



Projet REHAB

« Réhabilitation des claires ostréicoles de la CABANOR »

2018 – 2021

M. Mulot, S. Pien & R. Gallon

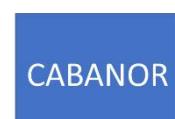
Mars 2023

*Avec le concours financier de l'Union européenne : Fonds
Européen pour les Affaires Maritimes et la Pêche (FEAMP)*

Financement



Partenariat Technique



PROJET REHAB : Réhabilitation des claires ostréicoles de la CABANOR 2018 – 2021

L'équipe du projet SNOTRA

Madison Mulot, Sébastien Pien, Suzy Moal, SMEL Synergie Mer Et Littoral (Blainville Sur Mer)

Régis Gallon, CNAM INTECHMER (Cherbourg-en-Cotentin)

Manuel Savary, Comité Régional de la Conchyliculture Normandie Mer du Nord (Gouville sur Mer)

Jean Lafosse, Maxime Letellier, Julien Lafosse, CABANOR (Blainville-sur-Mer)

Rédaction :

Madison Mulot, Sébastien Pien, Stéphanie Pétinay, SMEL Synergie MEr et Littoral (Blainville Sur Mer)

Régis Gallon, CNAM INTECHMER (Cherbourg-en-Cotentin)

Pour citer ce document

Mulot, M..¹, Pien, S.¹, Gallon, R.². Projet REHAB ; « Réhabilitation des claires ostréicoles de la CABANOR ». 2018 - 2021. 50p.

¹ SMEL, Blainville-sur-Mer

² CNAM INTECHMER, Cherbourg-en-Cotentin

Remerciements :

L'équipe REHAB tient à remercier tous les collaborateurs de chaque structure qui ont participé aux travaux autour de ce projet, aux financeurs (Europe, Etat et région Normandie), et aux conchyliculteurs de la CABANOR pour leur conseil et leur implication dans ce projet, aux cueilleurs professionnels pour leurs informations.

Table des matières

INTRODUCTION	1
I. LA NAVICULE.....	3
a) Généralités	3
1. Cycle de vie	3
2. Reproduction d' <i>Haslea ostrearia</i>	5
3. Cultures expérimentales	5
b) Mise en place d'une culture expérimentale d' <i>Haslea ostrearia</i>	8
1. Récupération de la navicule dans les claires de la CABANOR	8
2. Expérimentations sur le site d'INTECHMER	8
3. Expérimentations sur le site du SMEL	9
c) Résultats	11
1. Culture expérimentale mise en place au Cnam-Intechmer.....	11
2. Suivi physico-chimique de l'eau	12
3. Croissance d' <i>Haslea ostrearia</i>	13
4. Reproduction d' <i>Haslea ostrearia</i>	16
d) Discussion et conclusions.....	16
II. LA SALICORNE.....	19
a) Présentation de la salicorne.....	19
1. Généralités	19
2. Cycle de vie de <i>Salicornia europaea</i>	20
3. Valeurs nutritionnelles.....	21
4. Données économiques	22
b) La culture expérimentale de salicornes.	22
1. Extraction des graines.....	22
2. Stratification et Levée de dormance	25
3. L'irrigation.....	26
4. La salinité.	29

PROJET REHAB : Réhabilitation des claires ostréicoles de la CABANOR 2018 – 2021

5.	La croissance	30
6.	Aspects réglementaires et économiques	40
	BIBLIOGRAPHIE	44

Table des illustrations

Figure 1 : Vue aérienne des claires de la CABANOR situées à Blainville-sur-Mer et schéma du fonctionnement de ces claires (Fermey-Paris & Pien, 2017).....	1
Figure 2 : Évolution pigmentaire d' <i>Haslea ostrearia</i> (Robert, 1973).....	3
Figure 3 : Adapté de Falaise, 2019. Efflorescence d' <i>Haslea ostrearia</i>	3
Figure 4 : Cycle de vie d' <i>Haslea ostrearia</i> réalisé à partir d'observations microscopiques (obj. x40)	4
Figure 5 : Représentation expérimentale de la culture d' <i>Haslea ostrearia</i> dans des cuves de 500 litres puis mise dans un étang de 10m ³ avec un système de filtration (Turpin et al., 2001)	6
Figure 6 : tographie des photobioréacteurs utilisés pour la culture d' <i>Haslea ostrearia</i> par le laboratoire de l'UQAR (Gastineau et al., 2014)	7
Figure 7 : Photo du bassin de stockage contenant <i>Haslea ostrearia</i> (@ M. Mulot)	8
Figure 8 :Photo de la claire utilisée pour la culture expérimentale d' <i>Haslea ostrearia</i> à la CABANOR (© M. Mulot)...	8
Figure 9 : Système de filtration utilisé pour concentrer <i>Haslea ostrearia</i> sur un filtre fibre de verre (@ M. Mulot).....	9
Figure 10 : Photo du ballon (1) et des quatre erlenmeyers (2 : filtres + milieu de Conway + métasilicate, 3 : filtre (témoin) , 4 : algues contenues dans le bassin, 5 : branchie verdie par <i>Haslea ostrearia</i>) mise à une température de 18°C et avec un éclairement constant (@ M. Mulot).....	9
Figure 11 : Photo du bac installé pour le développement d' <i>Haslea ostrearia</i> dans un bain-marie à 18°C avec une luminosité de 16 heures et une obscurité de 8 heures (@ M. Mulot).....	10
Figure 12 : Observation microscopique (obj. x40) du zooplancton (Le Cnam-Intechmer)	12
Figure 13 : Observation microscopique (obj. x40) d' <i>Haslea ostrearia</i> en bleu et de <i>Nitzschia</i>	12
Figure 14 : Graphique du suivi sur 35 jours de la température (°C) du bac de culture d' <i>Haslea Ostrearia</i> (@ M. Mulot)	12
Figure 15: Graphique du suivi sur 35 jours du ph et de la salinité (PSU) du bac de culture d' <i>Haslea Ostrearia</i> (@M. Mulot)	12
Figure 16 : Graphique du suivi sur 35 jours de la température (°C) et de la luminosité (lux) du bac de culture d' <i>Haslea ostrearia</i> (@M. Mulot)	13
Figure 17 : Graphique du suivi sur 35 jours du pH et de la salinité (PSU) du bac de culture d' <i>Haslea ostrearia</i> (@M. Mulot)	13
Figure 18 : Graphique des différentes phases de croissance d' <i>Haslea ostrearia</i> du premier au 35e jour (1 : phase de latence, 2 : phase exponentielle, 3 : phase de ralentissement, 4 : phase stationnaire et 5 : phase de déclin) avec des photos montrant l'intensité de la coloration des branchies par la marenne (@M. Mulot).....	14
Figure 19 : Observation microscopique (obj. x40) de <i>Nitzschia closterium</i> contenue dans l'erlenmeyer enrichi avec le milieu de Conway et du métasilicate (@M. Mulot).....	15
Figure 20 : Schéma expérimental d'une claire ostréicole vue de haut pour la culture en masse de navicules et permettre le verdissement des branchies d'huître (@M. Mulot).....	17
Figure 21 : Schéma expérimental pour la culture en masse de navicules et permettre le verdissement des branchies d'huître dans un bassin de stockage (@M. Mulot)	18
Figure 22 :Photo de <i>Salicornia europaea</i> (@M. Mulot).....	19

PROJET REHAB : Réhabilitation des claires ostréicoles de la CABANOR 2018 – 2021

Figure 23 : Plant de salicornes en fleurs (@M. Mulot).....	19
Figure 24 : Principe de la coupe de salicornes avec une fauille (Fermey-Paris & Pien, 2017).....	20
Figure 25 : Caractéristiques climatiques et du sol pour une culture de salicornes (Tela Botanica).....	21
Figure 26 : Résultats visuels de l'extraction de graines.....	24
Figure 27 : Photo des jardinières pour la culture de salicornes avec du sédiment prélevé au pont de la Roque (A : graines extraites avec la tamiseuse, B : graines extraites au blender, C : graines extraites avec la Minibatt®)	25
Figure 28 : Stades de développement des graines de <i>Salicornia europaea</i> observées sous une loupe binoculaire (@M. Mulot)	26
Figure 29 : Ensemble du dispositif expérimental installé a INTECHMER (@ R. Gallon)	27
Figure 30 : Illustration des différents rythmes d'irrigation en fonction des couleurs de buses (@ R. Gallon)	27
Figure 31 : Résultats de croissance au 27 mai 2020 en fonction des différents rythmes d'irrigation (couleur des buses).	28
Figure 32 : Nombre de pieds observés au cours des différentes biométries.	28
Figure 33 : Croissance des plants de salicornes en fonction de différentes salinités.	29
Figure 34 : Etat de la claire au 15 mai 2019 en tout de débit de vives eaux (coefficient de 67).	30
Figure 35 : Schéma et photo des bacs de cultures de la première année (@S. Pien)	31
Figure 36 : Niveau d'inondation des bacs durant l'expérimentation.	31
Figure 37 : Situation au 13 février 2020	32
Figure 38 : Situation au 10 mars 2020.	32
Figure 39 : Etat de chaque bac de culture avant la récolte finale et état de la claire dans laquelle pousse naturellement de la salicorne.	32
Figure 40 : Plan des bacs dans la claire	34
Figure 41 : Plan d'expérimentation des coupes dans chaque bac d'expérimentation.	35
Figure 42 : Graphique de suivi des paramètres physico-chimiques.....	36
Figure 43 : Suivi photographique des salicornes semées dans les bacs installes dans la claire de la CABANOR (@M. Mulot)	37
Figure 44 : Croissance en fonction de la hauteur de culture.	38
Figure 45 : Croissance en fonction de la densité de semis (en graines par bac).	38

Tableaux

Tableau 1 : Adapté de Poulin et al., 2019. Paramètres de culture d'Haslea ostrearia.....	11
Tableau 2 : Caractéristiques nutritionnelles de la salicorne (www.passeprotsante.net)	21
Tableau 3 : Résultats de germination en fonction de la méthode d'extraction.....	25
Tableau 4 : Synthèse de la biométrie sur le lot complet.	33
Tableau 5 : Calendrier des différentes mesures effectuées sur les salicornes dans la claire. Ligne 1 : dénomination de la semaine de mesure. Ligne 2 : Date de mesure	34
Tableau 6: Poids commercial total de salicornes en fonction du nombre de coupes par saison et par quadrat de 0.24 m ² (en g)	39
Tableau 7 : Poids commercial total de salicornes en fonction du nombre de coupes par saison (g/m ²)	40
Tableau 8 : Prix de vente des salicornes d'après une enquête effectuée auprès de différents clients potentiels durant l'été 2021.....	41
Tableau 9 : coût estimatif de matériels nécessaire à la culture de salicorne par claire.	42

INTRODUCTION

La CABANOR est une coopérative conchylicole de la Manche implantée à Blainville-sur-Mer spécialisée dans l'ostréiculture. Sa création remonte à 1975 et son activité a démarré en 1981. Cette zone comprend des hangars, des dégorgoirs et 42 claires ostréicoles de 75 m de long, 10 m de large et 0,80 m de profondeur appartenant à seize sociétés ostréicoles. L'alimentation des claires se fait au moyen d'un chenal dont la source se situe au niveau de la digue artificielle (fig. 1)

Les claires ont un sol vaseux fait de tangue, il s'agit de sable à base de débris coquilliers calcaires, de limons et d'argiles. Ces caractéristiques confèrent une certaine étanchéité aux claires. Elles étaient, à l'origine, destinées à l'affinage des huîtres sur le modèle de Charente-Maritime.

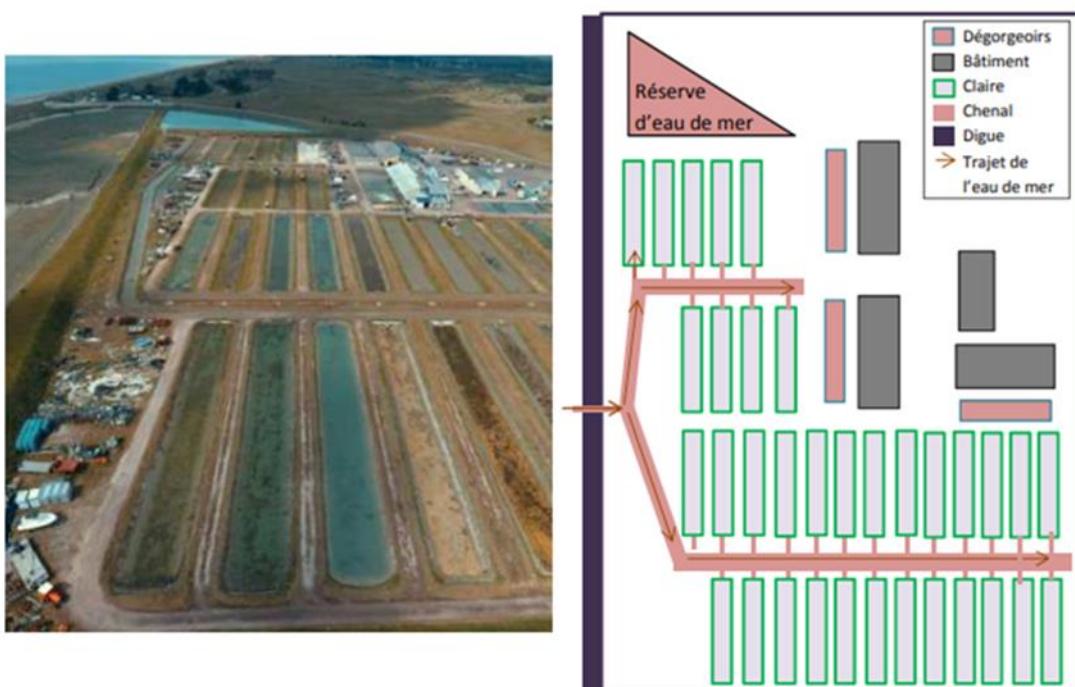


Figure 1 : Vue aérienne des claires de la CABANOR situées à Blainville-sur-Mer et schéma du fonctionnement de ces claires (Fermey-Paris & Pien, 2017)

Malheureusement, les conditions rencontrées ne permettent qu'un affinage trop aléatoire pour donner la possibilité aux ostréiculteurs de commercialiser leurs huîtres sous une appellation de type « fines de claires ». De ce fait, les claires, plus ou moins utilisées comme simple bassin de stockage, ont pu faire l'objet d'expérimentation diverses (éclosion d'œufs de seiches...) ou plus simplement abandonnées et envahies par différentes plantes halophytes telles l'obione, l'aster maritime ou la salicorne européenne.

En 2017, après discussions auprès de différents concessionnaires de claires ostréicoles, il fut décidé, en un premier temps, d'évaluer la possibilité de cultures de la salicorne qui donna lieu à un premier travail bibliographique (Fermey-Paris & Pien, 2017). Cette étude a permis de montrer qu'il existe plusieurs méthodes

de cultures de cette plante en France, de l'extensif qui peut être considéré comme cueillette en Picardie à l'intensif hors sol en Bretagne. Cependant, le modèle qui a retenu l'attention et qui semblait adaptable aux conditions de la CABANOR était le modèle charentais. En effet, depuis une vingtaine d'années, certains conchyliculteurs de Marennes Oléron utilisent d'anciens marais salants pour cultiver la salicorne, apportant une diversification à leur activité.

