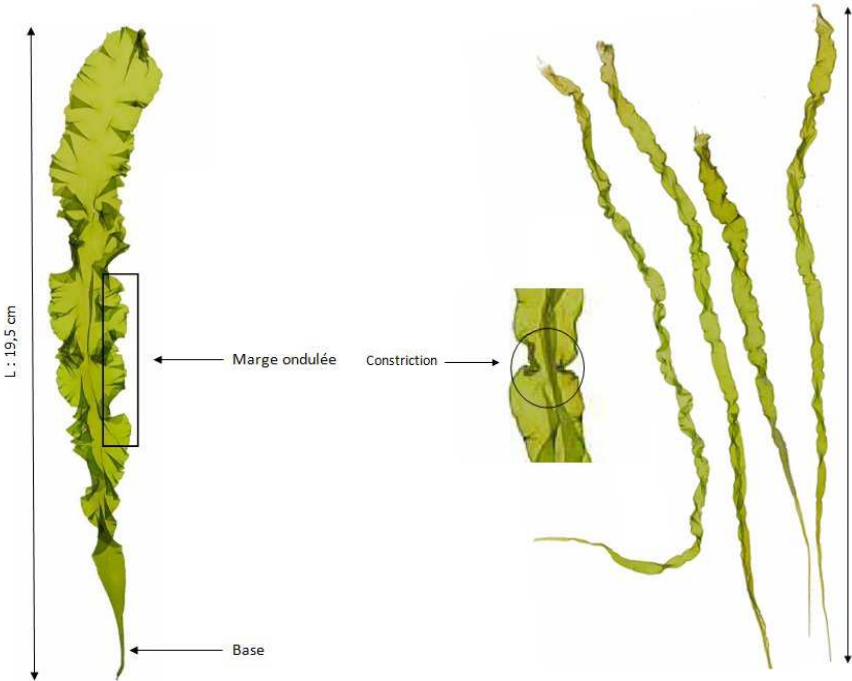


Figure 28 : Thalle entier de l'espèce Ulva linza récolté le 24 mai 2017 à Grandcamp-Maisy.

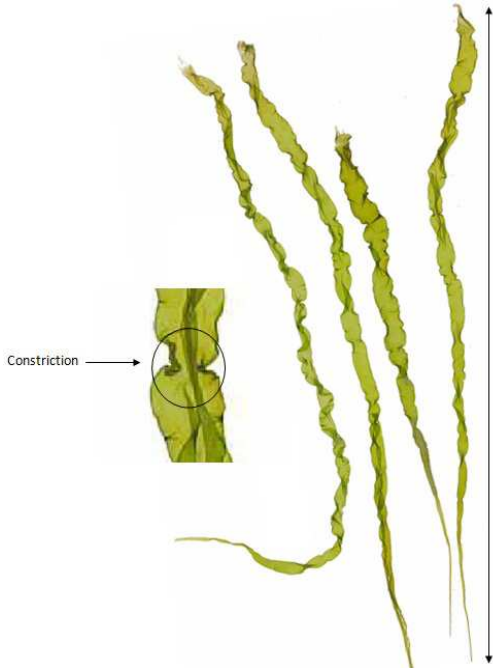


Figure 27 : Thalles entiers de l'espèce Ulva intestinalis récoltés le 16 mai 2017 à Gouville-sur-Mer.

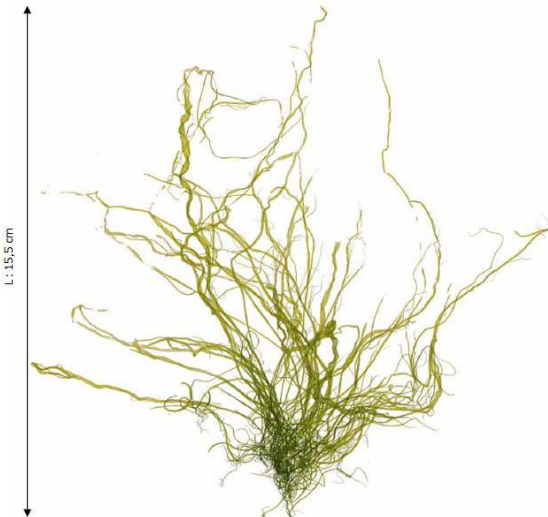


Figure 26 : Thalle entier de l'espèce Ulva compressa récolté le 24 mai 2017 à Gouville-sur-Mer.



Figure 24 : Photographie d'une coupe transversale d'une lame étroite d'U. compressa (observation au microscope, obj x10).

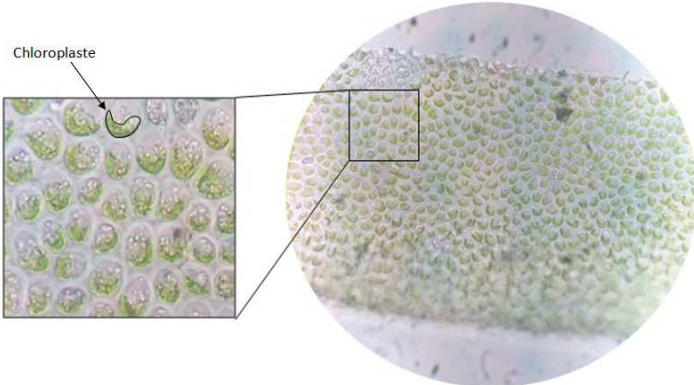


Figure 25 : Photographie de la couche cellulaire d'U. compressa au microscope optique (obj x40).

personnes ne sachant pas si cette activité pourrait être rentable, 60 % se disent intéressés pour le cas où elle le serait. D'un point de vue plus technique, les ¾ des personnes préféreraient consacrer une marée uniquement à la récolte des entéromorphes plutôt que de combiner la récolte de ces algues et le retournement des poches. En ce qui concerne la livraison des entéromorphes, la majorité des personnes rencontrées (89 %) s'engagerait à faire les démarches de livraison vers le(s) centre(s) de traitement d'algues. Néanmoins, la moitié des personnes pense que la mise en place d'une collecte par les entreprises pourrait être intéressante. Enfin, les ostréiculteurs sont majoritairement positifs quant à l'implication de leur secteur dans cette activité.

6. Analyses sur les algues après récolte

a. Détermination du pourcentage de masse sèche

Chez les entéromorphes, le pourcentage de masse sèche au cours des mois d'avril à août reste relativement constant autour de 11 à 12 % avec une variation faible entre les échantillons (Figure 30). Il n'y a pas de différences significatives entre chaque mois ($P > 0,189$).

b. Détermination des espèces

Les observations à l'œil et au microscope optique ont permis d'identifier 5 espèces d'entéromorphes sur les poches ostréicoles à travers les quatre principaux sites d'études. Les espèces *U. linza*, *U. intestinalis*, *U. compressa*, *Ulva radiata* et *Ulva clathrata* sont les espèces observées. Les critères qui ont permis de reconnaître l'algue *Ulva linza* sont la présence d'une base tubulaire qui devient foliacée au sommet, avec des marges ondulées (Figure 28). De plus, le tube est soudé au milieu et est libre aux extrémités des marges (Figure 29), ce qui est un critère caractéristique de l'espèce. L'algue *U. intestinalis*, ressemblant à *U. linza*, se différencie par une couche de cellule unique qui n'est pas soudée et qui forme donc un véritable tube. Par ailleurs, les marges sont peu ondulées et de nombreuses constriction peuvent être observées (Figure 28). Pour l'espèce *U. compressa*, elle est facilement reconnaissable par sa base très prolifère et par de nombreuses



Figure 32 : Photographie d'un thalle d'U. clathrata observé au microscope optique (obj x40).

Figure 31 : Photographie de l'espèce U. clathrata observé en microscopie optique A) partie du thalle (obj x4) ; B) coupe transversale (obj x10).

Figure 35 : Thalle entier de l'espèce Ulva clathrata récolté le 11 mai 2017 à Gouville-sur-Mer.

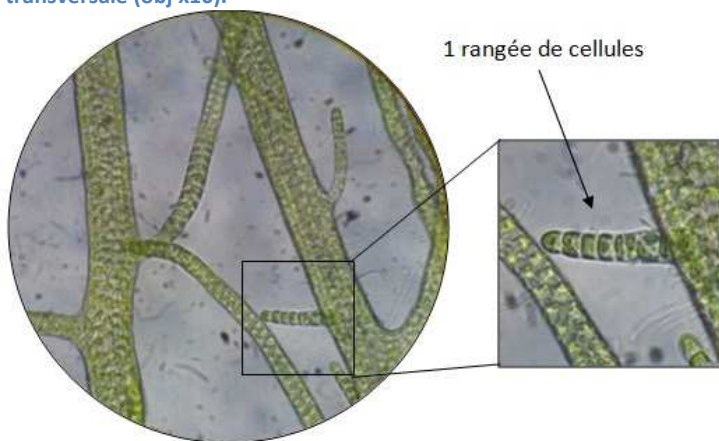
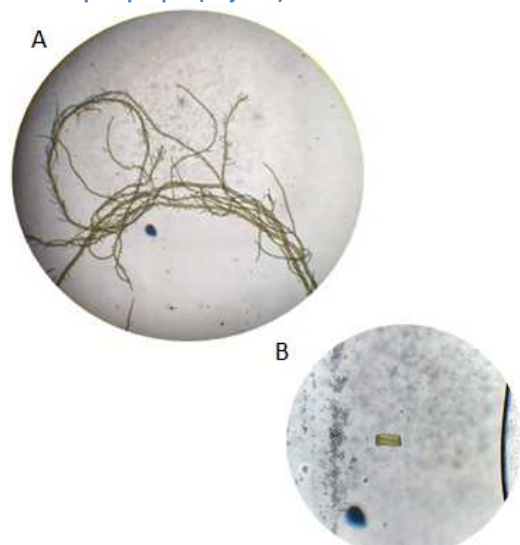


Figure 33 : Photographie de l'espèce U. clathrata observé en microscopie optique A) partie du thalle (obj x4); B) coupe transversale (obj x10).