En présentant les résultats de ces travaux, il a semblé important de poursuivre cette étude par des tests à petite échelle dans les conditions de la CABANOR afin d'évaluer la possibilité de culture dans les claires. Toutefois, certains ostréiculteurs souhaitaient que l'étude puisse également refaire le point sur les capacités des claires à affiner les huîtres par la culture de la microalgue *Haslea ostrearia*, plus connue sous le nom de navicule et « responsable » de l'affinage des huîtres en claire ostréicole. De cette réflexion, le projet REHAB ou « *REHABilitation des claires ostréicoles de la CABANOR* » a pu voir le jour avec deux parties assez distinctes :

- Réévaluation de la possibilité d'affinage des huîtres.
- Culture de la salicorne.

Ce projet est financé à 80% par les fonds européens du DLAL FEAMP impliquant l'Europe (50% du financement) et la région Normandie (50% du financement). Il s'est déroulé de 23 octobre 2018 au 30 août 2021. Ce travail a été réalisé par le SMEL et INTECHMER, avec la collaboration active de conchyliculteurs de la CABANOR et du Comité Régional de la Conchyliculture Normandie Mer du Nord.

Les résultats sont présentés en deux parties bien distinctes avec la partie dite « *Navicule* » en un premier temps et la partie dite « *Salicorne* » en un second temps.

I. LA NAVICULE.

a) Généralités.

1. Cycle de vie

Haslea ostrearia est une espèce de diatomées de la famille des Naviculaceae, dont la taille est comprise entre 60 et 120 µm de longueur et entre 6 et 12 µm de largeur en milieu naturel (Prasetya, 2015). Les diatomées sont des algues microscopiques caractérisées par la présence d'une paroi cellulaire en silice, nommée le frustule constitué de deux valves siliceuses distinctes : l'épivalve et l'hypovalve séparées par une zone connective (fig.2) (Gastineau, 2011).

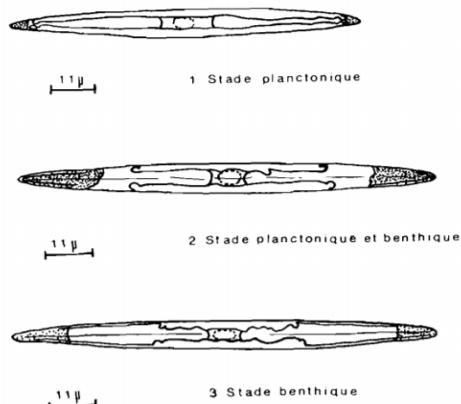


Figure 2 : Évolution pigmentaire d'*Haslea ostrearia* (Robert, 1973)



Figure 3 : Adapté de Falaise, 2019. Efflorescence d'*Haslea ostrearia*.

Elles sont ubiquistes, c'est-à-dire qu'elles sont présentes dans tous les milieux (eaux douces, eaux salées, marais salants, eaux froides et tropicales). Principales constituantes du phytoplancton, elles sont responsables d'environ 45 % de la production primaire des océans (Benoiston *et al.*, 2017).

Haslea ostrearia est une micro-algue photosynthétique, elle possède des pigments tels que la chlorophylle *a* et *c* ainsi que de la diatoxanthine, fucoxanthine et de la dinoxanthine. Elle est euryhaline, ce qui lui permet de vivre à des salinités variables ; elle résiste aux fortes intensités lumineuses. Ces deux capacités sont donc intéressantes pour son utilisation en claire ostréicole car la hauteur d'eau est faible et la salinité est variable à cause de l'évaporation et des apports en eau douce avec la pluviométrie (Gastineau, 2011).

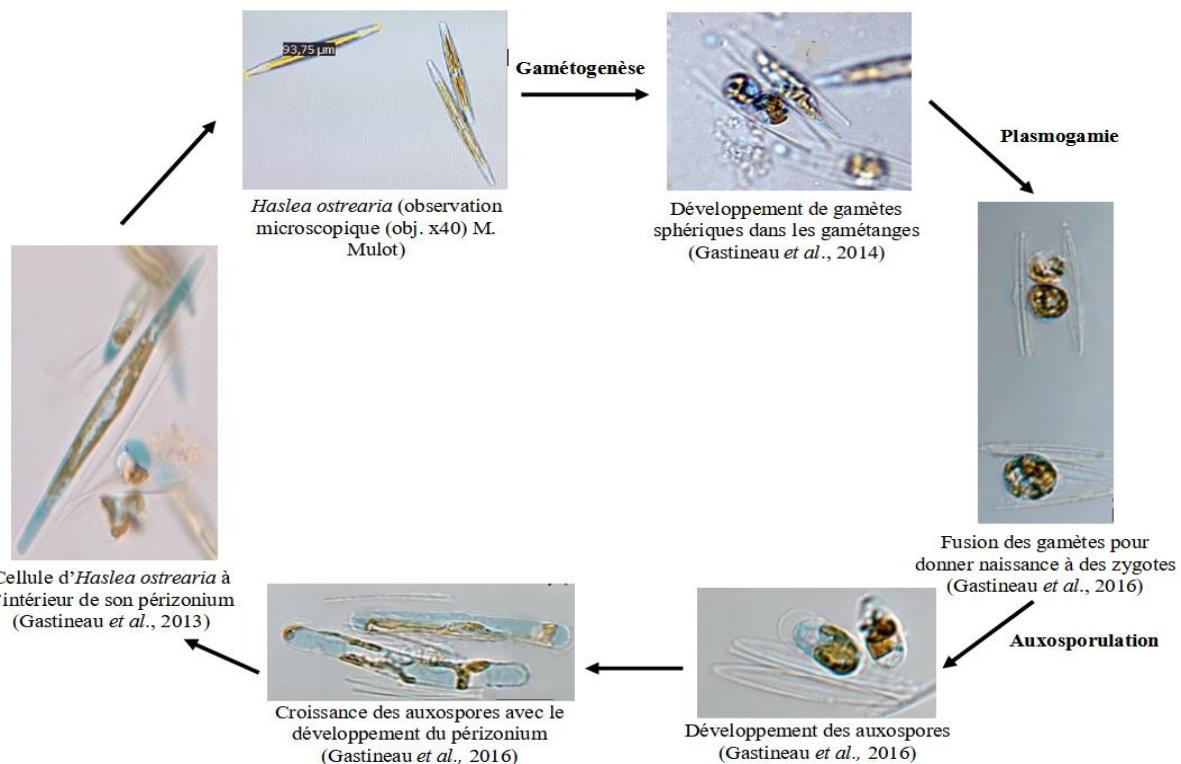


Figure 4 : Cycle de vie d'*Haslea ostrearia* réalisé à partir d'observations microscopiques (obj. x40)

Les navicules vivent à l'état planctonique sur le littoral, elles s'introduisent dans les claires en fonction des marées. Elles deviennent benthiques sur le sol argileux de la claire, puis se multiplient et bleuissent ; elles forment un biofilm (fig.3). Quand les cellules de la navicule meurent, une lyse cellulaire se produit et entraîne la libération de marenneine contenue dans des vésicules (cf. fig.4). Cette substance organique pigmentée et hydrophile est à l'origine du verdissement des huîtres. Ce nom a été donné par Lankester en 1886 en référence à la ville de Marennes-Oléron, où la marenneine a été découverte (Robert *et al.*, 2002). La durée du phénomène est variable, elle est en moyenne d'une quinzaine de jours (Gastineau, 2011).

L'huître, pour se nourrir, provoque un courant d'eau continu et rapide entre ses valves. Elle filtre environ deux litres d'eau par heure et se nourrit de phytoplancton. La marenneine est alors absorbée et se fixe sur les branchies des huîtres dans les mucocytes, qui produisent et excrètent le mucus. Ce pigment donnera une couleur verdâtre au niveau de leurs branchies et de leurs palpes labiaux en quelques jours. L'intensité de la couleur est variable en fonction du pH du milieu ; elle tendra vers le bleu en milieu acide et vers le vert à pH neutre ou basique (Robert *et al.*, 2002). Il existe deux sortes de marenneine : intracellulaire, le bivalve filtreur ingère *H. ostrearia* ou extracellulaire, le bivalve filtre la marenneine libérée dans le milieu (Mejdandzic *et al.*, 2017). L'évolution pigmentaire de la navicule se présente sous trois stades, le premier est dit « planctonique » avec une pigmentation quasi nulle, les chloroplastes et le noyau sont visibles. Le second stade « planctonique et benthique », les chloroplastes sont plus courts et il y a une forte quantité de marenneine. Le troisième et dernier stade « benthique », la zone pigmentaire est plus claire et a diminué de volume (Robert, 1973).

2. Reproduction d'*Haslea ostrearia*

Les navicules ont une reproduction sexuée, cette étape est importante dans leur cycle de vie, car la taille des cellules diminue suite aux divisions végétatives.

La mitose se fait par séparation des deux valves du frustule de la cellule mère. Chaque cellule fille récupère une valve de la cellule mère et en sécrète une seconde de petite taille. Ce phénomène empêche de maintenir la culture en laboratoire sur le long terme (maximum 2-3 ans en culture batch) car les cellules finissent par avoir des formes tératogènes (malformations) et leur état physiologique diminue (Gastineau, 2011).

Lorsque les cellules ont divisé par deux leur taille et si les conditions le permettent, les diatomées commencent l'auxosporulation. Elle consiste à donner naissance à une nouvelle diatomée de grande taille. Généralement, avant l'auxosporulation, il y a une reproduction hétérothallique où des gamètes sphéroïdes sont produits par des gamétocystes sexuellement compatibles (gamétogenèse) (Davidovich *et al.*, 2009) (fig.4). Les gamètes possèdent la même morphologie, ils ne peuvent donc pas être classés comme femelle ou mâle, on parle de type + ou type -.

Les gamètes fusionnent par plasmogamie (fusion des cytoplasmes de deux gamètes) pour donner naissance à une auxospore (zygote des diatomées) constituée de deux noyaux. En s'allongeant elle permet de restaurer la taille initiale des diatomées (60 à 120 µm de longueur et 6 à 12 µm de largeur). Elle se développe grâce à la formation d'une paroi silicatée qui formera le frustule et s'entoure d'une épaisse capsule mucilagineuse, le périzonium.

Lorsque l'élongation est terminée, il y a formation de l'épithèque et de l'hypothèque, la cellule initiale peut alors se libérer du périzonium pour commencer un nouveau cycle (Davidovich *et al.*, 2009).

3. Cultures expérimentales

Les prélèvements d'*Haslea ostrearia* sont généralement réalisés dans le milieu naturel de cette diatomée. La souche est ensuite placée dans un erlenmeyer de 500 mL, puis dans un ballon de 2 litres et pour finir dans un bac de 25 litres par repiquage successif afin de garder la souche en phase exponentielle. L'eau de mer est enrichie avec le milieu NPSi : 3 sels nutritifs et 2 métaux : azote (350 µmol/litre), phosphore (35 µmol/litre), silice (140 µmol/litre), fer (7 µmol/litre) et manganèse (3,5 µmol/litre). Les cultures sont ensuite transférées dans des bacs de 500 litres placés sous une serre horticole. Après huit jours, le verdissement des bassins est visible (Turpin, 1999).

Hussenot & Brossard (1995) ont également essayé de mettre en place une culture de diatomées en masse dans un bassin en béton. Ils ont installé un diffuseur d'air et des capteurs de l'irradiance lumineuse. L'eau de mer

utilisée pour le remplissage du bassin était filtrée à 250 µm pour éviter l'introduction d'espèces non désirées. Une sonde permet de prendre la température, le pH et la salinité. Le volume de renouvellement de l'eau dépend de la température de l'eau. Ils ont montré que pour avoir un verdissement optimal des branchies des huîtres, il fallait maintenir la culture à une température comprise entre 10,9 et 14°C, une salinité aux alentours de 28 et un pH moyen de 8,2.

En 2001, Turpin *et al.* ont réalisé une culture de masse en plein air de la diatomée *Haslea ostrearia*. Elle a été cultivée dans des cuves de 500 litres sous une serre à proximité d'étangs. L'eau provenant du marais expérimental d'Ifremer Poitou-Charentes a été filtrée pour éliminer des espèces non désirées avant d'être mise

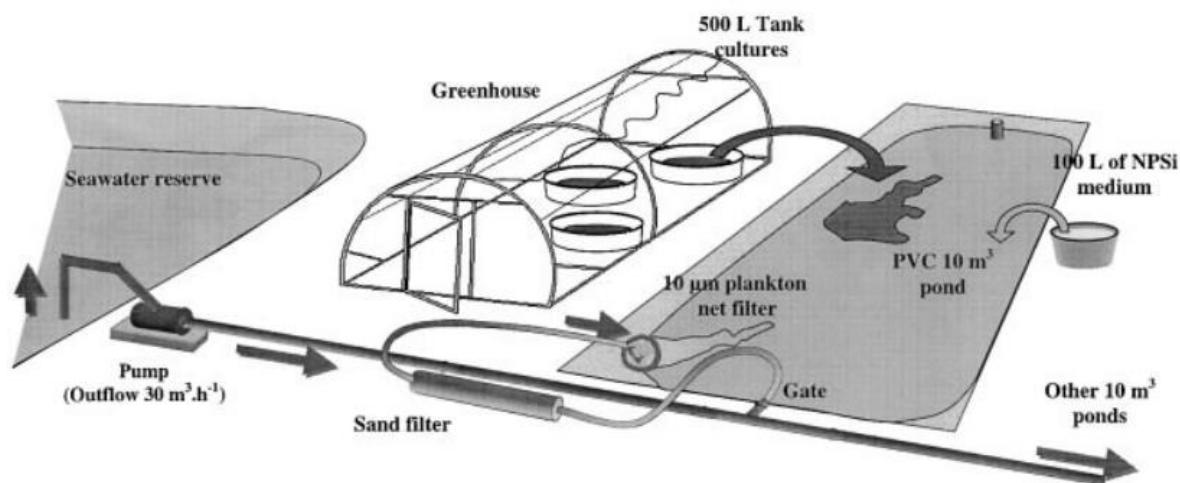


Figure 5 : Représentation expérimentale de la culture d'*Haslea ostrearia* dans des cuves de 500 litres puis mise dans un étang de 10m³ avec un système de filtration (Turpin *et al.*, 2001)

dans les étangs (fig.5). La température de l'eau était de 15°C et enrichie avec le milieu NPSi. Les étangs ont été équipés d'un liner blanc afin d'assurer l'étanchéité et d'éviter les échanges entre le sédiment et la colonne d'eau. Le biofilm benthique formé par *Haslea ostrearia* était facilement remis en suspension et le nettoyage des bassins ainsi facilité (Turpin *et al.*, 2001).

D'autres chercheurs ont proposé des méthodes pour produire une grande quantité de marenne (Gastineau & al, 2014). Ces derniers ont utilisé des photo-bioréacteurs (200 litres) de type cylindrique en polyéthylène à fond plat recouvert de verre acrylique avec une lumière fournie par des tubes fluorescents. Le niveau d'irradiance était de 180 µmol de photons/m²/s, sous une température de 19,5°C avec un cycle de 14 heures de lumière et 10 heures d'obscurité. L'air pré-filtré est alimentée dans l'espace vide du réservoir (au-dessus de la surface d'eau) afin de maintenir une pression positive à l'intérieur de celui-ci (fig. 6). Cela permet également d'assurer un mouvement lent de l'eau de mer contenue dans la cuve et donc le renouvellement des nutriments (fer et silicates) pour les cellules d'*Haslea ostrearia*. La souche de navicule utilisée a été fournie

par la Nantes Culture Collection. Les photo-bioréacteurs permettent la culture de micro-organismes photosynthétiques en conditions axéniques, c'est-à-dire exemptés de pathogènes. Les systèmes fermés permettent l'optimisation de la productivité. La composition du milieu de culture est essentielle pour les micro-algues. Les nutriments sont divisés en deux classes, les macronutriments et les micronutriments.

Les macronutriments sont le carbone, l'azote pour la production de pigments et de protéines, la silice constituant le frustule, le phosphate pour la production d'énergie chimique (ATP), l'hydrogène, le calcium, le magnésium et le potassium. Les micronutriments sont le fer, le brome, le cuivre, le manganèse, le cobalt, le sélénium ainsi que des vitamines.

L'agitation est considérée comme le paramètre le plus important, car elle favorise l'homogénéité de la salinité, du pH, de la biomasse et de la température de l'eau contenue dans le photo-bioréacteur (Nghiem-Xuan, 2019).



*Figure 6 : tographie des photobioréacteurs utilisés pour la culture d'*Haslea ostrearia* par le laboratoire de l'UQAR (Gastineau et al., 2014)*

Poulin *et al.*, (2019) ont réalisé un échantillonnage d'*Haslea ostrearia* en raclant les bords d'un étang en Baie de Bourgneuf (44) à l'aide d'un couteau. Les cellules de la navicule ont été isolées avec des micro-pipettes sous un microscope optique inversé. Ces dernières ont été mises en suspension dans un milieu de culture contenant de l'eau de mer artificielle, maintenu à 16°C avec un éclairage de 14 heures (lampe fluorescente blanc froid) et 10 heures d'obscurité. Elles sont maintenues dans la Nantes Culture Collection (NCC) de l'Université de Nantes.

b) Mise en place d'une culture expérimentale d'*Haslea ostrearia*

1. Récupération de la navicule dans les claires de la CABANOR

Haslea ostrearia est présente rarement et aléatoirement dans les claires ostréicoles de la CABANOR. La présence des algues vertes et des micro-algues benthiques, qui colonisent la surface de la claire pour se développer, ont généralement tendance à former un biofilm (fig.7). Ces espèces consomment de manière excessive l'oxygène, ce qui provoque une hypoxie du milieu. Cela rend difficile la culture de navicule et donc la libération de marenne dans ces claires. En effet, l'oxygène constitue environ 50 % de la masse moléculaire de la marenne (Pouvreau *et al.*, 2006).

Des huîtres avaient été placées le 22 mars 2021 dans des paniers australiens, mais le manque d'oxygène n'a pas permis de les maintenir en vie. La décision a donc été prise de nettoyer la claire des algues afin de pouvoir remettre des huîtres en suspension dans des paniers australiens. Cependant, la claire a été de nouveau fortement colonisée par les algues vertes et l'expérimentation suspendue.



Figure 8 : Photo de la claire utilisée pour la culture expérimentale d'*Haslea ostrearia* à la CABANOR (© M. Mulot)



Figure 7 : Photo du bassin de stockage contenant *Haslea ostrearia* (@ M. Mulot)

Un ostréiculteur a informé le SMEL de la présence de navicules dans un des bassins de stockage (fig. 8). Deux échantillons d'eau de 40 litres ont été prélevés afin d'essayer d'isoler *Haslea ostrearia*. L'objectif est de tester une production expérimentale ou tout au moins de conserver la souche et de la produire en masse.

2. Expérimentations sur le site d'INTECHMER

Des cultures ont été lancées à partir de deux flacons de deux litres. Six cultures de 660 ml ont été réalisées, 2 avec le milieu F/2 (NO_3 , PO_4 , Si et vitamines : thiamine, cyanocobalamine et biotine), 2 avec le milieu 1/2 F/2 et 2 avec le milieu ES. Suite à une filtration sur papier filtre, deux cultures de 100 ml ont été effectuées avec le milieu f/2. Les manipulations sont réalisées en conditions stériles. Les erlenmeyers sont placés à la lumière naturelle et le renouvellement des cultures est réalisé une fois par semaine.

3. Expérimentations sur le site du SMEL

Isolement d'Haslea ostrearia sur un filtre

L'eau du bassin contenant la navicule est filtrée grâce à un système de pompe à vide afin de la concentrer sur un filtre GF/C fibre de verre avec un seuil de rétention de 1,2 µm (fig.9).Les trois filtres ont été



Figure 9 : Système de filtration utilisé pour concentrer *Haslea ostrearia* sur un filtre fibre de verre (@ M. Mulot)

placés dans des erlenmeyers stérilisés pendant 45 minutes à 120°C. Un des erlenmeyers contient un filtre sans enrichissement avec le milieu de Conway, un autre avec deux filtres contenant du milieu de Conway 1 ml et du métasilicate 0,5 ml. Le troisième contient une branchie d'huître verdie par *Haslea ostrearia* et le quatrième des algues vertes provenant du bassin. L'eau récupérée après filtration est placée dans un ballon à fond plat de 1 litre avec un bulleur, 4 ml du milieu de Conway et 2 ml de métasilicate sont ajoutés. Ces flacons sont placés dans une salle éclairée à une température de 18°C (fig.10).

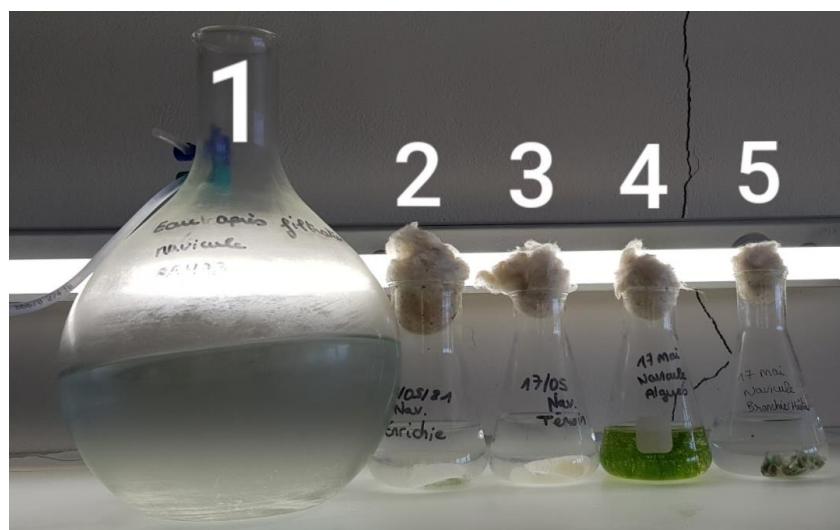


Figure 10 : Photo du ballon (1) et des quatre erlenmeyers (2 : filtres + milieu de Conway + métasilicate, 3 : filtre (témoin), 4 : algues contenues dans le bassin, 5 : branchie verdie par *Haslea ostrearia*) mise à une température de 18°C et avec un éclairement constant (@ M. Mulot)

Développement d'*Haslea ostrearia*

Un bac contenant 60 litres d'eau du bassin a été placé dans un bain-marie à 18°C avec un éclairement de 16 heures et une obscurité de 8 heures. Des morceaux de corde, de ficelle et de plastique ont été ajoutés à l'intérieur de ce dernier afin de permettre à *Haslea ostrearia* de se fixer dessus et de se développer (fig.11).



Figure 11 : Photo du bac installé pour le développement d'*Haslea ostrearia* dans un bain-marie à 18°C avec une luminosité de 16 heures et une obscurité de 8 heures (@ M. Mulot)

Du milieu de Conway (60 ml) a été ajouté ainsi que 30 ml de métasilicate. Des huîtres sont placées à l'intérieur pour observer le verdissement et ainsi l'évolution d'*Haslea ostrearia*. Deux lames de microscope sont installées au fond du bac pour pouvoir observer la navicule au microscope.

Un comptage des cellules contenues dans le bac est réalisé avec une cellule de Malassez. Elle permet de compter le nombre de cellules en suspension dans ce dernier et d'observer la croissance d'*Haslea ostrearia*.

Déclenchement de la reproduction

Pour déclencher la reproduction d'*Haslea ostrearia*, celle-ci a été placée en conditions hivernales. Un bac contenant de l'eau de mer à 10°C a été installé avec un éclairement de 8 heures pour une obscurité de 16 heures. L'eau est enrichie avec le milieu de Conway et du métasilicate. L'intensité lumineuse est inférieure à 2 500 lux (Falaise, 2019). Pour permettre la fixation d'*Haslea ostrearia*, des huîtres ont été ajoutées dans le bac pendant trois jours afin qu'elles libèrent du mucus dans l'eau pour ainsi favoriser la fixation de la navicule. Ensuite, les huîtres ont été retirées et de l'eau prélevée du bac, contenant de la navicule, chauffée à 18°C, a été ajoutée.

Suivi physico-chimique de l'eau contenue dans le bac de culture

Les paramètres physico-chimiques suivis sont le pH, la salinité, la température, l'oxygène dissous et la luminosité. Ils sont relevés dans le bac installé pour la culture d'*Haslea ostrearia* et sont obtenus grâce à une sonde YSI Pro DSS. Il est important de relever ces paramètres, car ils influencent la croissance de la navicule. La luminosité doit être supérieure à 3 000 lux, la salinité est comprise entre 20 et 40 %o, la température doit être aux alentours de 16,5°C et le pH supérieur à 6,8. La photopériode recommandée est de 14 heures de jour et 10 heures d'obscurité (Tableau 1) (Poulin *et al.*, 2019).

Paramètres de culture d' <i>Haslea ostrearia</i>	
Luminosité	> 3000 lux
Photopériode (Jour : Nuit)	14 : 10 h
pH	≥ 6,8
Salinité	20 – 40 %o
Température	≈ 16,5 °C

Tableau 1 : Adapté de Poulin *et al.*, 2019. Paramètres de culture d'*Haslea ostrearia*.

c) Résultats

1. Culture expérimentale mise en place au Cnam-Initechmer

Toutes les semaines, des prélèvements ont été réalisés pour observer au microscope la présence ou non d'*Haslea ostrearia*. Durant les premières semaines, la navicule était présente. Cependant, la micro-algue *Nitzschia closterium* est apparue très rapidement, à ce même moment, les navicules étaient moins présentes, voire absentes (fig.12). Du zooplancton a également été observé, son abondance et sa taille ont légèrement augmenté au cours du temps (fig.13). Cette présence coïncide avec la disparition de *Nitzschia closterium* et la réapparition des navicules.

Haslea ostrearia a fini par entrer en phase de déclin et disparaître complètement probablement due à une forte compétition pour les nutriments entre les espèces présentes dans la culture.



Figure 13 : Observation microscopique (obj. x40) d'*Haslea ostrearia* en bleu et de *Nitzschia*

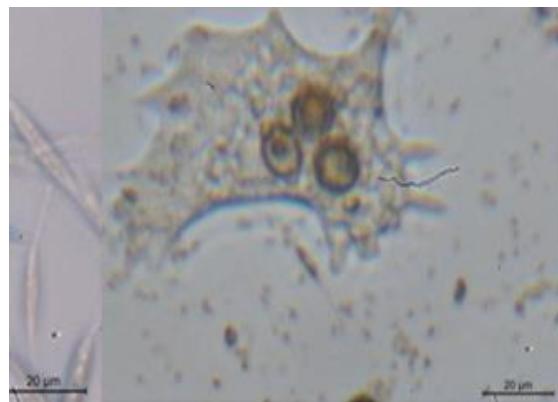


Figure 12 : Observation microscopique (obj. x40) du zooplancton (Le Cnam-Initechmer)

2. Suivi physico-chimique de l'eau

Le suivi physico-chimique a été réalisé du premier jour d'apparition d'*Haslea ostrearia* jusqu'à sa disparition. D'après Poulin *et al.*, (2019) les paramètres de culture recommandés sont un pH supérieur ou égal à 6,8, une salinité comprise entre 20 et 40 ‰, une température aux alentours de 16,5°C et une luminosité supérieure à 3 000 lux.

Il existe probablement un lien entre la température, la salinité et le pH de l'eau du bac. Les trois premiers jours, les paramètres sont stables. Entre le troisième et le quatrième jour, il y a une augmentation de l'intensité lumineuse de 3 459 lux à 3 821 lux et de la température, elle passe de 16,6°C à 18,5°C (fig.14). Suite à cette augmentation, le pH de l'eau a diminué de 8 à 7,94 (fig.15). Au neuvième jour, la température a diminué, elle est à 18°C.

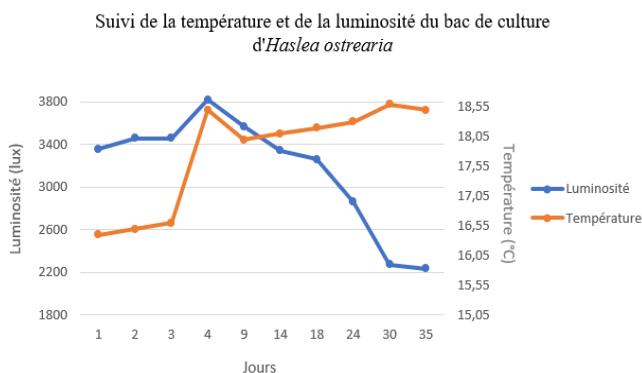


Figure 14 : Graphique du suivi sur 35 jours de la température (°C) du bac de culture d'*Haslea Ostrearia* (@ M. Mulot)

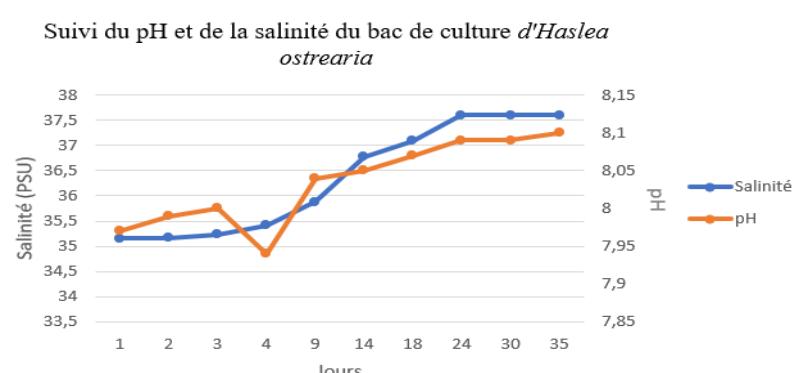


Figure 15: Graphique du suivi sur 35 jours du ph et de la salinité (PSU) du bac de culture d'*Haslea Ostrearia* (@M. Mulot)

Ensuite, elle croît légèrement jusqu'à 18,5°C le 35^e jour alors que la luminosité diminue. La température de l'eau ne dépend pas de l'intensité lumineuse, l'eau étant thermorégulée.

Cette variation de température est probablement due au fonctionnement de la régulation thermique qui varie de $\pm 1^{\circ}\text{C}$. La diminution de l'intensité lumineuse, entre le quatrième (3 821 lux) et le 35^e jour (2 233 lux), est probablement due à une baisse d'intensité des lampes néon (fig.58). En effet, au bout de 1 600 heures d'éclairage, elles doivent être changées pour retrouver un éclairement optimal. Après la chute du pH de l'eau du bac, il augmente entre le quatrième et le neuvième jour, passant de 7,94 à 8,04 et il se stabilise au 24^e jour à 8,09 (fig.59). Cette augmentation est corrélée avec la température. La salinité croît légèrement entre le premier (35,15 PSU) et le 24^e jour (37,6 PSU) et ensuite, elle se stabilise aux alentours de 37,6 PSU (fig.59). La température et la salinité ont augmenté avec l'évaporation de l'eau. L'absence de renouvellement de l'eau du bac engendre aussi une augmentation de la salinité.