Figure 34 : Thalle entier de l'espèce Ulva radiata récolté le 24 mai 2017 à Gouville-sur-Mer.

| | Espèces | Gouville-sur-mer | Grandcamp-Maisy | Lestre | Asnelles-Meuvinnes |
|------------------|-----------------------------|------------------|-----------------|--------|--------------------|
| Enteromorpha sp. | <i>U. compressa</i> | + | + | - | + |
| | <i>U. clathrata</i> | + | - | - | - |
| | <i>U. radiata</i> | + | - | + | - |
| | <i>U. intestinalis</i> | + | + | + | + |
| | <i>U. linza</i> | - | + | + | + |
| Autres espèces | <i>U. lactuca</i> | - | + | + | + |
| | <i>Pylaiella littoralis</i> | + | - | - | - |
| | <i>Porphyra</i> sp. | + | - | - | + |
| | <i>Fucus</i> sp. | + | + | + | + |

Tableau 3 : Récapitulatif de la présence (+) ou de l'absence (-) des espèces d'entéromorphes et de d'autres espèces algales présentes sur les poches ostréicoles et sur les quatre principaux sites d'étude.

ramifications (Figure 26). Comme *U. intestinalis*, le thalle d'*U. compressa* forme un véritable tube (Figure 24) mais est reconnaissable par la présence, dans les cellules, d'un unique plaste en forme de capuchon (Figure 25). La quatrième espèce, *U. radiata* peut être confondue morphologiquement avec *U. compressa*, car elle est aussi ramifiée et très prolifère à sa base (Figure 32). Cependant, elle est facilement reconnaissable au microscope optique par ses nombreuses ramifications qui sont perpendiculaire aux rameaux (Figure 31). La dernière espèce observée est *U. clathrata*, identifiable par son thalle mince, très ramifié (Figure 35 et 33A), et tubulaire (Figure 33-B). D'autres caractéristiques de cette espèce ont été observées au microscope optique, comme la présence d'une seule rangée de cellule dans les ramifications (Figure 34).

Au total, ce sont cinq espèces différentes d'entéromorphes qui ont pu être identifiées. À Gouville-sur-Mer, seule *U. linza* n'a pas été observée sur les tables ostréicoles (Tableau 3). À Grandcamp-Maisy et Asnelles-Meuvoines, *U. clathrata* et *U. radiata* n'ont pas été observées. Pour Lestre, la présence d'*U. radiata*, *U. intestinalis* et *U. linza* a été constatée. Par ailleurs, d'autres macroalgues profitent de ces supports pour croître, c'est le cas d'*Ulva lactuca* (Figure 43), de *Pylaiella littoralis* (Figure 44), de *Porphyra* sp. (Figure 45) et de *Fucus* sp. (Figure 46), dont la présence diffère en fonction des sites (Tableau 3).



Figure 36 :Présence de l'algue verte *Ulva lactuca* sur les poches ostréicoles.



Figure 37 : Présence de l'algue brune *Pylaiella littoralis* sur les poches ostréicoles.



Figure 40 : Présence de l'algue rouge *Porphyra* sp. sur les poches ostréicoles.



Figure 41 : Présence de l'algue brune *Fucus* sp. sur les poches ostréicoles.

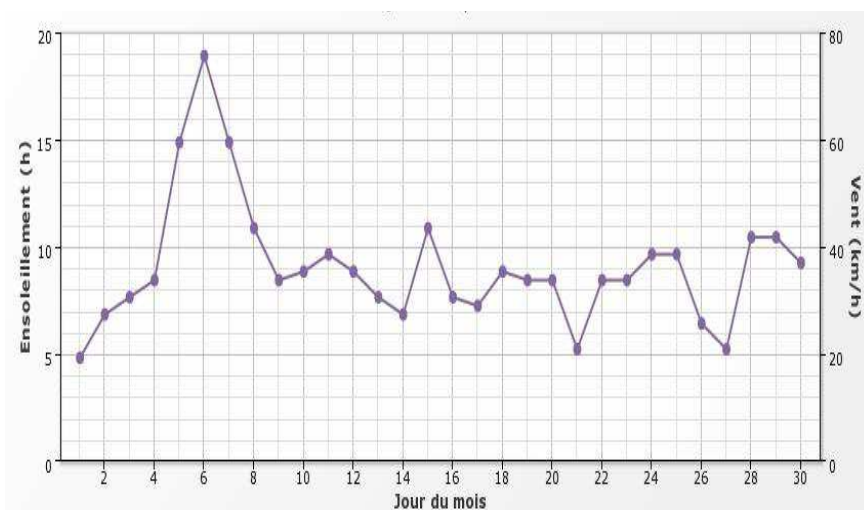


Figure 39 : Variations du vent mesurées durant le mois de juin 2017 au niveau de la station de Pirou (source : infoclimat.fr).

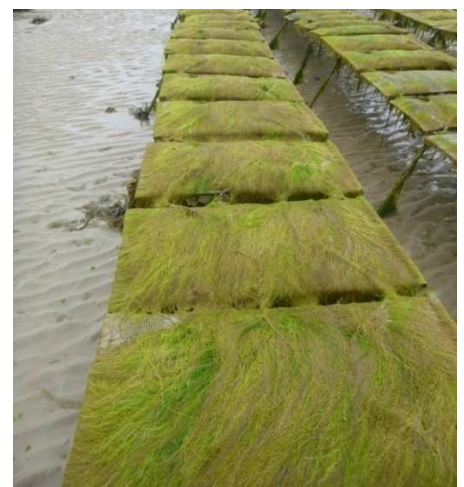


Figure 38 : Jaunissement et brunissement des thalles d'entéromorphes sur les poches d'huîtres au mois de juillet 2017.

IV. DISCUSSION

1. Les huîtres : la préoccupation principale des pratiques culturelles

Actuellement, la zootechnie des parcs ostréicoles optimise la croissance des huîtres, mais aucune technique d'élevage n'est effectuée pour favoriser la croissance des entéromorphes, bien qu'elles soient abondamment présentes.

Les pratiques culturelles, notamment le retournement des poches, présentent plusieurs avantages pour garantir la croissance des huîtres tout en limitant la présence des autres espèces, comme les algues *Enteromorpha sp.*. En effet, plus il y aura d'entéromorphes, plus le poids des poches sera important. Cela présente donc une gêne considérable pour les manipulations par les professionnels. Leur retournement évite ainsi ce gain de poids, bien que les entéromorphes ne semblent pas avoir d'impacts majeurs sur la croissance des huîtres d'après les ostréiculteurs et non par rapport à la littérature.

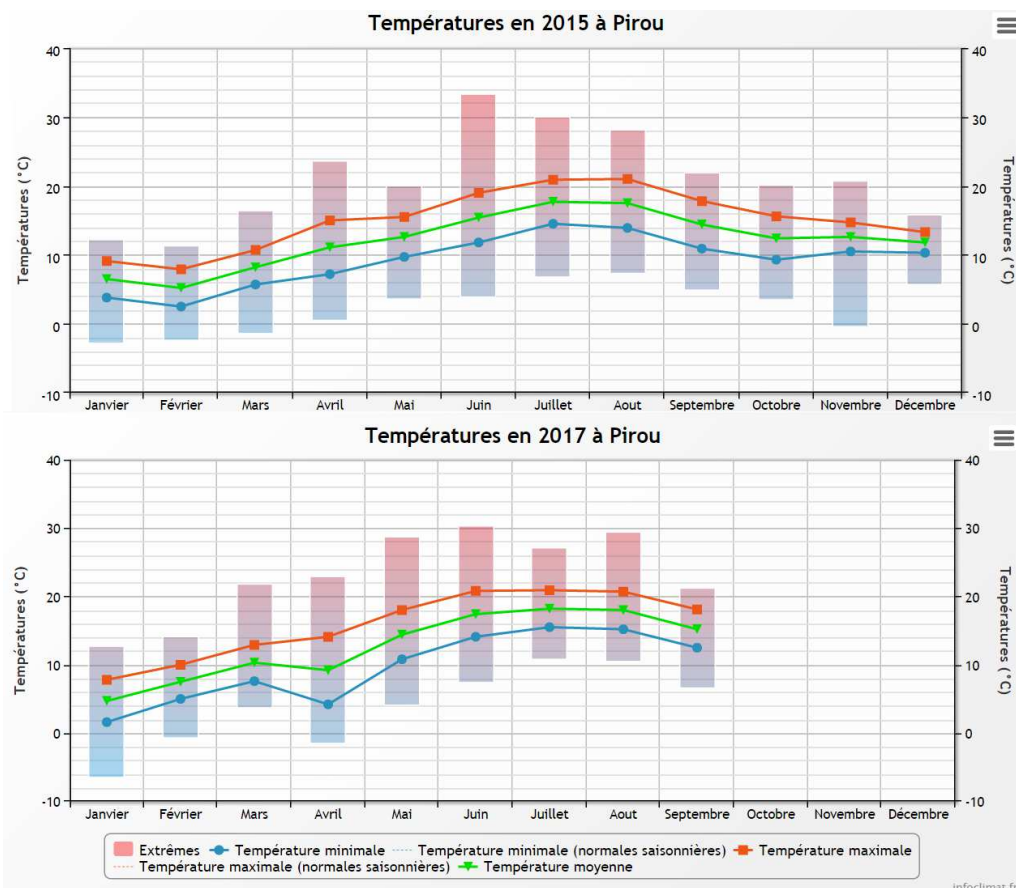
D'après les discussions avec les ostréiculteurs, cette manipulation est effectuée en premier lieu pour assurer la bonne croissance des huîtres. Plus la fréquence de retournement des poches est importante, plus les caractéristiques morphologiques optimales des huîtres sont favorisées. La deuxième cause du retournement des poches est la présence d'éponges sur la face inférieure qui colmatent le maillage et limitent les flux d'eau. Par ailleurs, selon les pratiques culturelles des ostréiculteurs, l'apparition des entéromorphes sur les poches peut servir à indiquer le moment où les poches doivent être retournées pour optimiser la croissance des huîtres.