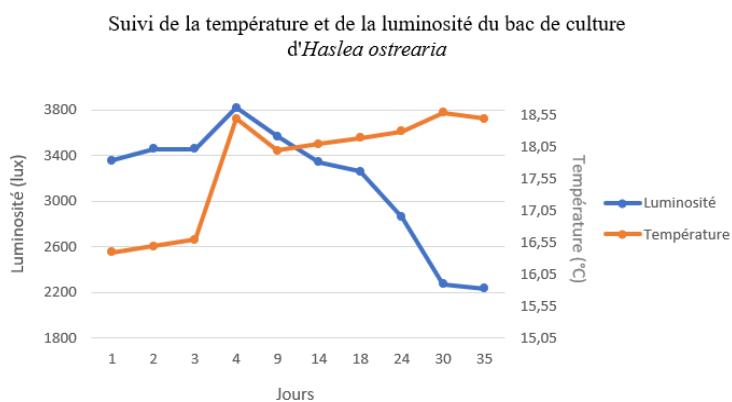


Figure 16 : Graphique du suivi sur 35 jours de la température ($^{\circ}\text{C}$) et de la luminosité (lux) du bac de culture d'*Haslea ostrearia* (@M. Mulot)

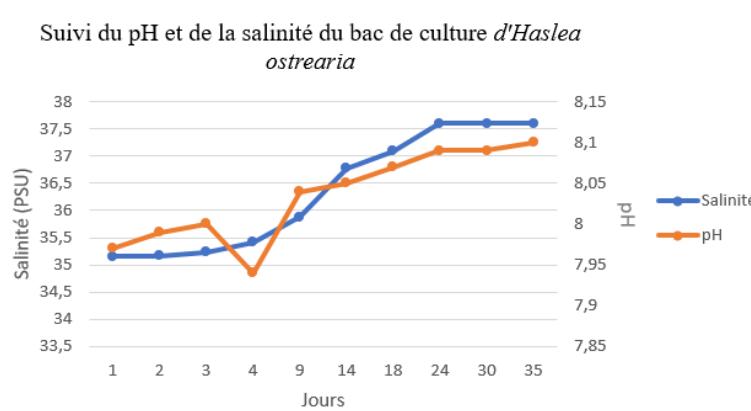


Figure 17 : Graphique du suivi sur 35 jours du pH et de la salinité (PSU) du bac de culture d'*Haslea ostrearia* (@M. Mulot)

3. Croissance d'*Haslea ostrearia*

A l'aide de la cellule de Malassez et des observations microscopiques, une courbe de croissance d'*Haslea ostrearia* contenue dans le bac expérimental est obtenue (fig.18). Du premier au quatrième jour, elle est en phase de latence, c'est le temps nécessaire pour qu'elle s'adapte à son nouveau milieu. Les paramètres de culture (température, luminosité, salinité et pH) sont stables (figs.16 & 17). Après le quatrième jour, elle est en phase exponentielle jusqu'au huitième jour. Il s'agit du début de la croissance d'*Haslea ostrearia*, les cellules ont doublé leur matériel génétique. Les conditions de culture sont optimales pour le développement cellulaire (Andersen, 2005). Lors de cette phase, il y a une variation des paramètres de culture. La luminosité et la température ont augmenté, ce qui a provoqué une baisse du pH et donc une augmentation de la salinité.

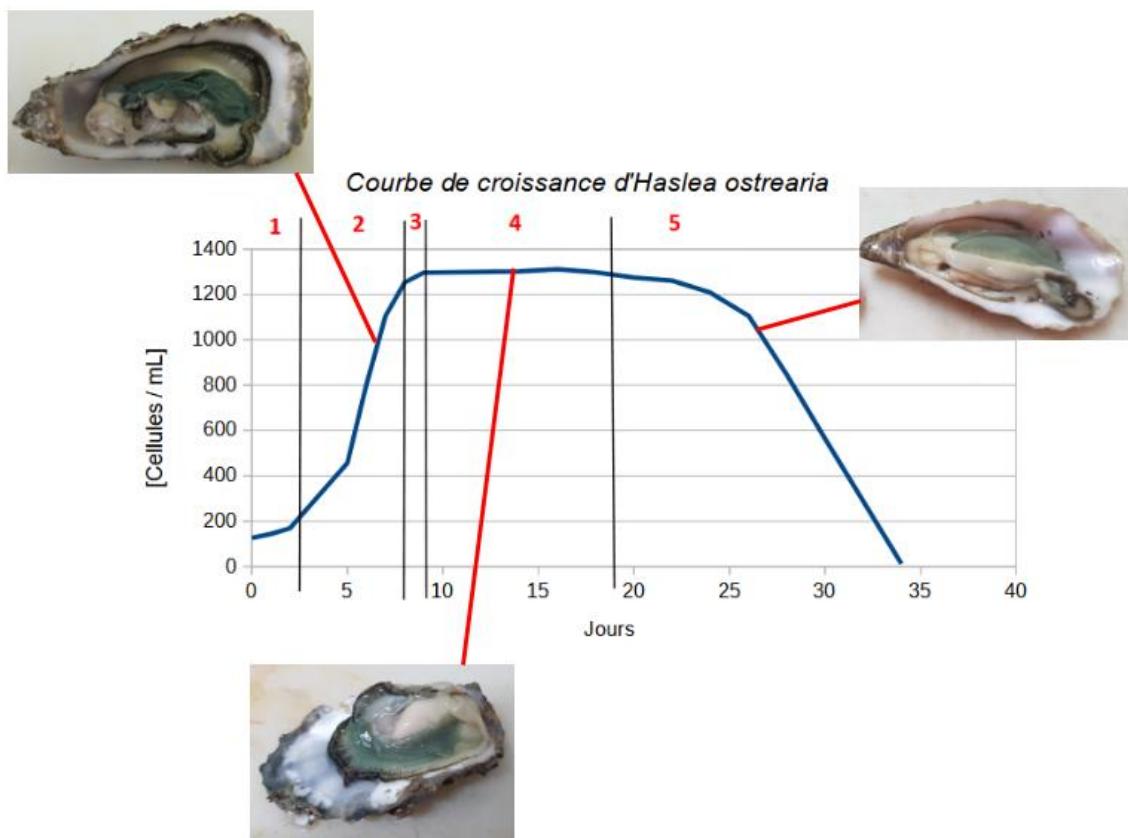


Figure 18 : Graphique des différentes phases de croissance d'*Haslea ostrearia* du premier au 35e jour (1 : phase de latence, 2 : phase exponentielle, 3 : phase de ralentissement, 4 : phase stationnaire et 5 : phase de déclin) avec des photos montrant l'intensité de la coloration des branchies par la marenne (@M. Mulot)

Cette variation a permis aux navicules de se développer pleinement. L'observation, après dissection, de l'huître placée dans le bac, confirme la présence et la croissance d'*Haslea ostrearia*, les branchies de cette dernière ont verdi grâce à la présence de marenne produite par la micro-algue.

La phase 3 correspond à la phase de ralentissement, la croissance des navicules ralentit, mais reste constante. Lors de la phase stationnaire du neuvième au 18^e jour, la vitesse de croissance diminue, suite à un manque d'un ou plusieurs éléments du milieu. Les navicules réussissent à survivre grâce au stockage des nutriments réalisé lors des phases précédentes. Cette phase est constante, car le nombre de cellules qui meurent est égal à la quantité de cellules qui se développent, donc la concentration cellulaire est constante (Andersen, 2005). Les branchies de l'huître disséquée montrent une couleur verte moins intense qu'en phase exponentielle (cf. fig.18).

A partir du 18^e jour, les navicules entrent en phase de déclin, la majorité des cellules ont épousé leurs réserves. Il y a plus de mortalité que de reproductivité cellulaire. Les conditions du milieu ne permettent pas un développement optimal (Andersen, 2005). La température est aux alentours de 18,5°C, le pH est supérieur à 8, la salinité supérieure à 37 et la luminosité est inférieure à 3 200 lux. Cette diminution limite la capture de la lumière par les diatomées et donc leur développement (Falaise, 2019). De plus, la présence d'autres espèces,

comme *Nitzschia closterium*, *Skeletonema sp.*, des larves de copépodes, etc, peuvent limiter sa croissance en consommant les nutriments nécessaires à son développement ; il y a donc un effet de compétition entre les espèces. *Nitzschia closterium* est une algue fourrage pour les huîtres, mais elle déséquilibre les nutriments d'*Haslea ostrearia*. *Acartia grani* est une larve de copépode brouteur de phytoplancton ; il est donc possible qu'elle consomme des navicules (Hussenot & Brossard, 1995). Cette phase de déclin est visible sur les branchies de l'huître disséquée, elles sont moins vertes que lors des phases précédentes. Il y a moins de marenne synthétisée par *Haslea ostrearia* dans le milieu.

Les quatre erlenmeyers et le ballon préparés pour isoler *Haslea ostrearia*, ont donné divers résultats. Dans le ballon contenant l'eau après filtration, il n'y a pas eu de développement de micro-algues. Ce qui signifie que le système de filtration a fonctionné et toutes les espèces ont été concentrées sur le filtre GF/C avec un seuil de rétention de 1,2 µm.

L'erlenmeyer contenant une branchie d'huître verdie n'a donné aucun résultat positif. La branchie s'est décomposée et des paramécies se sont développées.

L'erlenmeyer témoin, c'est-à-dire sans enrichissement avec le milieu de Conway et du métasilicate n'a également donné aucun résultat ; le manque d'apport de nutriments a empêché l'accroissement des diatomées. Dans les deux autres erlenmeyers, il y a un développement d'*Haslea ostrearia*. Celui enrichi avec les milieux de culture présente des navicules, mais en faible proportion due à une forte concentration de *Nitzschia closterium* (fig.19). Le dernier erlenmeyer contenant des algues vertes prélevées dans le bassin de l'ostréiculteur possède des navicules. La présence d'un support, ici les algues, et du milieu de culture ont permis le développement de cette dernière.

Avec ces deux erlenmeyers, un repiquage a été réalisé afin d'isoler *Haslea ostrearia* et de permettre une croissance optimale. Le repiquage de l'erlenmeyer enrichi avec les milieux de culture, n'a donné aucun

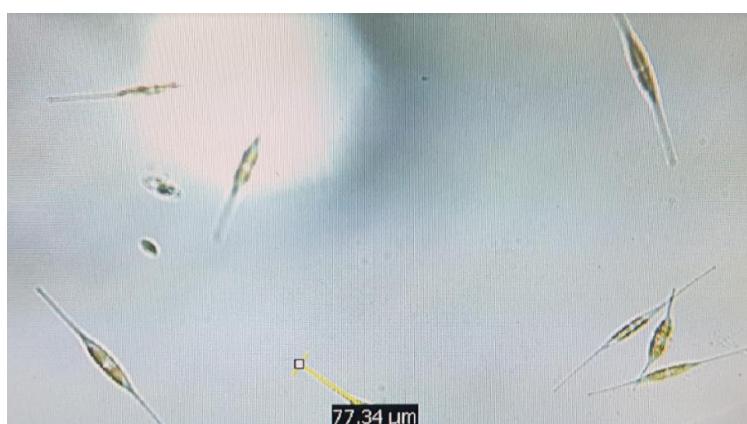


Figure 19 : Observation microscopique (obj. x40) de *Nitzschia closterium* contenue dans l'erlenmeyer enrichi avec le milieu de Conway et du métasilicate (@M. Mulot)

résultat, *Haslea ostrearia* n'a pas supporté ce changement de support. De même que le repiquage du flacon contenant des algues, il y a eu un développement important de *Nitzschia closterium*.

Les huîtres qui ont été mises dans un panier australien installé dans une claire de la CABANOR n'ont pas eu de verdissement au niveau de leurs branchies, malgré un nettoyage des algues présentes dans la claire. En Charente-Maritime, les anciens marais salants ont été reconvertis en claires. Elles ont un sol argileux et étanche qui se remplit à marée montante et conservent l'eau lorsque la mer descend. Ces dernières sont peu profondes, ce qui permet une forte exposition aux rayons du soleil et favorise le développement du phytoplancton. Les claires de la CABANOR à Blainville-sur-Mer ne sont pas toutes étanches et entretenues. Elles présentent des algues vertes (Entéromorphes), un sol vaseux et des plantes halophytes s'y développent. L'ouverture de la vanne pour permettre l'entrée et le renouvellement de l'eau de mer dans la claire n'est pas réalisée à chaque marée. D'autres facteurs, en plus de ces conditions semblent empêcher un développement optimal d'*Haslea ostrearia*.

4. Reproduction d'*Haslea ostrearia*

Le bac installé en conditions hivernales, c'est-à-dire avec un éclairement de 8 heures et une phase d'obscurité de 16 heures, une température de l'eau à 10°C et une intensité lumineuse inférieure à 2 500 lux (Falaise, 2019) a permis de déclencher la reproduction d'*Haslea ostrearia*, malgré la présence d'autres espèces.

Malgré le déclenchement de la reproduction d'*Haslea ostrearia*, elle est entrée rapidement en phase de déclin et la culture n'a pu être maintenue.

d) Discussion et conclusions

L'ensemble des expérimentations effectuées lors de ces travaux montrent que la maîtrise de la culture et de la reproduction de l'algue *Haslea ostrearia* est assez complexe et demande des études beaucoup plus approfondies pour permettre de définir un protocole simple et fiable facilement transférable à la profession ostréicole. Si les paramètres de maintien et de reproduction sont à l'heure actuelle connus, ils ne permettent que des cultures à très petites échelles dans un cadre scientifique. Le transfert au monde conchylicole n'est pas encore à l'ordre du jour.

En imaginant que le système soit fiable et en adaptant le modèle présenté par Turpin *et al* (2001), un modèle de production pourrait être imaginé. Ainsi, au niveau de la vanne d'entrée et de sortie de l'eau, il faudrait installer un double tuyau PVC, un vers la claire pour le remplissage et la vidange et l'autre vers le bassin de 3 mètres par 2,50 mètres avec une hauteur de 60 cm construit dans la claire pour produire en masse la navicule. Le tuyau alimentant le bassin de production d'*Haslea ostrearia* devrait être équipé d'un filtre à sable 50 microns. Une fois l'efflorescence de navicule obtenue, elles seraient libérées dans la claire via une

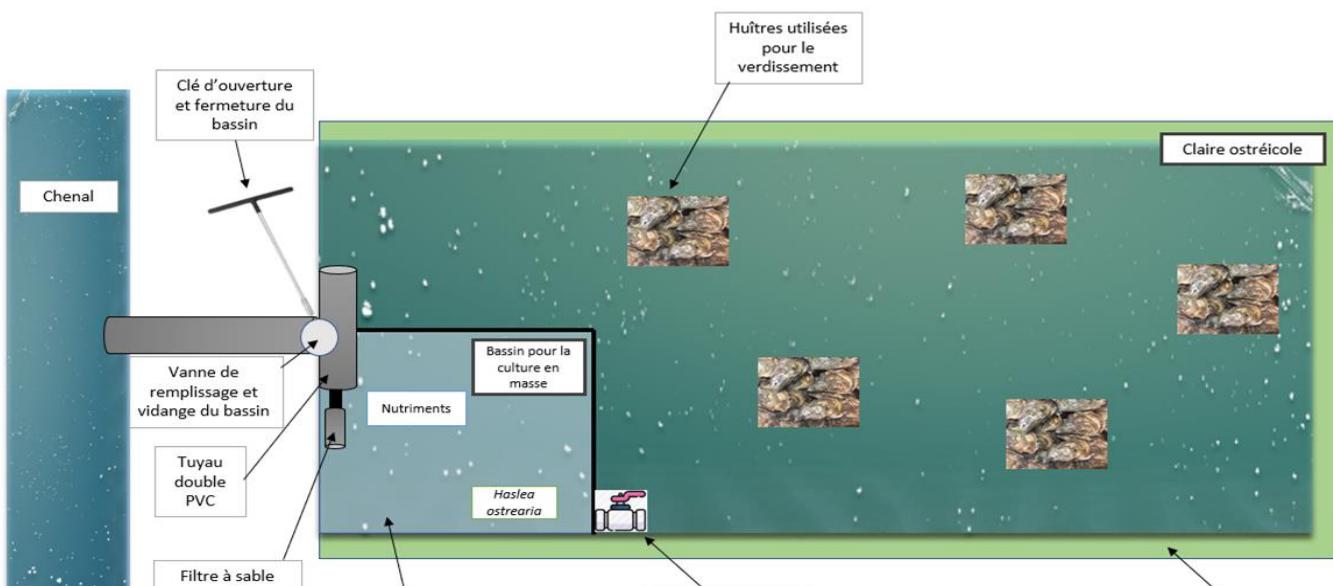


Figure 20 : Schéma expérimental d'une claire ostréicole vue de haut pour la culture en masse de navicules et permettre le verdissement des branchies d'huître (@M. Mulot)

vanne manuelle pour permettre le verdissement des branchies (fig.20). Ce bassin a une superficie réduite par rapport à la claire, ce qui permet de contrôler les paramètres de culture des navicules et l'apport d'un milieu de culture NPSI nécessaires à son développement.

D'autre part, étant donné qu'*Haslea ostrearia* est apparue à la CABANOR au cours du printemps 2021 dans un bassin de stockage et non dans une claire, on pourrait imaginer un système similaire dans ces bassins en béton. Le principe est le même que dans la claire, il faut réaliser un bassin de plus petite superficie pour y produire *Haslea ostrearia* en masse. L'avantage d'utiliser ces bassins est qu'ils sont étanches et une pente permet l'évacuation de l'eau. De plus, le sol en béton empêche les échanges entre le sédiment et la colonne d'eau. L'installation d'un diffuseur d'air et d'une pompe pour le filtre à sable est réalisable grâce aux prises électriques installées à proximité. La température, la salinité, le pH et le taux d'oxygène de l'eau peuvent être obtenus *via* une sonde (fig.21). Ce principe se base sur la méthode utilisée par Hussenot & Brossard (1995).

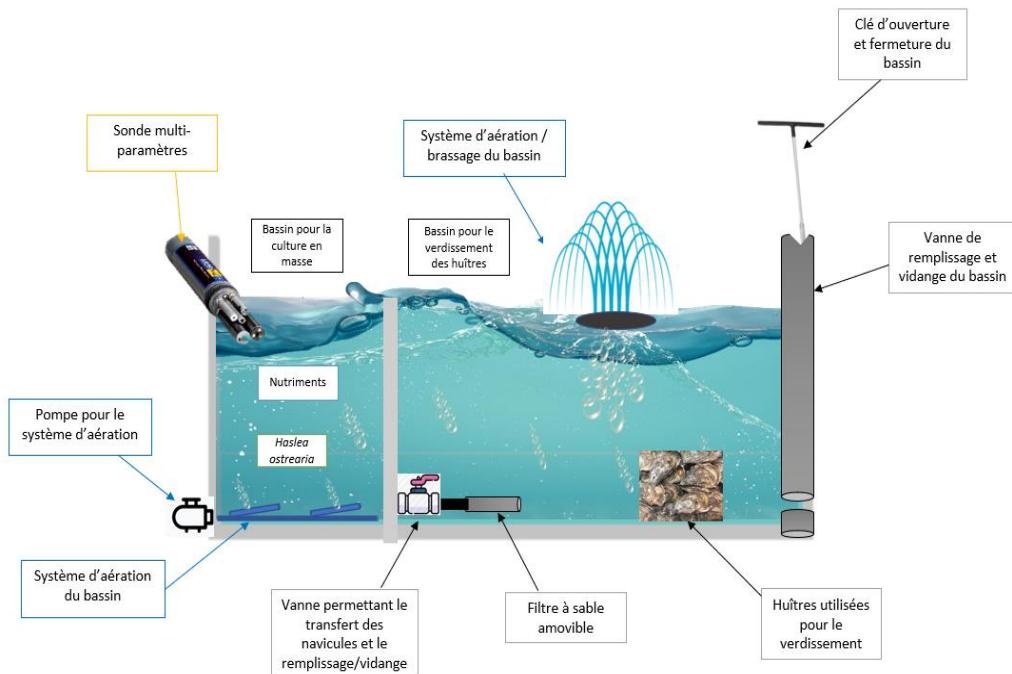


Figure 21 : Schéma expérimental pour la culture en masse de navicules et permettre le verdissement des branchies d'huître dans un bassin de stockage (@M. Mulot)

Cependant, au-delà du fait que cette technologie est loin d'être maîtrisée et d'obtenir les résultats souhaités, une approche économique serait indispensable afin de déterminer la rentabilité pour les conchyliculteurs de ce type de système avant une mise en place.

Du fait de sa biologie et notamment de son mode de reproduction, la maîtrise de la culture d'*Haslea ostrearia* demande encore des années de recherches avant un transfert vers le monde professionnel. Une production d'huîtres verdies dans les claires et les bassins de la CABANOR devra encore passer durant quelques années par une apparition naturelle de l'algue *Haslea ostrearia*. Outre une étude sur les paramètres précis d'apparition qui ne pourra se dérouler sur plusieurs années, aucun protocole de culture de cette algue n'est proposable aujourd'hui.

Après présentation des résultats et discussion avec les professionnels de la CABANOR et au Comité Régional de la Conchyliculture Normandie Mer du Nord, il est décidé de stopper ces recherches pour le moment.

II. LA SALICORNE

a) Présentation de la salicorne

1. Généralités

La Salicorne d'Europe, *Salicornia europaea*, est une plante comestible de la famille des Amaranthaceae (fig.22). Elle est connue sous divers noms comme corne salée, cornichon de mer, salicot et passe-pierre suivant la région où elle pousse.

Il s'agit d'une plante annuelle halophyte, ses feuilles sont écailleuses et ses fruits sont des akènes. Elle est de couleur verte et devient rouge violacé en période de floraison (fig.23). Il y a une variation de couleur suivant la concentration en sel dans les cellules. Elle pousse en France dans les marais salés et sur les côtes littorales. Pour se développer, elle préfère les sols argileux, riches en sels et avec un pH faiblement basique compris entre 7,5 et 7. On la retrouve dans les milieux qui sont régulièrement immergés, cependant, elle a besoin d'une alternance d'émergence et d'immersion pour croître (Maliet *et al.*, 2020).



Figure 22 : Photo de *Salicornia europaea* (@M. Mulot)



Figure 23 : Plant de salicornes en fleurs (@M. Mulot)

En Normandie, cinq espèces ont été dénombrées : *Salicornia europaea*, *S. stricta*, *S. emerici*, *S. appressa* et *Sarcocornia perennis* (Fermey-Paris & Pien, 2017). Dans la région, la culture n'est pas pratiquée mais la production est assurée par une cueillette professionnelle. Elle est soumise à une réglementation par arrêté préfectoral de la Manche (N°DDTM-SML-AM-2021-601). Elle est autorisée de juin à fin août dans six zones en Manche.

Cependant, durant l'année 2021, les conditions climatiques ont provoqué un retard des pousses, les premières récoltes ont commencé mi-juin voir fin juin pour certaines zones. Elle s'arrête à la fin du mois d'août, car à cette période les tiges sont ligneuses et il y a une perte de goût.

Pour récolter la salicorne, il faut être titulaire d'une licence de pêche à pied en Normandie. Les outils autorisés sont la fauille, le couteau et la serpe afin de ne pas arracher la tige et de permettre à la plante de repousser pour réaliser une nouvelle coupe trois semaines plus tard (fig.24). Il est nécessaire de laisser une hauteur minimale de 6 cm après la coupe et la quantité journalière autorisée est de 120 kg maximum. La cueillette ne peut dépasser trois tonnes par personne sur l'ensemble de l'ouverture de cette dernière (*Arrêté préfectoral de la Manche N°DDTM-SML-AM-2021-601*).



Figure 24 : Principe de la coupe de salicornes avec une fauille (Fermey-Paris & Pien, 2017)

2. Cycle de vie de *Salicornia europaea*

La germination a lieu au début du printemps, elle nécessite une basse température et une eau saumâtre, les apports en eau douce sont assurés par la pluviométrie (Fermey-Paris & Pien, 2017) (fig.25). Suite à l'augmentation des températures et une faible salinité, les premières ramifications se forment et, au milieu du printemps, la plante mesure 6 à 10 centimètres. A maturité, sa taille est comprise entre 10 et 40 cm (Maliet *et al.*, 2020). Fin août apparaissent de petites fleurs qui précèdent la formation des graines. Il s'agit d'une espèce hermaphrodite, et anémogame (pollinisation par le vent). La dispersion des graines est réalisée au mois de novembre par les mouvements de l'eau (hydrochore).

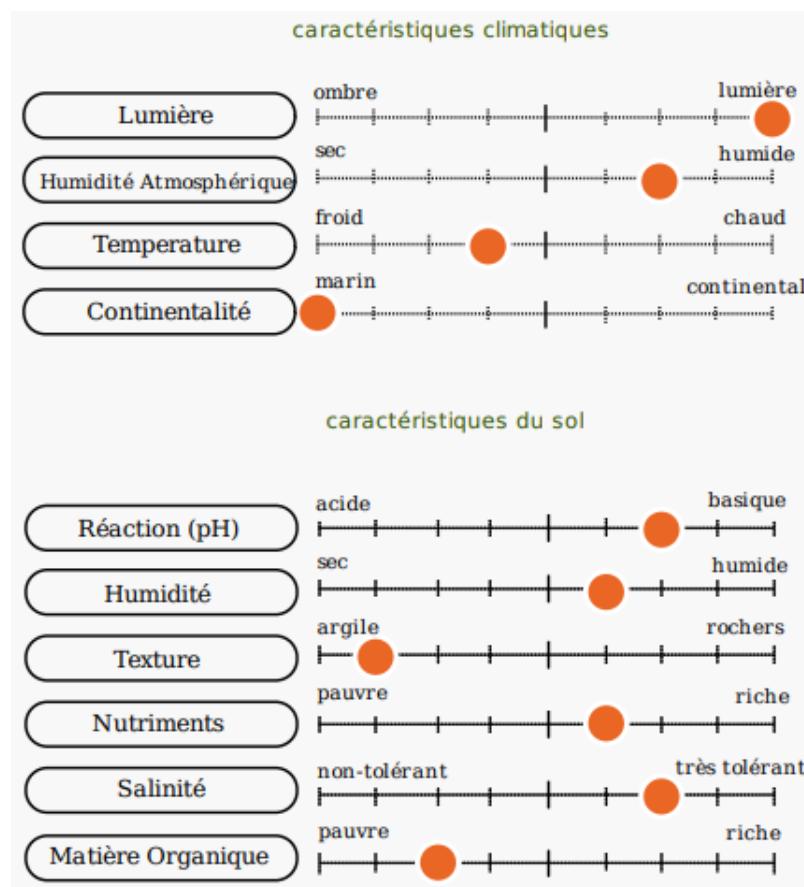


Figure 25 : Caractéristiques climatiques et du sol pour une culture de salicornes (Tela Botanica)

3. Valeurs nutritionnelles

D'un point de vue diététique, *Salicornia europaea* est riche en sels minéraux, en vitamines (vitamine C, bêta-carotène, B12, D) et en oligo-éléments. Elle est pauvre en calories (14 kcal pour 100 g) (source : www.passeportsante.net)

Poids/volume	Crue 100 g
Calories	14 kcal
Protéines	0,67 g
Glucides	1,1 g
Lipides	0,24 g
Fibres alimentaires	2,5 g
Vitamine A	360 µg
Sodium	1020 mg

Tableau 2 : Caractéristiques nutritionnelles de la salicorne (www.passeportsante.net)

4. Données économiques

Salicornia europaea est produite et cueillie le long du littoral français. En Charente-Maritime, elle est cultivée en plein sol dans des claires. Les producteurs de salicornes des marais charentais se sont regroupés en une association, leur production est de 8 à 10 tonnes par an. L'entreprise Savéol est leader en Bretagne avec une production d'environ 90 tonnes par an. La salicorne est cultivée sous serre sans aucun traitement chimique et le désherbage est réalisé manuellement (Savéol). En baie de Somme, la salicorne pousse dans les zones vaseuses et salées. Entre 100 et 150 tonnes sont cueillies chaque année dans le milieu naturel et la production représente environ 400 à 500 tonnes. Ces tonnages assurent 80 % de la consommation française (L'encyclopédie Picarde). En 2016, le Calvados comptait 12 cueilleurs professionnels de salicorne pour une quantité de 1,3 tonnes et la Manche, 21 cueilleurs pour un tonnage de 14 tonnes. Les quantités récoltées diminuent au cours des années à cause de l'ensablement et de la compétition avec d'autres plantes halophytes (Fermey-Paris & Pien, 2017).

La valeur ajoutée de cette plante est relativement élevée puisqu'elle peut être vendue fraîche entre 3 et 20 € le kg sur le marché français. Elle peut également être transformée ou mise en bocaux, ce qui augmente sa valeur. La salicorne française est un produit de qualité ayant un goût exceptionnel, les Hollandais la surnomment « le caviar de la baie » (La Breizh Salicorne). C'est pourquoi, la salicorne est exportée vers la Hollande, les Pays-Bas, le Mexique et Israël. A cause de cette exportation, la France doit importer de la salicorne en provenance d'Israël afin de satisfaire la demande française. Les conditions climatiques et de cultures n'étant pas les mêmes entre ces deux pays, cette importation permet d'avoir de la salicorne de septembre à avril, le temps que les premières pousses sortent du sol en mai (Fermey-Paris & Pien, 2017).

b) La culture expérimentale de salicornes.

1. Extraction des graines

La quantité de graines par plant est estimée entre 550 et 1 050, elle varie en fonction de la période de germination de la salicorne (Langlois, 2000). Au cours de l'hiver 2019 / 2020, les graines de salicornes ont été extraites manuellement puis tamisées à 0,5 mm, une partie par les équipes du SMEL, une autre par celles d'INTECHMER. Cette méthode fut appliquée pour les premiers tests effectués au SMEL en 2020 et a donné des résultats très satisfaisants avec des graines de belle qualité. Toutefois, la méthode d'extraction fut considérée comme extrêmement longue et totalement inapplicable dans le cadre d'une exploitation économique.

Pour les cultures expérimentales de 2021, il a été décidé de trouver d'autres méthodes d'extraction plus rapides et le choix s'est porté sur le blender. Cette méthode avait l'avantage de la rapidité et semblait donner

des graines de bonne qualité qui ont servi aux ensemencements dans la claire pour l'année 2021. Cependant, les premiers résultats ont montré des rendements très faibles (cf. résultats page 25).

Au cours du printemps 2021, différentes méthodes d'extraction des graines ont pu être étudiées. Pour ce faire, divers professionnels ont été contactés afin de trouver une méthode simple et efficace pour l'extraction des graines de salicornes.

Deux méthodes ont finalement été retenues et testées. Dans un premier temps, les graines ont été extraites avec une tamiseuse de laboratoire vibrante et une vis, ce principe se rapproche du mortier (fig.26). Les graines se détachent des plants à l'aide de la pression imposée par la vis (pression qui reste moins importante qu'un pilon) sur un tamis de mailles 1 mm. Le tamisage permet d'éliminer les résidus et de ne garder que les graines, qui sont récupérées dans le récipient situé en dessous. En un second temps, l'extraction des graines à l'aide d'une Minibatt® a également été testée (fig.26). Il s'agit d'un outil manuel de prélèvement, de battage et de séparation des grains. Les plants de salicornes sont placés à l'intérieur et à l'aide de contre-batteurs, ils sont broyés. Les résidus volumineux se retrouvent dans un sac de récupération et les graines avec des résidus légers sont récoltés dans le pot. Enfin, ces méthodes ont été comparées à la méthode utilisée pour les cultures expérimentales effectuées en 2021, soit le blender. Les plants de salicornes sont passés au blender par 2 ou 3 séquences de 5 secondes afin de réduire les plants au maximum tout en essayant d'abimer les graines le moins possible. Les résidus sont ensuite tamisés à 1 mm afin de séparer au mieux les résidus grossiers des graines et des résidus fins.