De cette façon, plusieurs questions se sont posées vis-à-vis des facteurs pouvant favoriser la croissance de ces algues dans un milieu impacté par une activité. Pour commencer, il semblait intéressant de suivre la croissance de ces algues selon diverses conditions en commençant par l'effet de leur emplacement sur un bassin conchylicole.

2. Effet de la bathymétrie sur la croissance des entéromorphes

D'après les résultats obtenus, des fluctuations de croissance beaucoup plus importantes en haut d'estran ont été observées et peuvent s'expliquer par différents facteurs. En effet, la hauteur d'eau en haut d'estran étant plus faible et les périodes d'exondations plus importantes, des intempéries comme de forts vents, provoquent un arrachement des algues au niveau des tables à huîtres. Or, des vents importants ont été constatés à la mi-juin (6 juin 2017). Ce phénomène peut alors expliquer la chute importante d'algues vertes présentes sur les poches lors de notre sortie terrain du 7 juin 2017. Au niveau de la concession du SMEL, les poches ostréicoles sont plus bas sur l'estran. Elles sont alors moins sensibles aux forts vents causant ainsi un arrachage moins important. Par ailleurs, la diminution précoce des entéromorphes sur la concession du CRC par rapport à la concession expérimentale du SMEL peut s'expliquer par le fait qu'en haut d'estran, les algues se trouvent plus souvent émergées, et cela, pendant des durées plus longues. La période d'immersion étant plus courte, les algues ont donc une protection plus faible contre la dessiccation (Martins *et al.*, 2007) pour les mois de juillet et août où l'ensoleillement est plus fort. Cela a pour conséquence un jaunissement et un brunissement des thalles, ce qui a été observé *in situ* durant cette période (Figure 48). Un autre aspect qui favorise la quantité plus importante d'entéromorphes en haut d'estran est la quantité de lumière reçue. Les algues étant plus près de la surface de l'eau, elles reçoivent alors plus de lumière. Ce facteur est un élément essentiel à la croissance de tous les organismes photosynthétiques tels que les macroalgues (Hanisak, 1983). Ainsi, cet apport plus important de lumière pourrait permettre aux entéromorphes d'augmenter leur activité photosynthétique et d'avoir une croissance plus forte à ce niveau. Par contre, d'autres facteurs comme l'historique des poches ou la période à laquelle elles ont été placées sur les tables ostréicoles peuvent impacter le taux de fixation des spores et des gamètes. Ces critères peuvent apporter un biais dans la comparaison de la croissance des entéromorphes à ces deux niveaux bathymétriques.

Des différences de croissance semblent donc présentes au niveau d'un même bassin en fonction du niveau bathymétrique. De ce fait, un suivi sur deux bassins différents a



ensuite été effectué pour mettre en évidence, cette fois-ci, une variation intersite de la croissanc
e des
entéro
morphes.

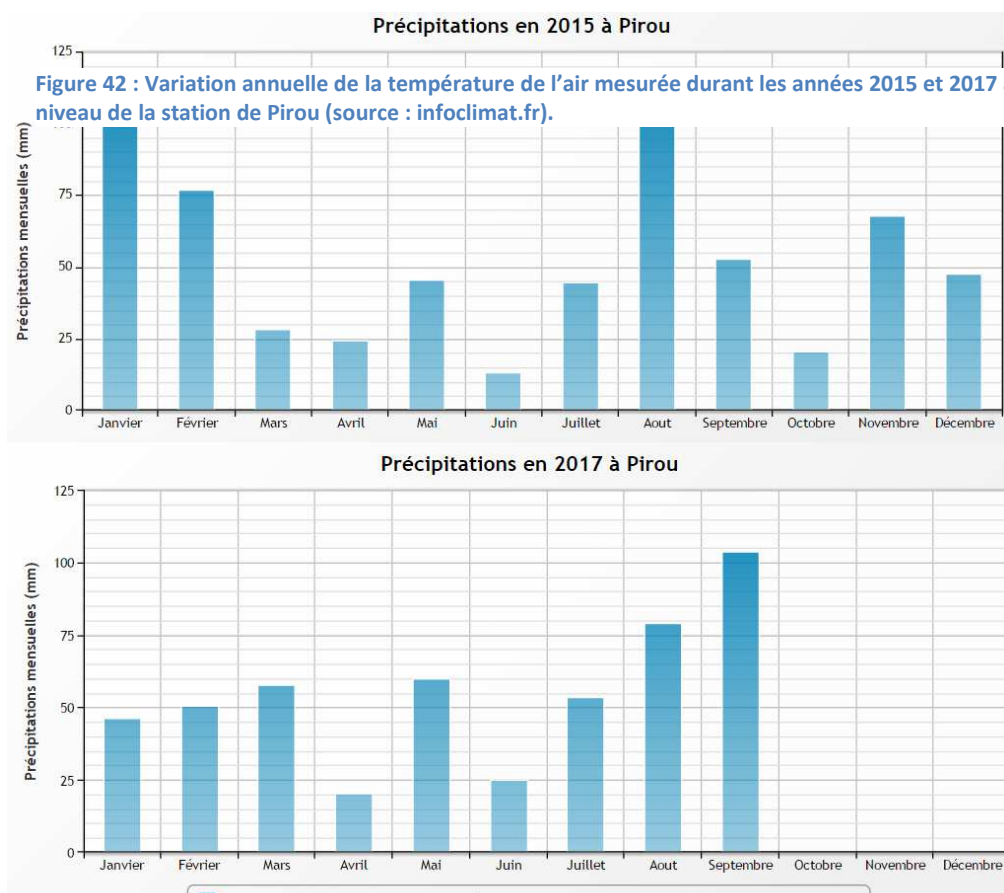


Figure 49 :

3. Effet de la zonation sur la croissance algale

Le suivi de la croissance des entéromorphes a donc été réalisé entre les bassins de Gouville-sur-Mer et de Grandcamp-Maisy. D'après les résultats, la masse d'entéromorphes peut être estimée à 1,5 kg/poche. Il s'agit ici d'un poids minimal pouvant être obtenu sur l'ensemble des sites et sur la période de l'année. En 2017, pour obtenir la quantité d'algues la plus importante, la récolte à Gouville-sur-Mer aurait dû se faire au mois de mai alors qu'à Grandcamp-Maisy elle aurait pu être effectuée au mois de juillet. Les deux sites étant géographiquement proches, les conditions météorologiques sont quasiment similaires sur ces deux secteurs. Cependant, les parcs ostréicoles de Gouville-sur-Mer se trouvent au niveau d'une mer ouverte alors qu'à Grandcamp-Maisy ils se trouvent en fond de baie estuarienne. Les conditions physico-chimiques de l'eau pourraient expliquer un tel décalage. Par ailleurs, l'évolution de croissance des entéromorphes, obtenue en 2017, ne peut pas être applicable pour n'importe quelle année. L'impact climatique n'est pas négligeable et peut modifier la croissance des algues. En 2015, un vent de nord-est a arraché les entéromorphes et a fortement impacté les récoltes avec les professionnels sur la côte Est du Cotentin et celle du Calvados (Annexe 2). De plus, à Gouville-sur-Mer en 2015, la période où les entéromorphes étaient les plus abondantes sur les poches était en juin, alors qu'en 2017, il s'agit du mois de mai. Cette croissance plus précoce pourrait s'expliquer par une arrivée des conditions printanières plus précoce dans l'année donc des températures plus élevées. Un apport plus important de nutriments, du fait de précipitations plus importantes en mars 2017, peut aussi justifier ce phénomène (Yi *et al.*, 2010) (Figure 42 et 43).

4. Rendements obtenus sur les différents secteurs

Après s'être intéressé à la définition des aspects généraux de la croissance des entéromorphes en Normandie, un aspect plus professionnel de l'activité a été mis en avant. Pour cela, l'évolution des rendements de récolte a été suivie et obtenue sur les deux sites principaux, à savoir Gouville-sur-Mer et Grandcamp-Maisy. Ce qui en ressort est la forte corrélation de ces rendements avec la masse moyenne d'algues récoltées par poche (Figure

17 et 18, page 24). En effet, c'est un facteur déterminant pour le rendement. Cependant, le temps passé à la récolte est un second facteur tout aussi important que le premier et varie en fonction du manipulateur. Ces variations peuvent alors survenir car plusieurs personnes ont travaillé pour ces récoltes expérimentales et plusieurs personnes travailleront si une activité se développe. Cela peut expliquer la différence de rendement au mois de juin 2017, pour Gouville-sur-Mer, entre les estimations de rendement (97 kg/h/personne ; Figure 20, page 26) et les rendements réels obtenus (117 kg/h/personne ; Figure 19, page 26). Cependant, cette différence est faible et les rendements restent dans un même ordre de grandeur. De même, une faible différence entre 2015 et 2017 est observable, pour ce dernier site, et confirmerait qu'un rendement autour de 120 kg/h/personne soit possible pour une éventuelle activité.

Les rendements de récolte obtenus à Lestre et Asnelles-Meuvaines, lors des ramassages avec les professionnels, sont eux beaucoup plus faibles que les autres sites. Cependant, les récoltes des entéromorphes sur ces deux secteurs se sont effectuées sur des poches déjà retournées un mois au préalable. Ainsi, les algues fixées sur ces poches n'ont pas eu le temps de croître à nouveau suffisamment. Ici, les pratiques culturales, notamment le retournement des poches, peuvent expliquer l'écart important de rendement observé pour ces 2 sites.

Ainsi, en prenant en compte ces observations, le rendement moyen peut être estimé à 115 kg/h/personne, en excluant les sites d'Asnelles-Meuvaines et de Lestre pour lesquels l'historique des poches n'était pas optimal pour une activité de récolte. Au vu des estimations réalisées (§ III.3), ce rendement moyen peut être considéré comme sous-évalué par rapport au rendement pouvant être réellement obtenu. De nombreux facteurs biotiques et abiotiques influencent donc la croissance et la biomasse d'entéromorphes ainsi que le rendement de récolte. Cependant, les pratiques culturales ont aussi un rôle.

5. Paramètres de récolte des entéromorphes

a. Impact du retournement des poches

L'effet du retournement des poches par les professionnels, l'effet de cette manipulation a été étudié car selon une étude de Floreto *et al.* (1993), la croissance est limitée en présence d'une intensité lumineuse faible, ce qui est le cas pour les algues présentes sur la face inférieure des poches. Cependant, nos résultats montrent une évolution presque similaire entre les poches retournées et celles non retournées. Seule une différence est notable fin-juin. Comme évoqué précédemment, de forts vents début juin sont sûrement la cause de la diminution observée, notamment pour les poches non retournées. Pour les poches retournées, cette diminution (- 500 g environ) ne peut pas s'expliquer uniquement par l'effet du retournement des poches, mais s'explique sûrement par une combinaison des effets du retournement et du vent. La proportion de chacun n'est cependant pas connue. Néanmoins, fin-juin, les algues présentes sur la face inférieure n'ont pas repoussé contrairement à celles de sur la face supérieure. Cette croissance est intéressante car, si les conditions avaient été optimales mi-juin, la masse moyenne d'entéromorphes par poche fin-juin aurait pu être plus importante et atteindre environ 1,5 kg par poche.

Le retournement des poches provoque donc bien une limitation importante de la croissance des entéromorphes ce qui implique que les pratiques culturelles ont un impact sur ces algues. Par ailleurs, dans le cas d'une exploitation des entéromorphes, les récoltes pourraient, elles aussi, avoir un effet de ce genre.

b. Repousse des entéromorphes

En effet, comme constaté pour Lestre et Asnelles-Meuvinnes lors des ramassages avec les professionnels (§ IV.4) et pour l'expérience du retournement des poches (§ IV.5.a),

les entéromorphes sont capables de repousser sur la face supérieure des poches. Ce phénomène est connu depuis plusieurs années chez les entéromorphes et des études ont montré qu'après une coupe, ces algues sont capables de régénérer leurs thalles (Dangeard, 1957; Moss and Marsland, 1976). Dans notre cas, les résultats obtenus après une récolte expérimentale ont laissé supposer qu'une seconde récolte d'entéromorphes peut être envisageable. Cependant, la quantité qui a repoussé est nettement plus faible, moins de la moitié de la quantité d'algues présentes à la première récolte. La question est de savoir si une seconde récolte peut être rentable économiquement et s'il n'est pas plus avantageux de se concentrer sur une seule récolte à la fin de la période de croissance maximale.

De cette façon, en imaginant que les poches n'aient pas été retournées à Lestre avant le ramassage avec les professionnels, le rendement pourrait être d'environ 110 kg/h/personne. Cela correspondrait donc quasiment aux rendements de Gouville-sur-Mer et Grandcamp-Maisy. Par contre, dans ce même cas, pour Asnelles-Meuvoines, le rendement resterait très faible en atteignant environ 40 kg/h/personne et un écart important serait toujours présent avec les 3 autres sites. La ressource d'entéromorphes ne semble pas optimale sur ce site pour développer une activité, sachant que la surface exploitée est faible. De plus, les professionnels doublent les poches sur les tables pour une meilleure résistance aux forts courants. Cette pratique diminue la surface de fixation des entéromorphes sur les poches et réduit encore plus la surface exploitable.

c. Homogénéité des quantités récoltées sur les différents sites

Malgré ces nombreux facteurs influençant la croissance des entéromorphes, il semble tout de même exister une certaine homogénéité des quantités d'entéromorphes récoltables par poche sur les différents sites conchylicoles de Normandie. Cette constatation est valable pour la période à laquelle se sont effectuées les récoltes, c'est-à-dire de mi-juin à mi-juillet. Il existe alors une période de croisement où les quantités d'algues récoltées sont similaires, comme constaté pour la biomasse récoltable à travers les sites de Gouville-sur-Mer et Grandcamp-Maisy (§ III.3. ; Figure 20, page 26). Malgré l'homogénéité des quantités moyennes récoltées sur une poche, le pourcentage de poches désignées comme

« récoltables » sur les différents sites était très faible et hétérogène de par le travail effectué par les professionnels. Au total, le nombre de poches considéré par secteurs était différent. Une estimation de la quantité d'entéromorphes récoltable par poche à cette période a été réalisée ici, et non une estimation d'un stock par secteur, qui n'aurait aucun sens sans une harmonisation des pratiques culturelles.

d. Étude des masses sèches

En parallèle des expérimentations sur le terrain, les analyses sur les algues après leur récolte ont montré que le pourcentage de matière sèche chez les entéromorphes est constant d'avril à août 2017. Cela représente un point positif pour le traitement des algues après récolte et pour la valorisation. En effet, en ce qui concerne le domaine alimentaire, aucune période de récolte n'est préférentielle. Cependant, des études ont démontré que des variations saisonnières de la teneur en éléments minéraux existent chez plusieurs algues brunes (Black et Mitchell, 1952; Rosell et Srivastava, 1984). Cet aspect est actuellement étudié par ALGAIA pour une éventuelle valorisation dans les domaines cosmétiques ou pharmaceutiques et semble ne pas se confirmer, pour l'instant, chez les entéromorphes.

6. Analyses qualitatives des entéromorphes

Un dernier aspect a été étudié sur ces entéromorphes et concerne la diversité spécifique des entéromorphes. Depuis les premières expérimentations effectuées de 2013 à 2015 dans le cadre du projet Normand'alg avec Aléor, des différences relatives à la morphologie des algues ont déjà été observées sur les différents secteurs. Sur la côte Est du Cotentin et celle du Calvados, les entéromorphes sont majoritairement larges et de couleur soutenue alors que sur la côte Ouest, la couleur est plus claire et les espèces sont plus fines. La détermination des espèces sur 4 sites différents a alors permis d'identifier 5 genres d'entéromorphes, *U. linza*, *U. intestinalis*, *U. clathrata*, *U. compressa* et *U. radiata*, réparties différemment sur les secteurs. Cependant, elles ne peuvent pas être considérées comme les seules espèces présentes sur les côtes normandes. D'autres entéromorphes pourraient aussi être présentes, mais elles n'ont pas été recensées durant l'étude. En effet, les échantillons

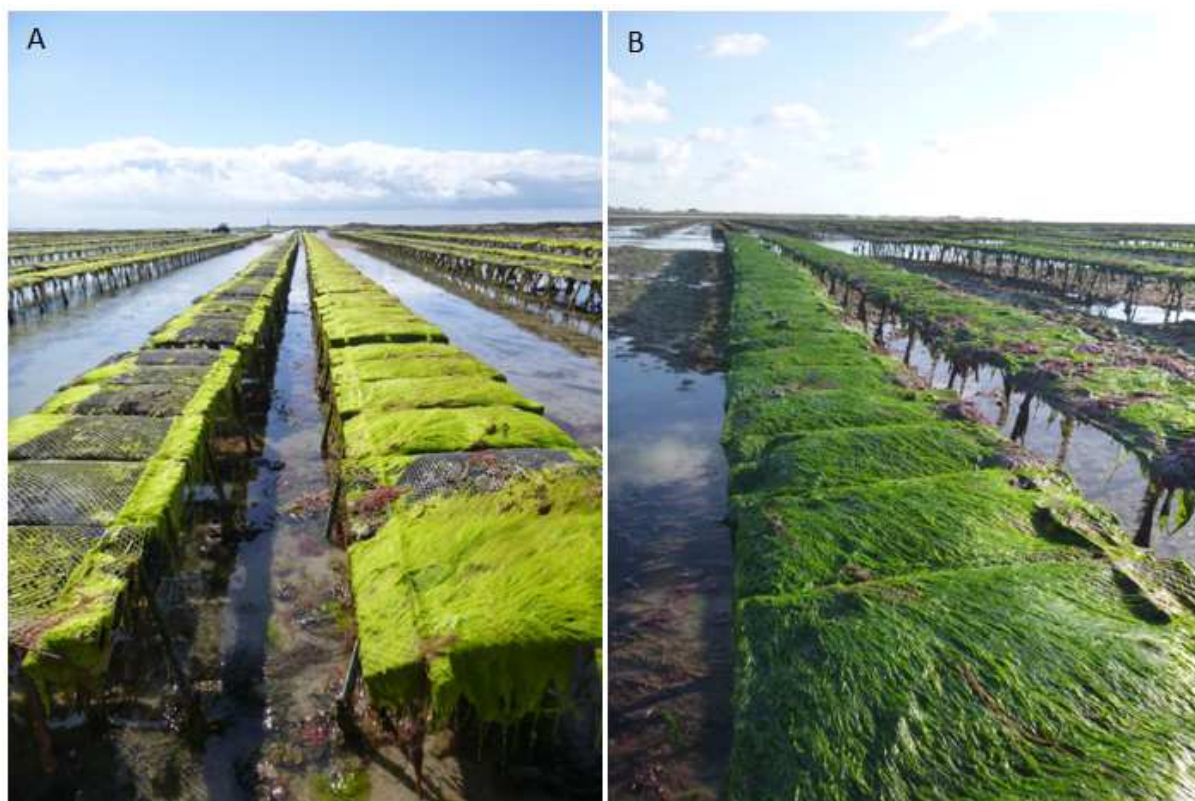


Figure 44 : Comparaison de l'aspect et de la couleur des entéromorphes A) à Gouville-sur-Mer et B) à Grandcamp-Maisy.

prélevés pour la détermination ne représentent qu'une partie de l'ensemble des algues présentes en totalité sur les parcs à huîtres. Néanmoins, cela donne un aperçu des espèces majoritairement présentes sur les différents sites. Par ailleurs, sur les 5 entéromorphes observées, seulement 3 sont présentes sur chaque site, sauf pour Gouville-sur-Mer où 4 sont observables. Il se peut que les 5 espèces soient présentes sur chaque site, mais que la faible abondance de certaines n'ai pas permis de les observer. Au vu des résultats représentés dans le Tableau 3 (page 32), il semblerait tout de même que certaines d'entre elles, comme *U. clathrata* soient plutôt inféodées à la côte Ouest et que *U. linza* le soit plutôt pour la côte Est, mais cette tendance ne peut être validée par cette simple observation.