Les résultats sont donnés en premier temps sur une inspection visuelle des graines après extraction. La figure 26 (page 24) résume les résultats observés. On voit une très nette différence entre les graines obtenues grâce à la Minibatt ou avec la méthode tamis et vis d'un côté (en moyenne 92% de graines visuellement correctes) et le blender (67% de graines correctes).

Les graines ainsi extraites ont été semées dans des jardinières dans des conditions similaires et avec un arrosage similaire (fig.27, page 25). Dans chaque jardinière remplie du même substrat, 80 graines issues des trois méthodes d'extraction ont été semées début mai. Les jardinières étaient placées en extérieur pour profiter de la luminosité extérieure et sont arrosées à l'eau de mer tous les deux jours de manière à ne pas assécher la tangue.

Les résultats (tableau 3, page 25) montrent très clairement qu'une extraction doit être effectuée par battage ce qui préserve l'intégrité de la graine. La méthode au Blender est certes rapide mais ne permet pas d'obtenir des résultats satisfaisants sur la germination (2.5%) et confirme l'impression visuelle des graines, bien plus abimées par cette méthode.

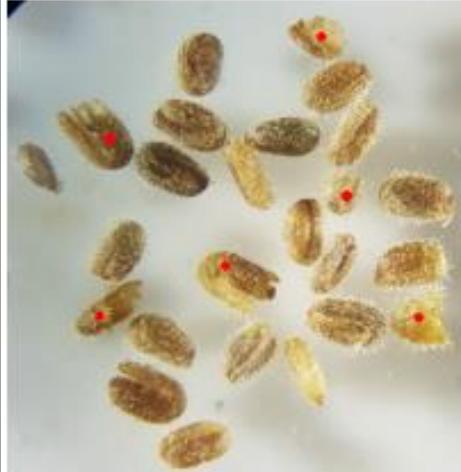
Minibatt®		
		<p><u>Pour 100 graines :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - 91 graines correctes - 9 graines abîmées (desséchées, cassées, coupées)
Blender		
		<p><u>Pour 100 graines :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - 67 graines correctes - 33 graines abîmées (desséchées, cassées, coupées)
Tamis + vis		
		<p><u>Pour 100 graines :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - 93 graines correctes - 7 graines abîmées (desséchées, cassées, coupées)

Figure 26 : Résultats visuels de l'extraction de graines

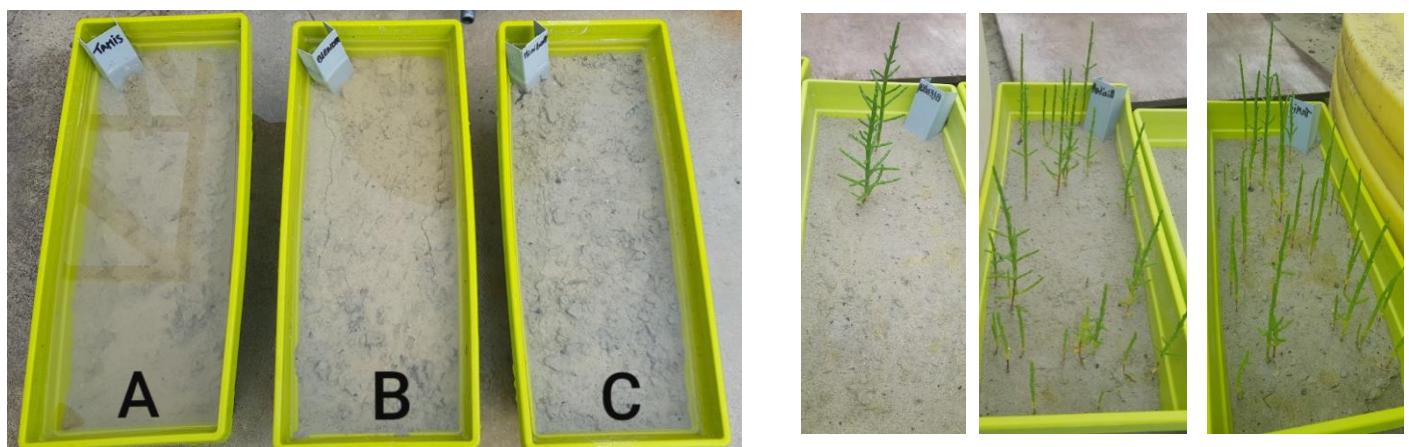


Figure 27 : Photo des jardinières pour la culture de salicornes avec du sédiment prélevé au pont de la Roque (A : graines extraites avec la tamiseuse, B : graines extraites au blender, C : graines extraites avec la Minibatt®)

Méthode d'extraction	Nombre de plants moyen germés sur 80 graines	Taux de germination moyen
Blender	2	2,5
Minibatt®	26	33
Tamis + vis	45	57

Tableau 3 : Résultats de germination en fonction de la méthode d'extraction.

Si la méthode par battage semble être la plus adaptée, des tests complémentaires devront être effectués pour améliorer la performance du taux de germination sur des pratiques compatibles avec une exploitation à l'échelle de plusieurs claires.

2. Stratification et Levée de dormance

Un test de stratification des graines est réalisé afin de simuler les conditions hivernales pour tenter d'obtenir des salicornes plus charnues et avec une meilleure croissance. Les trois types d'extraction ont été sélectionnés. A l'aide d'un microscope et d'une boîte de Pétri quadrillée (grille de comptage), 150 graines provenant de chaque condition sont prélevées. Elles sont réparties entre trois boîtes de Pétri (50 graines chacune) contenant du papier filtre humidifié à l'eau douce. Au total, neuf boîtes de Pétri (trois par condition) sont mises au réfrigérateur (5°C) et à l'obscurité, le 31 mars 2021 pendant 30 jours. L'humidité du papier filtre et la présence d'une croissance fongique ont été surveillées régulièrement.

Après les 30 jours au réfrigérateur et à l'obscurité, le 29 avril 2021, les boîtes de Pétri sont placées dans un endroit lumineux, à une température de 20°C. Le papier filtre est humidifié avec 70 % d'eau de mer (2 ml) et 30 % d'eau douce (1,80 ml) ; il est important d'apporter une certaine salinité aux graines de salicornes durant cette étape car il s'agit d'une plante halophyte. Cette étape a duré 15 jours (Gunning, 2016).

Lors de la stratification des graines de salicorne, cinq stades de développement ont été identifiés (fig.28). La photo 1, montre des graines fermées avec la présence de poils recourbés en crosse qui leur permettent de s'ancrer à différents supports afin de se disperser dans le milieu et de ne pas être emportées vers le large. Les graines s'accumulent dans la couche supérieure du sédiment (Duponchelle, 2012). Sur la deuxième photo, l'ouverture de la graine est visible. Les photos 3 et 4 montrent la formation et la croissance de la radicule et sur la cinquième, les deux cotylédons se forment.

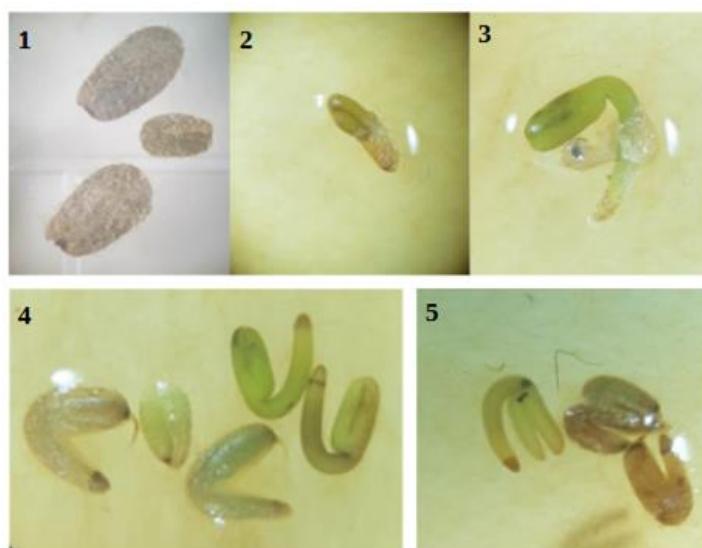


Figure 28 : Stades de développement des graines de *Salicornia europaea* observées sous une loupe binoculaire (@M. Mulot)

Après avoir placé les graines à l'obscurité pendant 30 jours et à la luminosité 15 jours, elles ont été ensemencées dans des bacs contenant du sédiment du pont de la Roque. Malgré un développement correct lors de la stratification, les graines n'ont pas poussé lors de leur ensemencement.

3. L'irrigation.

Les installations d'INTECHMER à Cherbourg-en-Cotentin (Manche) permettent d'effectuer des expérimentations en milieu contrôlé. Dans ce cadre, des tests d'irrigation ont été effectués sur le terre-plein de l'institut afin de déterminer les quantités d'eau nécessaires à la croissance de la plante.

9 bacs ont été installés afin de tester 3 rythmes d'irrigations différents. Ces bacs ont été remplis avec du substrat issu des abords du Pont de la Roque (Orval-sur-Sienne, Manche). Des automates ont été implantés pour calibrer les conditions expérimentales (photo 29, page 27)

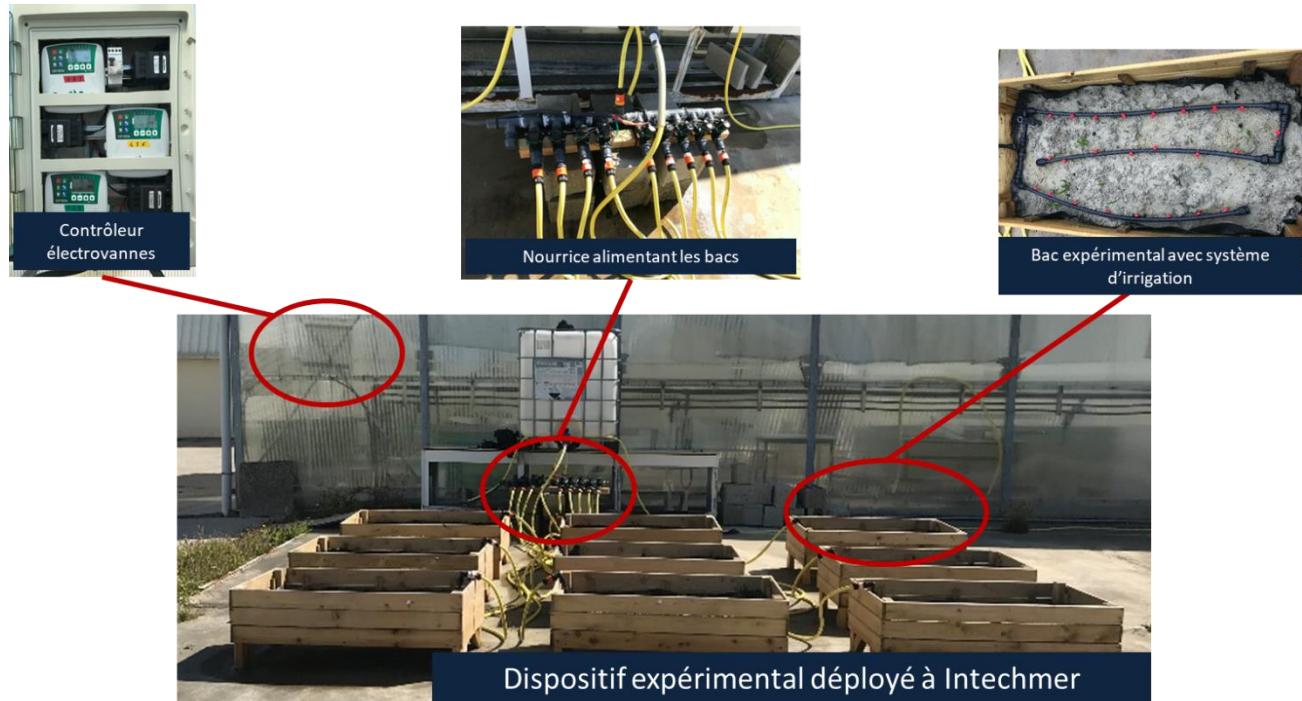


Figure 29 : Ensemble du dispositif expérimental installé à INTECHMER (@ R. Gallon)

Chaque bac est équipé d'un système d'irrigation relié à l'automate pour délivrer des quantités d'eau définies dans la figure 30.

Code couleur	Débit goutte à goutte (l/h)	Débit du système d'irrigation par bac (l/h)
Rouge	8	144
Noir	4	72
Bleu	2	36



Figure 30 : Illustration des différents rythmes d'irrigation en fonction des couleurs de buses (@ R. Gallon)

Entre Novembre 2019 et Février 2020, les bacs sont laissés « au repos » afin d’assurer l’homogénéisation et la stabilisation naturelle du sédiment. Le semis a lieu le 13 mars 2020 et les premières biométries ont eu lieu le 27 mai 2020. Entre ces deux dates, peu voire pas d’observations ni d’interventions ont eu lieu pour cause de confinement.

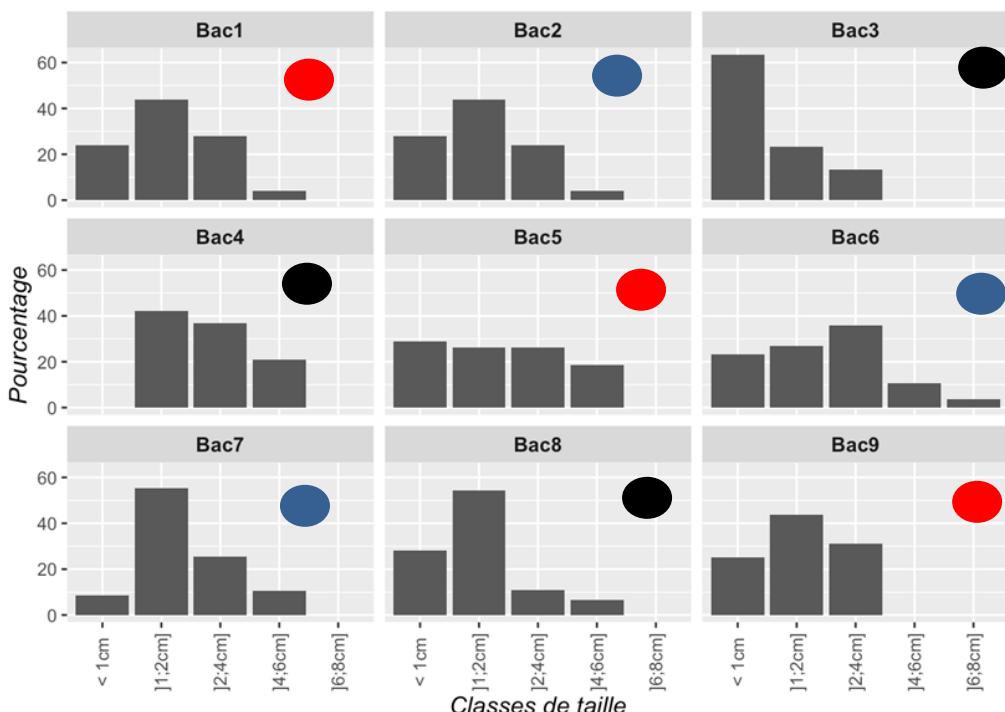


Figure 31 : Résultats de croissance au 27 mai 2020 en fonction des différents rythmes d’irrigation (couleur des buses).