De ce fait, la valorisation des entéromorphes se fera sur un mélange d'entéromorphes. Par contre, d'un point de vue commercial et alimentaire, l'aspect et la couleur de ces algues (Figure 43) sera un critère prépondérant pour les consommateurs (com. pers. Véronique LAVATINE, ACTALIA), favorisant probablement une apparence au détriment de l'autre.

7. Déroulement de cette activité de diversification

Tous les éléments vus précédemment donnent une bonne compréhension de la dynamique de croissance des entéromorphes. Ils permettent à présent de mieux appréhender la faisabilité de cette activité. Pour confronter ces résultats avec l'application de cette activité, il semblait nécessaire d'avoir l'opinion des professionnels.

a. Volontés des ostréiculteurs

Le point de vue des professionnels est un point crucial pour la suite du projet et pour l'éventuel développement de l'activité. La grande majorité des ostréiculteurs trouve cette idée de diversification intéressante du fait d'une ressource à exploiter déjà présente naturellement et en quantité suffisante. Un vrai potentiel est donc présent en Normandie, en sachant que la plupart des ostréiculteurs semble vouloir s'investir dans une telle activité. Ils sont donc potentiellement prêts à changer leurs pratiques culturales en limitant le retournement des poches. De plus, ils semblent prêts à gérer le stockage ainsi que les livraisons auprès des unités de valorisation. Un autre point important à considérer est la

rentabilité de cette activité. Le prix de vente proposé devra être suffisant pour être intéressant et avantageux pour la profession. Il s'agira évidemment d'une activité secondaire par rapport à l'ostréiculture, mais elle permettra, par exemple, d'apporter une certaine image de produit naturel et sain provenant de la région. En ce qui concerne la ressource, elle paraît être adéquate pour la plupart des personnes rencontrées même si la présence des entéromorphes est variable en fonction du milieu. L'existence d'une ressource exploitable à Asnelles-Meuvinnes reste à vérifier. De plus, le choix des pratiques culturelles par les ostréiculteurs impacte l'abondance de ces algues. En effet, certains retournent leurs poches régulièrement et limitent la croissance des entéromorphes, comme constaté lors d'une expérimentation (§ IV.5.a).

En plus de leur volonté, les ostréiculteurs devront probablement passer par plusieurs étapes pour organiser leur activité.

b. Paramètres de colonisation des poches jouant sur la rentabilité des récoltes

Dans ce cas où les étapes de développement des entéromorphes ne sont pas contrôlées, la connaissance de la biologie des entéromorphes dans le milieu devra être appréhendée afin de s'harmoniser avec les périodes de reproduction de ces algues. Après l'étude bibliographique, les périodes de reproduction des algues d'intérêts permettent de dire que la période de dispositions des poches sur les tables aura plus ou moins d'influence sur la quantité d'entéromorphes l'année suivante. Bien qu'une reproduction ait lieu durant les saisons les plus froides, celle-ci est très faible. Les poches installées durant le printemps et l'été auront probablement tendance à avoir une quantité d'algues vertes plus importante durant le printemps prochain. Cela sera amoindri si elles sont disposées durant l'automne ou l'hiver. De même, si les poches sont mises sur l'estran à la fin de l'hiver ou au début du printemps, les entéromorphes risquent de croître plus tardivement. En effet, il faudra attendre les premières reproductions. Toutefois, les témoignages de professionnels ne vont pas toujours dans ce sens et relatent de captages massifs sur des poches posées en automne ou même en début de printemps (com. pers.). Ensuite, selon des observations faites par les ostréiculteurs, des poches neuves ne captent que très peu voire pas, contrairement aux

poches déjà mises en eau depuis plusieurs mois ou années. Les poches déjà utilisées par l'activité ostréicole auront donc tendance à capter un maximum d'entéromorphes.

c. Technique de récolte des algues

Pour continuer sur les différents procédés, la technique de récolte se fera manuellement car aucun outil adapté n'a été trouvé pour l'instant. Cependant, comme évoqué dans les résultats, d'autres espèces algales (brunes, rouges et vertes) sont présentes sur les poches. Lors de la récolte, il faut prendre soin de ne pas récolter ces autres espèces, car un échantillon d'entéromorphes mélangé à d'autres espèces d'algues nuit à la pureté et à la qualité des échantillons pour la valorisation. De plus, il est impossible de nettoyer ces algues quand elles contiennent de la vase ou du sable qui les rendent impropres à la valorisation. C'est pourquoi, lors des récoltes expérimentales, seules les poches uniquement recouvertes d'entéromorphes ont été choisies.

Dans le cadre d'une future exploitation, le ramassage des algues devra être effectué le plus proprement possible. L'efficacité de la récolte devra être maximisée pour récolter un maximum d'algues en un minimum de temps et les poches les plus « propres » devront donc être ciblées en priorité.

d. Période et fonctionnement d'une récolte

Ensuite, il faut prendre en considération que selon la croissance des entéromorphes, la récolte se fera uniquement sur une période courte (mai, juin, ou juillet selon les années) et probablement une seule fois dans l'année. Comme le rendement est très dépendant de la gestion d'un parc ostréicole, cela implique que la zootechnie devra être adaptée pour optimiser le ramassage. Le retournement des poches devra être retardé pour laisser le temps aux algues de croître, afin d'obtenir une quantité optimale pour la récolte. Cette pratique pourra être faite après le ramassage. Durant la période où la quantité d'entéromorphes sera jugée maximale, il semble que consacrer une marée au ramassage soit idéal pour maximiser le rendement et pour rentabiliser la livraison. La récolte devra se faire en tenant compte du transport et devra être faite directement dans des structures

Tableau 4: Tableau prévisionnel de récolte sur l'ensemble des côtes normandes (sauf Asnelles-Meuvinnes) en moyennant les données de rendement et de quantité d'entéromorphes par poche obtenues sur 3 sites d'étude durant l'année 2017.

| Normandie (sauf Asnelles-Meuvinnes) | | | | |
|--|-----------------------------------|------------------------|------------------------------------|-------------------------------|
| Surface exploitée | | 909,22 ha | | |
| Densité de poches /ha | | 6000 poches / ha | | |
| Poids entéromorphes / poche | | 1,5 kg / poche | | |
| Poids récolté / heure | | 115 kg / h / personne | | |
| Différents scénarios | | | | |
| Pourcentage de surface régionale exploitée | Surface totale de récolte (en ha) | Nb de poches récoltées | Poids total récoltable (en tonnes) | Temps total estimé (en heure) |
| 0.05% | 0.45 | 2 728 | 4.09 | 36 |
| 0.1% | 0.91 | 5 455 | 8.18 | 71 |
| 0.5% | 4.55 | 27 277 | 40.91 | 356 |
| 1% | 9.09 | 54 553 | 81.83 | 712 |
| 2% | 18.18 | 109 109 | 163.66 | 1 423 |
| 5% | 45.46 | 272 766 | 409.15 | 3 558 |
| 10% | 90.92 | 545 532 | 818.30 | 7 116 |

adaptées afin de diminuer la manutention. Néanmoins, la quantité d'entéromorphes par sac ou par manne devra être raisonnable pour ne pas provoquer de dégradation précoce. Par ailleurs, si une activité se met en place, chaque ostréiculteur devra dans un premier temps s'occuper de la livraison de sa propre récolte, car l'activité sera trop récente pour envisager un circuit de collect. Beaucoup de professionnels pensent néanmoins que la mise en place d'une collecte par les entreprises de valorisation ou d'un dépôt d'algues pourrait être une bonne solution. Cela dépendra bien sûr du nombre d'ostréiculteurs pratiquant cette activité sur chaque secteur et pourra être développé dans un second temps.

8. Vision d'une activité à long terme

a. Estimation de récolte en Normandie

Par ailleurs, au vu des différents résultats obtenus, des estimations et des prévisions peuvent être faites sur les récoltes et sur l'aspect économique de cette activité. Tout d'abord, une estimation de récolte a été réalisée pour la Normandie (Tableau 4). Ce tableau est obtenu en faisant la moyenne des estimations faites pour la côte Est, la côte Ouest, et la Baie des Veys (Annexe 3). Le secteur d'Asnelles-Meuvoines n'est pas pris en compte ici pour les diverses raisons déjà évoquées (§ IV.5.b.). La densité de poche par hectare est obtenue selon le schéma des structures des exploitations de cultures marines du département de la Manche et du Calvados, et la masse moyenne d'algues par poche et le rendement moyen utilisés sont issus des estimations des paragraphes § IV.3. et § IV.4.

Par ailleurs, il faut considérer le fait que la totalité des poches ostréicoles ne sera pas exploitable si une activité se développe dans la région. En effet, toutes les poches ne pourront pas être exploitées du fait de la volonté des ostréiculteurs à s'impliquer dans l'activité ainsi que du secteur plus ou moins propice. Cette estimation globale permet alors d'avoir une idée de la quantité d'algues récoltable en un temps approximatif et en fonction de la surface exploitée. Les données de masse d'entéromorphes par poche et de rendement ont été obtenues lors de récoltes expérimentales. Cependant, elles ont été réalisées avec les professionnels en s'inspirant de l'optique de ramassage qui sera appliquée par les ostréiculteurs. Ces prévisions sont donc assez réalistes, et se rapprochent des

Tableau 5: Tableau représentatif des prévisions économiques d'une activité autour de la récolte des entéromorphes selon les moyennes obtenues lors des récoltes de l'année 2017.

| Prévision économique | |
|---------------------------|---------------------|
| Coût entreprise | 25 € /h /personne |
| Rendement | 115 kg /h /personne |
| Temps de récolte | 3 heures |
| Nb de personne récoltant | 3 personnes |
| Quantité récoltée | 1035 kg |
| Coût entreprise (pour 4h) | 300 € |
| Différents scénarios | |
| Prix (€ / kg) | Gain brut (€) |
| 0.10 | 104 |
| 0.20 | 207 |
| 0.30 | 311 |
| 0.40 | 414 |
| 0.50 | 518 |
| 0.60 | 621 |
| 0.70 | 725 |
| 0.80 | 828 |
| 0.90 | 932 |
| 1.00 | 1035 |

résultats de 2015 (com. pers. Sébastien Pien) mais demandent encore à être travaillées et ajustées.

b. Estimation économique de l'exploitation des entéromorphes

Concernant l'aspect économique, des prévisions ont été faites en fonction du prix au kilogramme frais qui sera attribué à cette activité (Tableau 5). Le but est d'estimer à partir de quel prix les professionnels rentreraient dans leurs frais et quelle pourrait être la rentabilité en fonction du prix proposé. Cette estimation considère une récolte de 3 heures avec 3 ouvriers en prenant en compte le rendement moyen de 115 kg/h/personne obtenu en 2017. Le coût pour l'entreprise est estimé à 25 €/h /personne (com. pers. ostréiculteurs) en prenant en compte uniquement le salaire des ouvriers et les dépenses liées aux trajets et à l'entretien des véhicules. Le coût total pour une telle sortie est calculé pour 4 heures de travail comprenant ainsi le temps de trajet jusqu'aux concessions et le retour à l'entreprise. Selon ces estimations, une sortie dans ces conditions serait remboursée à partir d'un prix de 30 centimes / kg frais. Néanmoins, ce prix ne présente aucune rentabilité pour l'entreprise. Dans cette estimation, les dépenses liées aux stockages des algues, à la livraison et aux divers frais inhérents à une entreprise ne sont pas pris en compte. Le prix proposé aux professionnels devrait être supérieur à 0,30 €/kg frais. Ceci est un aspect qui ne peut pas encore être abordé à l'état actuel de l'étude mais qui devra être évoqué lorsque plus d'informations sur la valorisation et le marché seront disponibles.

c. Impacts environnementaux

Pour finir sur la vision d'une telle activité sur le Domaine Public Maritime (DPM), l'aspect environnemental doit être abordé. Dans un premier temps, aucune modification de diversité spécifique ne sera apportée du fait de leur présence à l'état naturel. Ensuite, l'activité se déroulera sur les parcs à huîtres ce qui implique que la circulation motorisée restera identique et n'engendrera pas de dégradation de la flore supplémentaire présente aux alentours comme par exemple certains tapis de zostères. Les entéromorphes ne présentent aucun rôle fonctionnel important que ce soit au niveau de la chaîne trophique ou

bien au niveau du rôle d'habitat pour la faune. Pour finir, ces algues vertes sont tous les ans éliminées par les pratiques culturales. Des récoltes n'auront pas plus d'impacts que le travail déjà effectué par les ostréiculteurs et une telle activité ne devrait donc pas engendrer de conséquences sur le milieu. De plus, ces points ont déjà été étudiés lors des premières demandes d'autorisation de récolte pour les expérimentations et n'ont pas présenté de contre-indications.

V. CONCLUSION

Le développement d'une activité autour des entéromorphes peut s'avérer être un avantage pour la profession ostréicole. De même, cela pourrait constituer un atout pour la Normandie qui tend petit à petit à développer plusieurs filières d'algues, comme *Saccharina latissima*, *Palmaria palmata* et *Sargassum muticum*. Pour les Entéromorphes, les expérimentations réalisées durant la période d'avril à août 2017 ont permis d'avoir une première approche sur le cycle de développement des entéromorphes au niveau des côtes normandes. De plus, une meilleure perception de cette activité a pu être apportée à travers les rendements de récolte qui semblent déjà prometteurs, mais qui peuvent être améliorés si la récolte se fait à la période optimale. De part ces estimations, un stock important d'entéromorphes serait donc potentiellement présent en Normandie. Aussi, les avis majoritairement positifs des ostréiculteurs confortent dans l'idée que la motivation des professionnels est présente et qu'ils sont potentiellement prêts à intégrer à l'ostréiculture les diverses étapes de cette activité.

Cependant, pour la suite de l'étude, plusieurs expérimentations devront être renouvelées d'avril à août 2018 pour confirmer les résultats de 2017. Les suivis de la croissance des entéromorphes aux deux niveaux bathymétriques devront être poursuivis en utilisant cette fois des poches identiques et avec le même historique. Ces poches devront être positionnées sur les tables ostréicoles au même moment et subir les mêmes manipulations. Ainsi, aucun biais ne sera apporté. Les ramassages avec les professionnels devront être de nouveau effectués. Cependant, il serait préférable que les dates soient fixées par les ostréiculteurs eux-même plutôt que par rapport aux résultats des années précédentes. Les récoltes pourront alors mieux coïncider avec les périodes où les entéromorphes semblent les plus abondantes et qui dépendent des conditions météorologiques mais également avec les impératifs des professionnels liés à l'élevage des huîtres. De même, les suivis de croissance sur les deux côtes normandes devront se poursuivre et ainsi vérifier le décalage de croissance observé sur ces deux secteurs. Ces

expériences semblent prioritaires par rapport aux autres expérimentations effectuées en 2017 qui ont montré des résultats satisfaisants. Par contre, un suivi mensuel de la croissance des entéromorphes à Asnelles-Meuvinnes semblerait indispensable pour savoir si la ressource est adéquate pour une activité de ce genre.

En complément, de nouvelles expériences pourront être effectuées l'année prochaine. L'impact des entéromorphes sur la croissance des huîtres et l'impact des huîtres sur la croissance des entéromorphes pourront être suivis. Cela apportera également une information sur les apports bénéfiques apportés par les huîtres pour la croissance de ces algues. Un autre point qui n'a pas été abordé dans ces premières expérimentations est le conditionnement et la livraison des entéromorphes. Des optimisations de ces deux aspects sont à envisager. Pour cela, différents types de stockages des algues devront être testés (bassin, froid sec, froid humide, etc.). Le but étant de connaître le temps de stockage maximum avant l'envoi vers l'unité de valorisation.

Les expériences *in situ* ont donné des résultats prometteurs et encourageants vis-à-vis d'une activité de diversification vers l'exploitation des entéromorphes. Elles devront être complétées par de nouvelles expérimentations mais également par les études sur les aspects réglementaires et les voies de valorisations de ces algues qui sont actuellement en cours d'étude par les partenaires du projet Entéromorphes.

VI. RÉFÉRENCES

1. Bibliographie

- Arasaki, S., and Shihira, I. 1959. Variability of morphological structure and mode of reproduction in *Enteromorpha lima*. Jpn.J.Bot, 17: 92–100.
- Bäck, S., Lehvo, A., and Blomster, J. 2000. Mass occurrence of unattached *Enteromorpha intestinalis* on the Finnish Baltic Sea coast. Annales Botanici Fennici, 37: 155–161.
- Black, W. A. P., and Mitchell, R. L. 1952. Trace elements in the common brown algae and in sea water. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 30: 575.
- Burtin, P. 2003. Nutritional value of seaweeds. Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry, 2: 498–503.
- Cabioc'h, J. (Ed). 1992. Guide des algues des mers d'Europe: Manche/Atlantique, Méditerranée. Delachaux et Niestlé, Neuchâtel. 231 pp.
- Centre d'Etudes et de Valorisation des Algues (CEVA), 2011. Les chiffres de la production.
- Centre d'Étude et de valorisation des Algues (CEVA), 2014. Réglementation algues alimentaires. Synthèse CEVA au 10/02/2014.
- Centre d'Étude et de valorisation des Algues (CEVA), 2015. Enteromorpha, fiche nutritionnelle.
- Centre d'Étude et de Valorisation des Algues (CEVA), 2015. Marché et produits - Connaître le marché des algues et les débouchés. Formation continue.
- Charlier, R. H., Morand, P., Finkl, C. W., and Thys, A. 2006. Green tides on the Brittany coasts. In pp. 1–13. IEEE.
- Chouikhi, A., 2013. Les applications potentielles des macroalgues marines et les activités pharmacologiques de leurs métabolites : Revue. 4th International Congress of the Populations & Animal Communities - Dynamics & Biodiversity of the terrestrial & aquatic Ecosystems. Novembre 2013, Algérie.
- Christie, A. O., and Evans, L. V. 1962. Periodicity in the liberation of gametes and zoospores of *Enteromorpha intestinalis* Link. Nature (London), 193: 193–194.
- Dangeard, P. 1957. Faculté de régénération et de multiplication végétative chez les Entéromorphes. C. R. Acad. Sci., Paris 244: 2454–2457.
- Floreto, E. A. T., Hirata, H., Ando, S., and Yamasaki, S. 1993. Effects of Temperature, Light Intensity, Salinity and Source of Nitrogen on the Growth, Total Lipid and Fatty Acid Composition of *Ulva pertusa* Kjellman (Chlorophyta). Botanica Marina, 36.
- Frangoudes, K., Jacob, C., Lesueur, M., and Mesnildrey, L. 2012. Netaalgae. États des lieux de la filière des macro-algues en Europe.
- Gandhiyappan, K., and Perumal, P. 2001. Growth promoting effect of seaweed liquid fertilizer (*Enteromorpha intestinalis*) on the sesame crop plant (*Sesamum indicum* L.). Seaweed Res. Utiln.: 23–25.