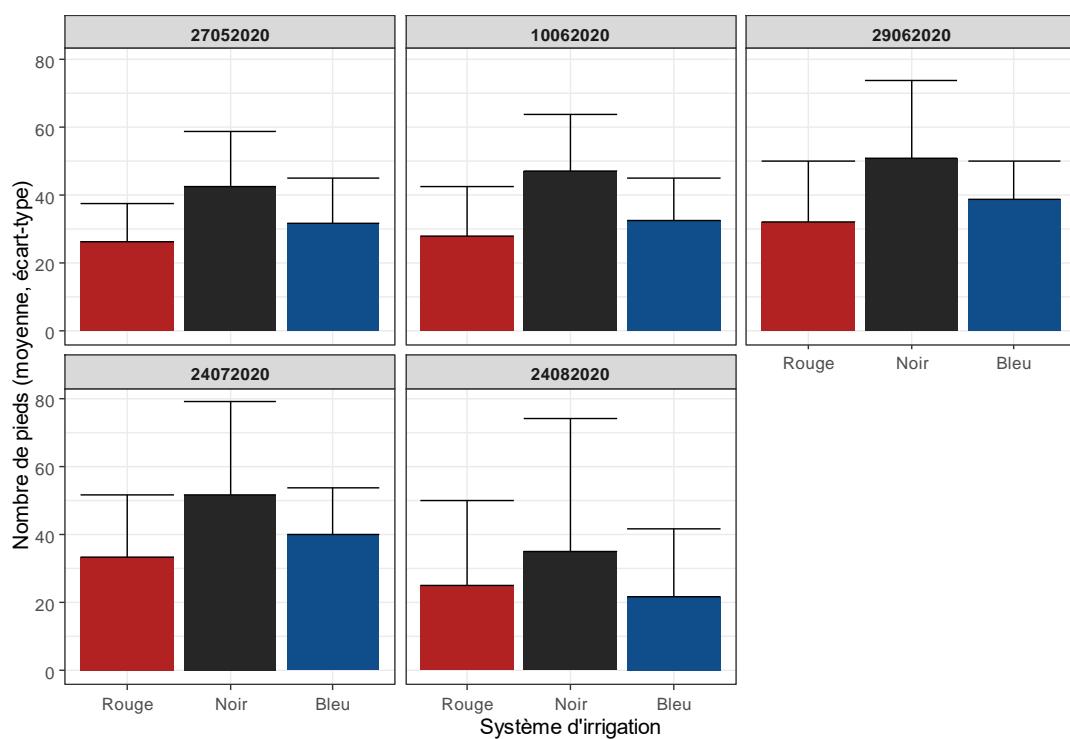


Figure 32 : Nombre de pieds observés au cours des différentes biométries.

A partir de cette date, des biométries régulières ont pu être effectuées jusqu'au 24 août 2020, date de la récolte finale. Les résultats présentent le nombre final de pieds sur la figure 32.

Que ce soit en termes de biométries comme en nombre de pieds germés, on voit que la quantité d'eau a une influence sur le résultat. Les meilleurs résultats sont obtenus avec une quantité moyenne d'eau (144l / h).

4. La salinité.

Dans les mêmes conditions que pour l'expérimentation sur les quantités d'eau, les bacs d'expérimentations ont été utilisés pour tester l'influence de la salinité sur la croissance des salicornes. Dans les conditions optimales de croissance déterminées l'année précédente, soit avec un arrosage de 144 l/h, trois salinités différentes sont testées, l'une proche des valeurs de l'eau de mer (31‰) et deux autres sur une eau saumâtre (5‰ et 10‰). Au sein de chaque bac, deux conditions d'obtentions des graines sont testées, avec levée de dormance ou pas.

Les premières graines ont été semées le 27 novembre 2020 dans les bacs 1 à 6. Les bacs 7 à 9 ont été semés plus tard compte tenu de la disponibilité en graines. Les premières biométries ont été réalisés dès janvier 2021 et jusqu'au 17 mars 2021.

Les derniers résultats (fig.33) montrent clairement que la croissance est bien meilleure avec l'eau de mer et que l'eau saumâtre seule ne permet d'assurer une croissance correcte pour les plants de salicornes.

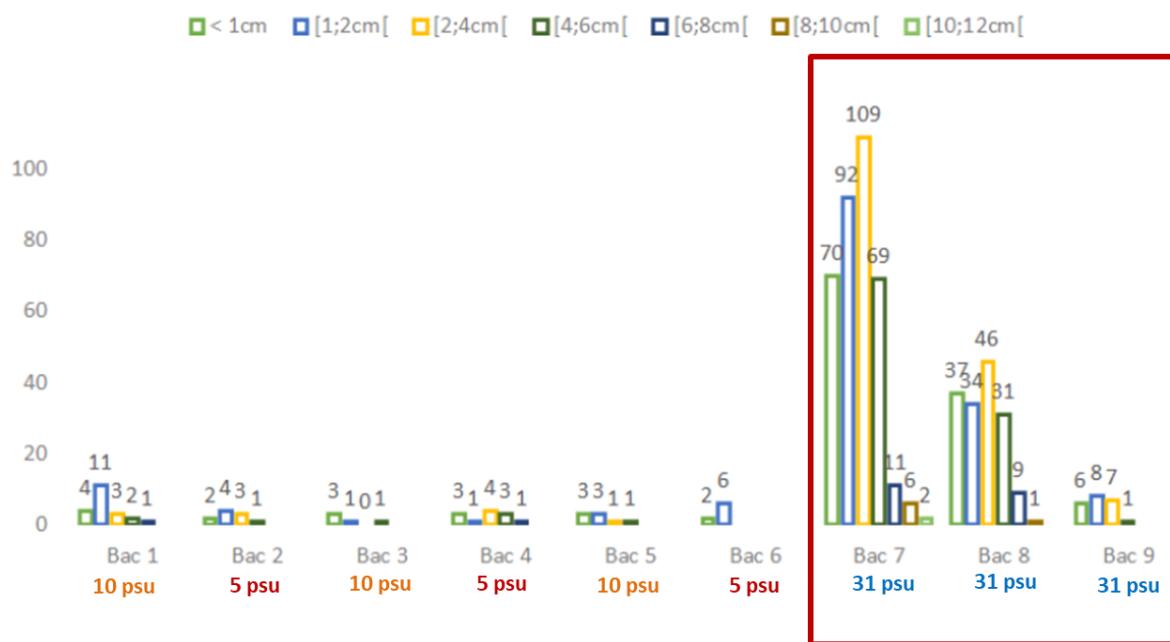


Figure 33 : Croissance des plants de salicornes en fonction de différentes salinités.

5. La croissance.

Fonctionnement de la claire.

Les claires de la CABANOR sont alimentées par un chenal qui se remplit par forts coefficients de marée donc tous les 15 jours environ par une vanne qui s'ouvre à pleine mer. Ensuite, le chenal reste plein jusqu'à ce que la vanne soit de nouveau ouverte en mortes eaux, soit environ entre 8 et 10 jours (fig.1, page 1).

Chaque claire possède une vanne manuelle qui permet de gérer son remplissage (lorsque le chenal est plein) et sa vidange (lorsque le chenal est vide). Toutefois, de par la hauteur de la vanne, il n'est généralement pas possible de vider la claire dans sa totalité. Une claire se retrouve totalement asséchée soit par évaporation ou, le plus souvent, par le manque plus ou moins marqué d'étanchéité de la tangue.



Figure 34 : Etat de la claire au 15 mai 2019 en tout de début de vives eaux (coefficients de 67).

Concernant la claire utilisée pour l'expérimentation, elle n'est pas complètement étanche mais plusieurs jours étaient nécessaires pour évacuer entièrement l'eau. De ce fait, un semis directement sur le substrat n'est pas envisageable du fait d'une présence d'eau trop importante (fig. 34).

Expérimentations au cours de l'année 2019 – 2020.

Pour cette première année, les expérimentations sur la croissance étaient dans un but de voir la faisabilité de semis de salicornes dans les conditions d'une claire sans optimisation de la croissance (dépendant des expérimentations en cours ou à venir au SMEL ou à INTECHMER à cette période). Toutefois, les conditions sont dépendantes de la claire disponible et de son étanchéité. Étant donné les conditions de la claire d'expérimentation, il fut choisi de semer dans des bacs à hauteurs différentes (fig.35).

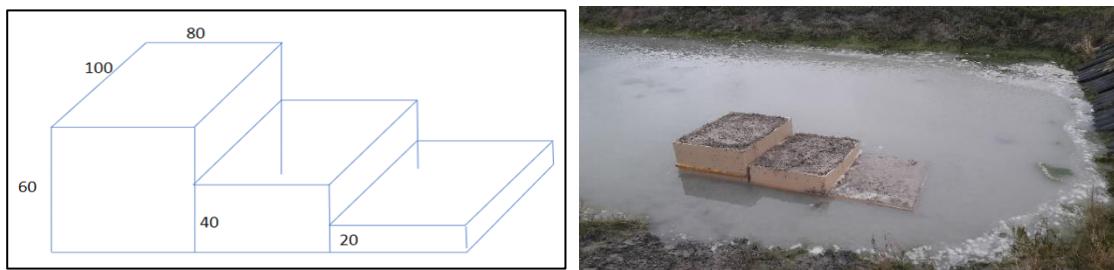


Figure 35 : Schéma et photo des bacs de cultures de la première année (@S. Pien)

De ce fait, les 4 niveaux ont été différemment recouverts d'eau tout au long de l'expérimentation avec un maximum de 85% du temps avec un minimum d'eau au niveau du sol de la claire et 0% pour le bac le plus haut, à 60 cm du sol. (fig.36). Toutefois, la tangue présente en surface de tous les bacs était en permanence humide tout au long de l'expérimentation.

Un premier semis a été effectué le vendredi 06 février 2020 mais il a été très vite submergé par une montée rapide de l'eau dans la claire. La semaine suivante était une semaine de vives eaux avec un coefficient maximal de 108 le mardi 11 février. La claire, malgré la fermeture de la vanne s'est remplie par différentes

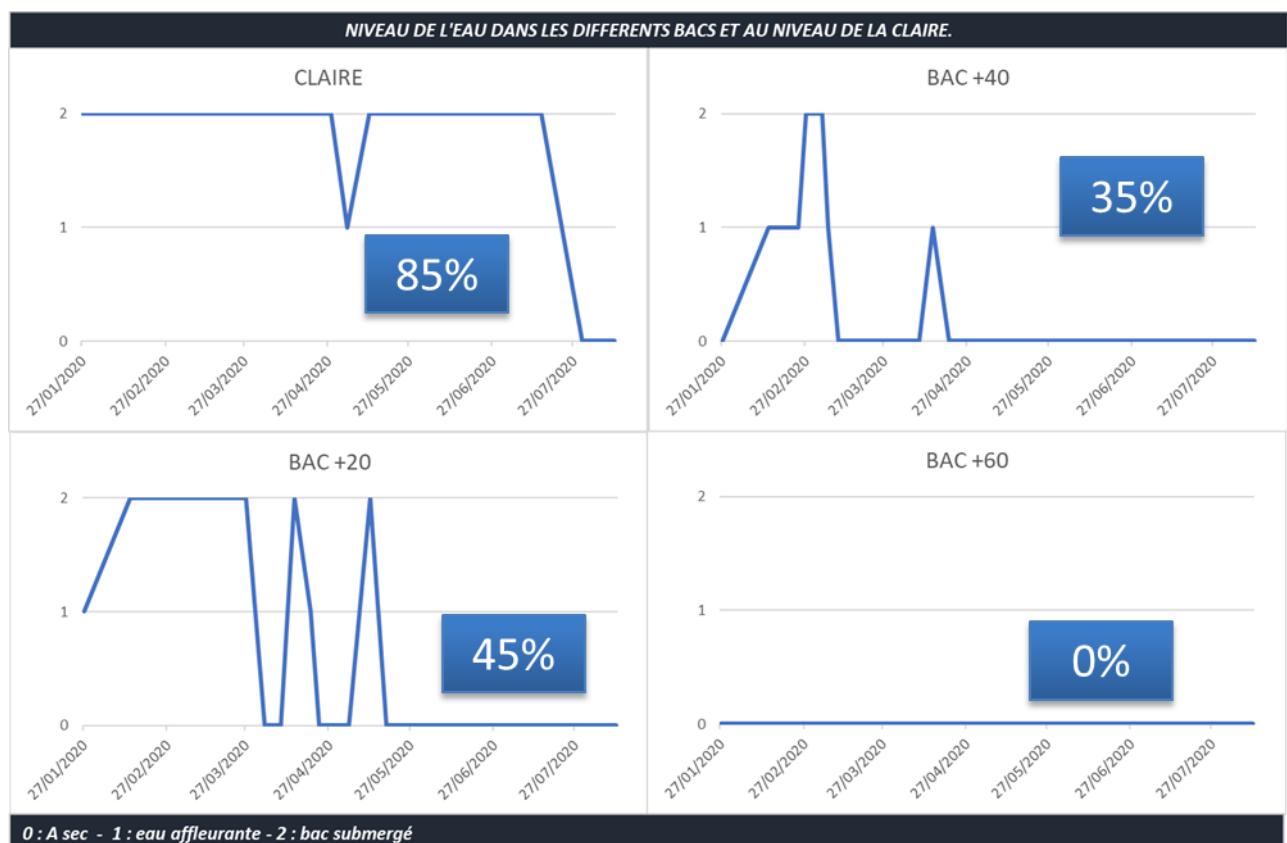


Figure 36 : Niveau d'inondation des bacs durant l'expérimentation.

les failles qui traversent la CABANOR (comme la plupart des autres claires). Un second semis a eu lieu dans les bacs « +40 » et « +60 » le 14 février 2020, le bac « +20 » étant encore sous l'eau (fig.37).



Figure 37 : Situation au 13 février 2020



Figure 38 : Situation au 10 mars 2020.

Le 10 mars, sur les deux bacs réensemencés (fig.38), un voile de croissance a été installé pour activer la pousse des premiers jours. Les premiers plants sont apparus dans les deux bacs « +40 » et « +60 » le 06 avril 2020 et le 04 mai 2020 dans le bac « +20 ». Le suivi de croissance et de la densité au cours de cette première année fut photographique et un point biométrique final a été effectué le 11 août 2020. Sur les mêmes paramètres, un point a été effectué dans une claire où la salicorne pousse naturellement.