- Gayral, P., and Cosson, J. 1986. Connaître et reconnaître les algues marines. Ouest-France, Rennes. 220 pp.
- Hanisak, M. D. 1983. The nitrogen relationships of marine macroalgae. *In* Nitrogen in the marine environment, pp. 699–730. E.J. Carpenter & D.G. Capone.
- Hayden, H. S., Blomster, J., Maggs, C. A., Silva, P. C., Stanhope, M. J., and Waaland, J. R. 2003. Linnaeus was right all along: *Ulva* and *Enteromorpha* are not distinct genera. *European Journal of Phycology*, 38: 277–294.
- Hoek, C. van den, Mann, D. G., and Jahns, H. M. 1995. *Algae: an introduction to phycology*. Cambridge University Press, Cambridge ; New York. 623 pp.
- Kamer, K., and Fong, P. 2000. A fluctuating salinity regime mitigates the negative effects of reduced salinity on the estuarine macroalga, *Enteromorpha intestinalis* (L.) link. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 254: 53–69.
- Kamer, K., and Fong, P. 2001. Nitrogen enrichment ameliorates the negative effects of reduced salinity on the green macroalga *Enteromorpha intestinalis*. *Marine Ecology Progress Series*, 218: 87–93.
- Keesing, J. K., Liu, D., Fearn, P., and Garcia, R. 2011. Inter- and intra-annual patterns of *Ulva prolifera* green tides in the Yellow Sea during 2007–2009, their origin and relationship to the expansion of coastal seaweed aquaculture in China. *Marine Pollution Bulletin*, 62: 1169–1182.
- Kwang Young, K., Young, S., and In Kyu, L. 1991. Growth and Morphology of *Enteromorpha linza* (L.) J. Ag. and *E. prolifera* (Müller) J. Ag. (Ulvales, Chlorophyceae). *The Korean Journal of Phycology*, 6: 31–45.
- Leskinen, E., Alström-Rapaport, C., and Pamilo, P. 2004. Phylogeographical structure, distribution and genetic variation of the green algae *Ulva intestinalis* and *U. compressa* (Chlorophyta) in the Baltic Sea area: PHYLOGEOGRAPHY OF ULVA. *Molecular Ecology*, 13: 2257–2265.
- Lesueur, M., and Comparini, C. 2015. La filière des algues dans le monde, en Europe, en France ... projet IDEALG, Agrocampus Ouest.
- Lotze, H. K., Schramm, W., Schories, D., and Worm, B. 1999. Control of macroalgal blooms at early developmental stages: *Pilayella littoralis* versus *Enteromorpha* spp. *Oecologia*, 119: 46–54.
- Martins, I., Oliveira, J. M., Flindt, M. R., and Marques, J. C. 1999. The effect of salinity on the growth rate of the macroalgae *Enteromorpha intestinalis* (Chlorophyta) in the Mondego estuary (west Portugal). *Acta Oecologica*, 20: 259–265.
- Martins, I., and Marques, J. C. 2002. A Model for the Growth of Opportunistic Macroalgae (*Enteromorpha* sp.) in Tidal Estuaries. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 55: 247–257.
- Martins, I., Lopes, R. J., Lillebø, A. I., Neto, J. M., Pardal, M. A., Ferreira, J. G., and Marques, J. C. 2007. Significant variations in the productivity of green macroalgae in a mesotidal estuary: Implications to the nutrient loading of the system and the adjacent coastal area. *Marine Pollution Bulletin*, 54: 678–690.
- Mathur, C., Rai, S., Sase, N., Krish, S., and Jayasri, M. A. 2015. *Enteromorpha intestinalis* Derived Seaweed Liquid Fertilizers as Prospective Biostimulant for Glycine max. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 58: 813–820.

- McAvoy, K. M., and Klug, J. L. 2005. Positive and negative effects of riverine input on the estuarine green alga *Ulva intestinalis* (syn. *Enteromorpha intestinalis*) (Linneaus). *Hydrobiologia*, 545: 1–9.
- Menesguen, A. 2003. Les "marées vertes" en Bretagne, la responsabilité du nitrate. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00000/143/>
- Moss, B., and Marsland, A. 1976. Regeneration of *Enteromorpha*. *British Phycological Journal*, 11: 309–313.
- Nelson, T. A., Nelson, A. V., and Tjoelker, M. 2003. Seasonal and Spatial Patterns of 'Green Tides' (Ulvoid Algal Blooms) and Related Water Quality Parameters in the Coastal Waters of Washington State, USA. *Botanica Marina*, 46.
- FAO, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. 2004. La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2004. FAO, Rome.
- FAO, 2014. FishStat. Productions halieutique et aquacole mondiales.
- Pringle, J. D. 1986. Swarmer release and distribution of life-cycle phases of *Enteromorpha intestinalis* (L.) (Chlorophyta) in relation to environmental factors. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 100: 97–111.
- Reed, R. H., and Russell, G. 1979. Adaptation to salinity stress in populations of *Enteromorpha intestinalis* (L.) Link. *Estuarine and Coastal Marine Science*, 8: 251–258.
- Romano, C., Widdows, J., Brinsley, M. D., and Staff, F. J. 2003. Impact of *Enteromorpha intestinalis* mats on near-bed currents and sediment dynamics: flume studies. *Marine Ecology Progress Series*, 256: 63–74.
- Rosell, K.-G., and Srivastava, L. M. 1984. Seasonal variation in the chemical constituents of the brown algae *Macrocystis integrifolia* and *Nereocystis luetkeana*. *Canadian Journal of Botany*, 62: 2229–2236.
- Schories, D. 1995. Sporulation of *Enteromorpha spp.* (Chlorophyta) and overwintering of spores in sediments of the Wadden Sea, Island Sylt, North Sea. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology*, 29: 341–347.
- Solimabi, V. J., and Kamat, S. Y. 1985. Distribution of Tocopherol (Vitamin E) in Marine Alga from Goa, West Coast of India. *Indian Journal of Marine Sciences*, 14: 228–229.
- Yi, L., Zhang, S.-P., and Yin, Y.-Q. 2010. Influence of Environmental Hydro-Meteorological Conditions to *Enteromorpha prolifera* Blooms in Yellow Sea, 2009. *Periodical of Ocean University of China*.
- Yvin, J. C., Cruz, F., Joubert, J. M., Cloarec, B., Richard, C., Plesse, B., Kopp, M., *et al.* 2002. Method for stimulating natural control system of plants. Google Patents.
- Zaneveld, J., and Barnes, W. 1965. Reproductive periodicities of some benthic algae in lower Chesapeake Bay. *Chesapeake Sci.*, 6.

2. Sites internet

FAO, 2017. Fisheries and Aquaculture Information and Statistics Branch. [Consulté le 10 mai 2017]

FranceAgriMer, 2016. www.franceagrimer.fr

France Naissains [Consulté le 5 mai 2017]. Disponible sur : <http://www.francenaisain.com/l-huitre/les-bassins-ostreicoles-francais/>

Guiry, M.D., 2017. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. [En ligne], 2000, 2015 [Consulté le 27 avril 2017]. Disponible sur : www.algaebase.org

I. ANNEXES

ANNEXE 1

Présentation succincte des différents partenaires du projet Entéromorphes

Le **Comité Régional de la Conchyliculture (CRC)** Normandie Mer du Nord est une instance professionnelle qui se répartit de la Manche au Nord de la France. Au total ce sont sept Comités Régionaux de la Conchyliculture qui sont présents en France métropolitaine. Tous ces CRC ont pour rôle, au niveau de leur région, d'assurer la représentation et la promotion des intérêts généraux des professionnels de la production conchylicoles. Ainsi, chaque professionnel de la conchyliculture possédant des concessions sur le Domaine Public Maritime est obligatoirement adhérent au CRC de sa région. De plus, un Comité National de la Conchyliculture (CNC) existe et est régi par les articles L 912-6 et suivants du Code Rural et de la pêche maritime. Ce comité assure alors la représentation et les intérêts généraux de toutes les entreprises conchylicoles.

La société **ALGAIA** est spécialisée dans l'extraction de divers composés issus de nombreuses algues ainsi que dans leur valorisation. Ils sont plus particulièrement axés sur la fabrication, la vente et le développement d'une gamme de produit et aussi liés aux algues et à d'autres extraits botaniques naturels. Avec cette ressource naturelle et dans une optique de production durable, ALGAIA est ouvert sur divers marchés comme l'industrie agroalimentaire, cosmétique et pharmaceutique.

ACTALIA est un centre technique ayant pour but d'accompagner les acteurs de la filière agroalimentaire en rapport avec la qualité et l'innovation. Ce centre est composé de six pôles de compétences autour de la production laitière et de son contrôle analytique, du contrôle et de la qualité, de l'aspect sensoriel, de la sécurité des aliments et de l'innovation. C'est ce dernier domaine de compétence qui est impliqué dans le projet entéromorphes et qui a pour mission d'accompagner les entreprises dans leur innovation. Pour ce faire ACTALIA dispose à la fois d'une aptitude en Recherche et Développement, Marketing et Design.

ANNEXE 2

Ramassage d'*ulva intestinalis* (Entéromorphes) sur les poches ostréicoles

Résultats des travaux du SMEL de 2013 à 2014.

PREMIERE EXPERIMENTATION : JUILLET 2013

➤ MATERIELS ET METHODE.

En juillet 2013, 5 personnes (4 agents du SMEL et 1 maître de conférence à l'Université de Caen), pendant 1 heure 30 sur le secteur de Blainville sur Mer (Côte Ouest Cotentin, Manche), ont ramassé les entéromorphes sur les poches ostréicoles, dans des conditions approchant les techniques de professionnels. Munis de raclette plastique pour gratter les poches, les algues étaient directement ensachées et chaque sac était pesé. Il était effectué un chronométrage succinct et un nombre de poches grattées étaient décomptés.

➤ RESULTATS.

Les résultats ci-dessous montrent la récolte totale effectuée en 1 h 05 min par les 5 agents.

Tableau 1 : Récapitulatif de la récolte de 2013.

| INTITULE | Poids total récolté | Nb de poches grattées | Temps total de ramassage | Poids moyen / poche | Poches grattées par heure | Poids/h/pers. |
|----------|---------------------|-----------------------|--------------------------|---------------------|---------------------------|---------------|
| TOTAL | 373 kg | 482 | 5h25 min | 774 gr. | 64 | 69 kg |

Il est à noter qu'il s'agit d'une première récolte, donc que les résultats intègrent un manque d'expérience certain et des outils pas vraiment adaptés. Toutefois, on peut s'apercevoir que le poids par poche est assez variable et peut être de 1,3 kg récoltable par poche au maximum. Le résultat de cette récolte pour ALEOR est que, malgré des algues de bonne qualité, elles sont trop mélangées à la vase et au sable pour être exploitable. De plus, ce type d'algues tubulaires est quasiment impossible à nettoyer.

DEUXIEME EXPERIMENTATION : JUIN 2014.

Une deuxième série de ramassage effectuée, en juin 2014, s'est concentrée sur le ramassage d'algue de qualité et exploitable. Deux personnes (SMEL) se sont rendues sur le même site que lors du ramassage de 2013 mais se sont contraintes à choisir des poches uniformément

recouvertes et à ramasser les algues tant en laissant au maximum le sédiment pris généralement au niveau du point d'attache des algues sur la poche. Avec une simple paire de gants, les ramasseurs ont gratté avec la main et fait une « boule d'algue ».

Si le nombre de poches n'a pas été relevé cette fois ci, environ 162 kgs ont été récoltés en 1 heure, donnant des résultats assez similaires à la première expérimentation. Mais, contrairement à l'année précédente, les algues étaient de bonne qualité, sans vase et parfaitement exploitable pour une commercialisation future.

TROISIEME EXPERIMENTATION : JUIN 2015

En accord avec la société ALEOR, le CRC et 4 conchyliculteurs de 4 bassins différents (Côte Ouest et Est du Cotentin, Baie des Veys et Meuvaines), il était prévu d'organiser simultanément le ramassage d'*Ulva intestinalis* sur les poches à huîtres, d'organiser la collecte et le transport vers les installations d'ALEOR, à Lézardrieux, dans les Côtes d'Armor. Si, sur la côte Ouest, l'opération s'est déroulée comme prévu, un coup de vent de nord-Est juste avant la date de ramassage, a arraché les algues des poches sur les autres façades. Par conséquent, un ramassage a néanmoins été organisé en Baie des Veys et à Meuvaines, tout en oubliant les objectifs de départ. Il a été abandonné sur la côte Est du Cotentin.

Tableau 2 : Quantités récoltées en 2015 sur les différents bassins.

| Secteur de ramassage | Quantité récoltée |
|--|-------------------|
| Meuvaines | 30 kgs |
| Baie des Veys | 80 kgs |
| Lestre (Côte Est du Cotentin) | Pas de ramassage |
| Gouville sur Mer (Côte Ouest du Cotentin) | 900 kgs |

Tableau 3 : Récapitulatif de la récolte de 2015 à Gouville-sur-Mer.

| INTITULE | Poids total récolté | Nb de poches grattées | Temps total de ramassage | Poids moyen / poche | Poches grattées par heure | Poids/h/pers. |
|----------|---------------------|-----------------------|--------------------------|---------------------|---------------------------|---------------|
| TOTAL | 900 kg | Env. 600 | 7h00 | 1500 gr. | 85 | 128 kg |

ANNEXE 3

Tableaux prévisionnels de récolte sur les quatre secteurs d'étude principaux.

Pour chaque site, les estimations de masse d'algues par poche et de rendement ont été obtenues à partir des résultats de ramassage avec les professionnels en juin 2017. Les données de superficies ont été communiquées par le CRC et les densités de poche par hectare pour chaque site sont issues des schémas des structures des exploitations de cultures marines en Manche et dans le Calvados.

| Côte Ouest du Cotentin | | | | |
|--|--------------------------------|------------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| Surface exploitée | | 485.44 ha | | |
| Densité de poches | | 6000 poches / ha | | |
| Poids entéromorphes / poche | | 1.5 kg / poche | | |
| Poids récolté / heure | | 120 kg/ h/ personne | | |
| Différents scénarios | | | | |
| Pourcentage de surface régionale exploitée | Surface totale de récolte (ha) | Nb de poches récoltées | Poids total récoltable (tonnes) | Temps total estimé (heures) |
| 0.05% | 0.24 | 1456 | 2.18 | 18.2 |
| 0.1% | 0.49 | 2913 | 4.37 | 36.4 |
| 0.5% | 2.43 | 14563 | 21.84 | 182.0 |
| 1% | 4.85 | 29126 | 43.69 | 364.1 |
| 2% | 9.71 | 58253 | 87.38 | 728.2 |
| 5% | 24.27 | 145632 | 218.45 | 1820.4 |
| 10% | 48.54 | 291264 | 436.90 | 3640.8 |

| Côte Est du Cotentin | | | | |
|--|--------------------------------|------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| Surface exploitée | | 257.02 ha | | |
| Densité de poches | | 6000 poches / ha | | |
| Poids entéromorphes / poche | | 1.5 kg / poche | | |
| Poids récolté / heure | | 56 kg/ h/ personne | | |
| Différents scénarios | | | | |
| Pourcentage de surface régionale exploitée | Surface totale de récolte (ha) | Nb de poches récoltées | Poids total récoltable (tonnes) | Temps total estimé (heure) |
| 0.05% | 0.13 | 771 | 1.16 | 20.7 |
| 0.1% | 0.26 | 1542 | 2.31 | 41.3 |
| 0.5% | 1.29 | 7711 | 11.57 | 206.5 |
| 1% | 2.57 | 15421 | 23.13 | 413.1 |
| 2% | 5.14 | 30842 | 46.26 | 826.1 |
| 5% | 12.85 | 77106 | 115.66 | 2065.3 |
| 10% | 25.70 | 154212 | 231.32 | 4130.7 |

| Baie des Veys | | | | |
|--|--------------------------------|------------------------|------------------------|--------------------|
| Surface exploitée | | 166.76 ha | | |
| Densité de poches | | 6000 poches / ha | | |
| Poids entéromorphes / poche | | 1.5 kg / poche | | |
| Poids récolté / heure | | 110 kg/ h/ personne | | |
| Différents scénarios | | | | |
| Pourcentage de surface régionale exploitée | Surface totale de récolte (ha) | Nb de poches récoltées | Poids total récoltable | Temps total estimé |
| 0.05% | 0.08 | 500 | 0.75 | 6.8 |
| 0.10% | 0.17 | 1001 | 1.50 | 13.6 |
| 0.5% | 0.83 | 5003 | 7.50 | 68.2 |
| 1% | 1.67 | 10006 | 15.01 | 136.4 |
| 2% | 3.34 | 20011 | 30.02 | 272.9 |
| 5% | 8.34 | 50028 | 75.04 | 682.2 |
| 10% | 16.68 | 100056 | 150.08 | 1364.4 |

| Asnelles-Meuvinnes | | | | |
|--|--------------------------------|------------------------|------------------------------------|--------------------|
| Surface exploitée | | 53.49 ha | | |
| Densité de poches | | 4500 poches / ha | | |
| Poids entéromorphes / poche | | 1 kg / poche | | |
| Poids récolté / heure | | 20 kg/ h/ personne | | |
| Différents scénarios | | | | |
| Pourcentage de surface régionale exploitée | Surface totale de récolte (ha) | Nb de poches récoltées | Poids total récoltable (en tonnes) | Temps total estimé |
| 0.1% | 0.05 | 241 | 0.24 | 12.0 |
| 0.5% | 0.27 | 1204 | 1.20 | 60.2 |
| 1% | 0.53 | 2407 | 2.41 | 120.4 |
| 2% | 1.07 | 4814 | 4.81 | 240.7 |
| 5% | 2.67 | 12035 | 12.04 | 601.8 |
| 10% | 5.35 | 24071 | 24.07 | 1203.5 |

RÉSUMÉ :

Cette présente étude rentre dans le cadre du projet Entéromorphes qui a été mis en place pour proposer une activité de diversification pour les ostréiculteurs. En effet, la ressource naturelle et abondante de ces algues sur les concessions ostréicoles, le long des côtes normandes, est gênante pour la profession. Dans ce rapport, une évaluation des possibilités de ramassage des entéromorphes au niveau des zones conchylicoles a été réalisée. Les diverses expérimentations *in situ*, d'avril à août 2017, ont mis en évidence une variabilité de la croissance des entéromorphes en fonction du niveau bathymétrique et des caractéristiques et conditions climatiques du milieu. Un décalage de croissance entre la côte Est et la côte Ouest semble exister. Cependant, ces suivis doivent être prolongés pour l'année 2018 pour valider ou non les tendances de 2017. De plus, un effet négatif des pratiques culturales, notamment le retournement des poches, sur la croissance des entéromorphes a été prouvé et réduit considérablement la biomasse récoltable. Les ramassages avec les professionnels ont démontré un potentiel réel pour l'exploitation des entéromorphes avec un rendement de récolte moyen de 115 kg/h/personne. L'enquête qualitative réalisée auprès des ostréiculteurs a permis de se rendre compte que la profession est intéressée par cette diversification. Néanmoins, diverses informations relatives à l'administratif, à la valorisation des entéromorphes et aux marchés de cette activité manquent. Tous ces aspects sont déjà en cours d'étude depuis le début du projet et permettront d'apporter aux professionnels une vision plus concrète de l'activité.

Mots clefs: Enteromorpha – Suivi de croissance – Normandie – Ostréiculture – Diversification

ABSTRACT:

This study is part of the Enteromorpha project, which was set up to propose a diversification activity for oyster farmers. Indeed, the natural and abundant resource of these algae on oyster leases, along the Normandy coasts, is troublesome for the profession. In this report, an assessment was made of the possibilities for collecting enteromorpha at the level of shellfish growing areas was carried out. The various *in situ* experiments, from April to August 2017, revealed a variability in the growth of Enteromorpha according to the bathymetric level and the climatic characteristics and conditions of the environment. There seems to be a growth gap between the East and West coasts. However, these follow-ups must be extended for the year 2018 to validate or not the trends of 2017. In addition, a negative effect of cropping practices, in particular like return pockets, on Enteromorpha growth has been demonstrated and significantly reduces harvestable biomass. Collections with professionals have demonstrated a real potential for the Enteromorpha exploitation with an average harvest yield of 115 kg/h/person. The qualitative survey of oyster farmers revealed that the profession is interested in this diversification. Nevertheless, there is a lack of information on the administration, the valuation of Enteromorpha and the markets for this activity. All these aspects are already under study since the beginning of the project and will allow professionals to take a more concrete view of the activity.

Keywords: Enteromorpha – Monitoring Growth – Normandy – Oyster Farming – Diversification