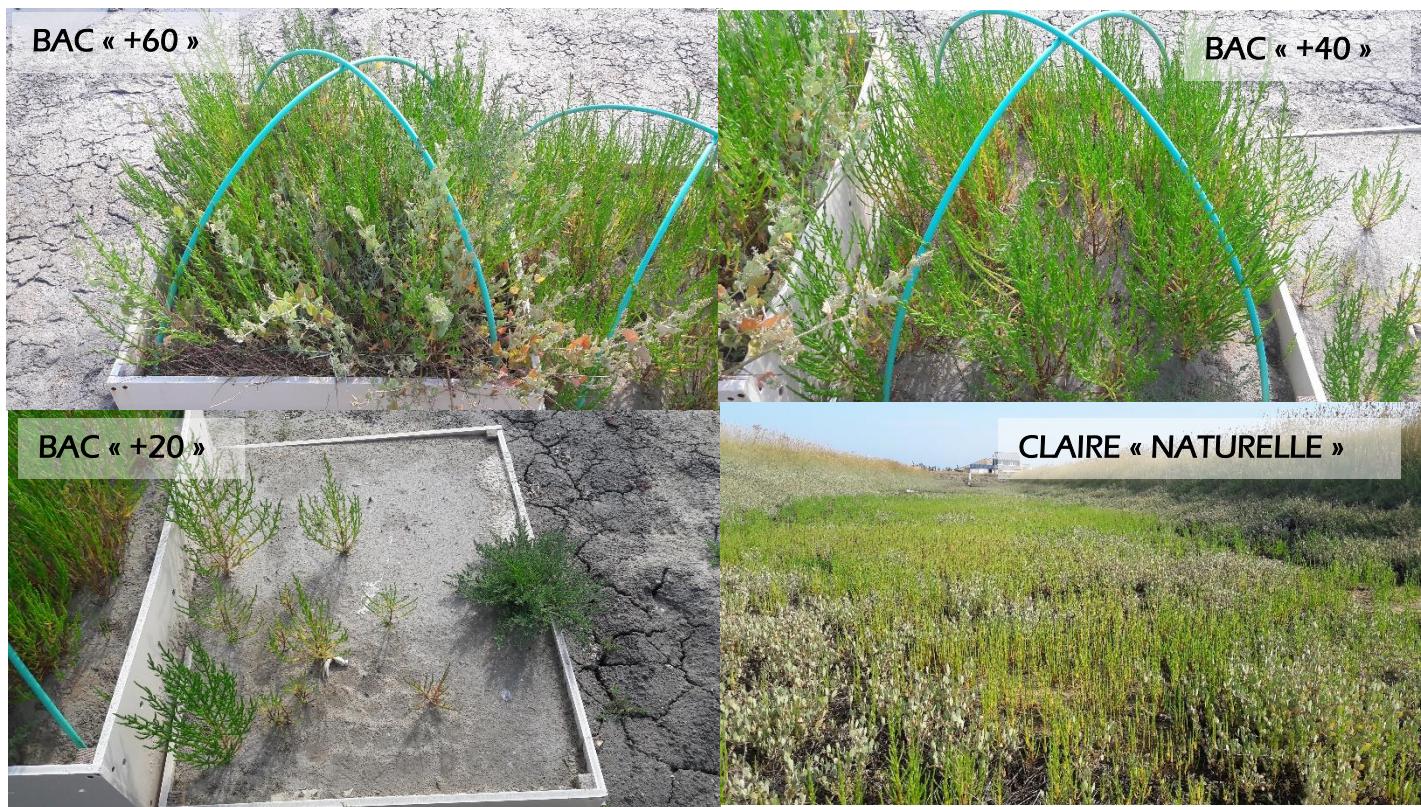


Figure 39 : Etat de chaque bac de culture avant la récolte finale et état de la claire dans laquelle pousse naturellement de la salicorne.

Visuellement, on voit une croissance importante dans les bacs « +60 » et « +40 ». La grande différence entre ces deux bacs est la quantité d'autres plantes halophytes présentes dans le bac. Malgré les difficultés rencontrées lors du semis pour le bac « +20 » et l'eau souvent présente au-dessus du bac au début de la période, 14 pieds ont pu se développer.

La biométrie sur l'ensemble du lot est synthétisée dans le tableau 4.

BIOMETRIES SUR LE LOT TOTAL								
HAUTEUR DU SEMIS	nb de plants	Poids total (en g)	Poids moyen (en g)	Poids comestible	%age comestible	Autres plantes (en g)	Dimensions semis	Rdt / m ²
+20cm	14	284	20	154	54%	135	0,8	192
+40cm	356	3680	10	762	21%	35	0,8	952
+60cm	590	2361	4	360	15%	1480	0,8	450

Tableau 4 : Synthèse de la biométrie sur le lot complet.

Si on voit une densité importante dans le bac le plus haut avec près de 600 plants, on note un poids total comme un poids appelé « comestible » (qui correspond au poids commercialisable) assez faible comparé au bac « +40 ». Dans le bac « +60 », on a pu noter la présence de nombreux plants non développés, inférieurs à 2 cm. On y retrouve également une présence importante d'autres plantes halophytes (spartine, obione, aster, bette maritime) qui représente de 40% du poids total présent dans le bac.

Dans le bac « +40 », malgré une densité plus faible, le poids total ainsi que le poids comestible est nettement plus important (762 g comestibles contre 360g dans le bac haut) et on ne retrouve pour ainsi dire aucune autre plante dans le bac.

Pour le bac « +20 », on voit que, malgré un niveau d'eau au-dessus du bac durant une longue période juste après l'ensemencement, nous observons une pousse de salicornes. Les plants étant sortis de « tangue » un mois après, en fin d'expérimentation, les salicornes étaient moins ligneuses que dans les deux autres bacs et la part de comestible est de ce fait plus importante (50% de la plante contre 20% pour les autres bacs).

De cette première année, on voit que la culture semble parfaitement possible dans une claire de la CABANOR même si plusieurs paramètres sont à préciser comme éviter un semis juste avant une période de grandes marées. Même si l'étanchéité est différente d'une claire à l'autre, il est observé que la totalité des claires, vanne fermée, étaient remplies d'eau lors de forts coefficients. Il faut donc pouvoir semer juste après une vive eau importante donc effectuer une vidange totale de la claire. La densité importante du bac « +60 » ne permet pas une meilleure rentabilité, la question de la densité du semis est probablement une notion à voir. Ensuite la gestion de l'eau est importante. Les expérimentations à Cherbourg comme à la CABANOR montrent qu'il faut une quantité d'eau suffisante pour assurer sa croissance et empêcher le développement des autres plantes halophytes mais réservier de longues périodes d'assèche. Concernant la récolte, il apparaît que, fin août, la salicorne devient ligneuse. Par conséquent, la récolte doit s'opérer plus tôt dans l'année et/ou en

plusieurs fois comme cela se déroule généralement dans les cultures de salicornes en Charentes ou en Bretagne (Fermey & al, 2017).

Expérimentations au cours de l'année 2020 – 2021.

Matériels et méthode

Calendrier des mesures

Toutes les mesures opérées sur les salicornes ainsi que le suivi des paramètres dans la claire de la CABANOR étaient effectuées selon le calendrier suivant :

S01	S02	S03	S04	S05	S06	S07	S08	S09	S10
07/04/2021	22/04/2021	07/05/2021	22/05/2021	06/06/2021	21/06/2021	06/07/2021	21/07/2021	05/08/2021	20/08/2021

Tableau 5 : Calendrier des différentes mesures effectuées sur les salicornes dans la claire. Ligne 1 : dénomination de la semaine de mesure. Ligne 2 : Date de mesure

La semaine 1 correspond à l'apparition visuelle de la salicorne dans les bacs et la semaine 10 correspond à la récolte finale des plantes.

Suivi des paramètres physiques de l'eau

Un suivi qualitatif de l'eau présente dans la claire était effectué. Les paramètres suivis étaient la température, la salinité et le pH avec une Sonde YSI pro DSS chaque fois que la claire était pleine, soit toutes les deux semaines.

Suivi de la croissance selon plusieurs paramètres

Afin de pouvoir expérimenter plusieurs paramètres, 6 bacs ont été ajoutés aux trois installés en 2019 (3 bacs « +20 » et 3 bacs « +40 »). Les graines ont été récoltées dans une claire de la CABANOR en janvier 2021 et extraites au blender. A cette époque, les résultats des expérimentations d'extraction des graines n'avaient pas

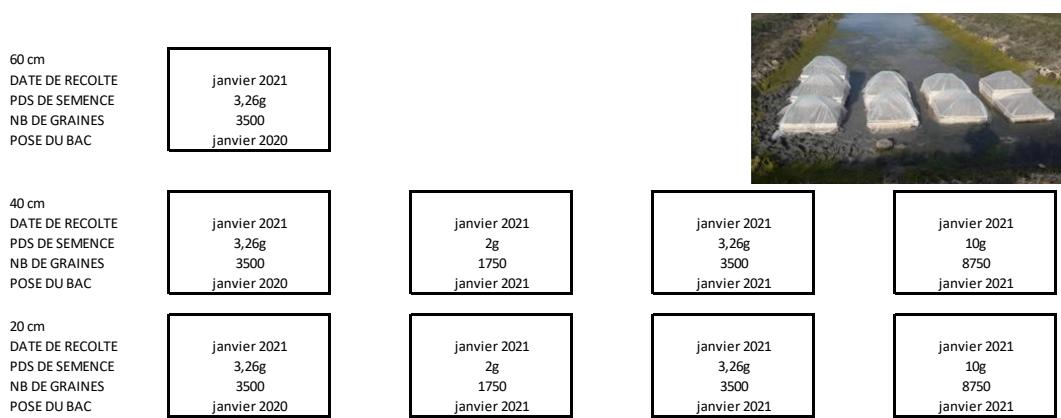


Figure 40 : Plan des bacs dans la claire

commencé et cette méthode était choisie pour sa rapidité d'obtention des graines. Depuis, il est démontré que

les résultats de germination par cette méthode sont mauvais, environ 2% contre 30 à 50% avec les autres méthodes (cf. chapitre 2.b.1 page 25).

Tous les des bacs ont été semés le 15 février 2021 selon le protocole décrit sur le schéma ci-dessous. 3 densités sont testées, 1750 graines par bac (1820 graines / m²), 3500 graines par bac (3650/m²) et 8750 graines par bac (9100/m²). Les trois bacs les plus anciens sont également semés avec la densité moyenne (3650/m²).

Différentes coupes seront également testées. Chaque bac est divisé en 4 parties, chacune ayant son rythme de coupe entre une seule coupe finale (sur le modèle de 2020) et 4 coupes (une par mois entre mai et août) (fig.41)

Contrairement à l’expérimentation de l’année précédente, les hauteurs étaient gérées de manière à ce

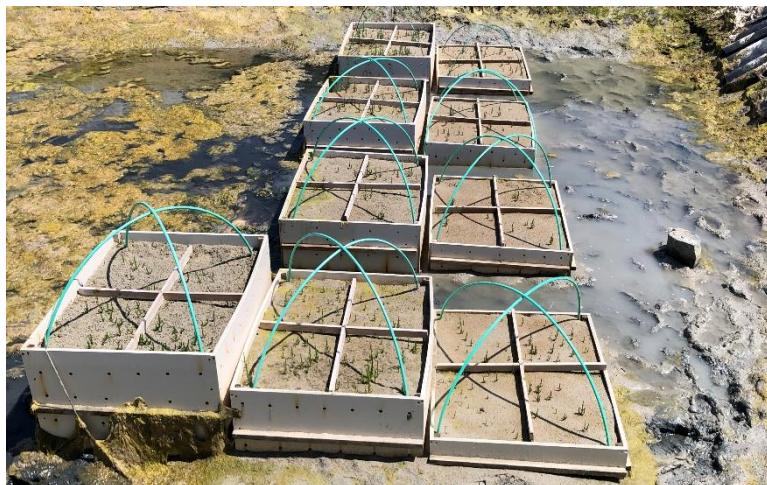
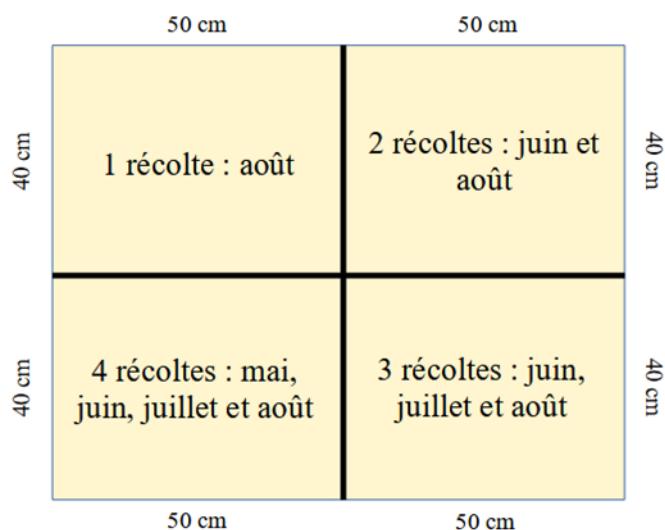


Figure 41 : Plan d'expérimentation des coupes dans chaque bac d'expérimentation.

que :

- Les bacs « +20 » soient recouverts d'eau de mer à chaque vive eau, soit tous les 15 jours environ.
- Les bacs « +40 » soient recouverts d'eau de mer une vive eau sur deux soit une fois par mois.
- Le bac « +60 » ne soit jamais recouvert d'eau.

Pour ce faire, en fin de vives eaux, la vanne de la claire est ouverte pour remplir la claire à la hauteur voulue puis, trois à quatre jours plus tard, lorsque le chenal est vide, la vanne est de nouveau ouverte pour évacuer l'eau et vider la claire (il reste toujours quelques centimètres d'eau mais les bacs étaient hors d'eau). Le plus souvent, le niveau de l'eau baissait de plusieurs centimètres avant la vidange et les bacs affleurant se retrouvaient hors d'eau avant l'ouverture de la vanne.

Résultats et discussion.

Suivi des paramètres physiques

Le suivi des différents paramètres de l'eau dans les claires sont représentés sur la figure 42 ci-dessous.

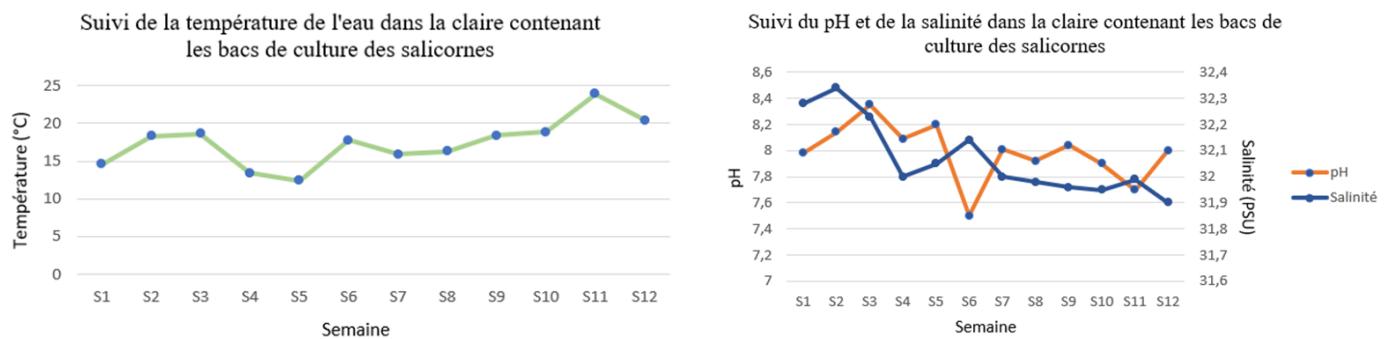


Figure 42 : Graphique de suivi des paramètres physico-chimiques.

La température de l'eau oscille entre 14°C fin Mai pour atteindre plus de 24°C début Août. Cependant, durant la majorité du temps, la température de l'eau est plutôt comprise entre 15°C et 20°C. La salinité est plutôt stable et autour de 32‰ alors que le pH semble varier de manière plus importante.

Suivi de la croissance.

Approche photographique de la croissance.

Le suivi photographique a été réalisé sur cinq mois (fig.43). Fin mars, début avril, les premières plantules sont sorties du sédiment, elles faisaient moins de 1 cm. En mai, les plants ont poussé jusqu'à 5,9 cm et les premières ramifications sont apparues. En juin, la croissance a été plus hétérogène, les plants ont une classe de taille comprise entre 3 et 7 cm. Début août, les plants ont commencé leur floraison, les tiges sont devenues boisées au niveau du pied et mi-août les salicornes sont passées d'une couleur vert-jaunâtre à rouge (fig.43). Habituellement, la floraison a lieu à la fin de l'été, en septembre. Lors de la quatrième coupe dans tous les quadrats, les tiges étaient déjà ligneuses et il y avait une perte de goût par rapport aux autres coupes.

Dans le milieu naturel, la pousse a eu un mois de retard en 2021 par rapport à 2020. Les salicornes ont commencé à sortir du sédiment fin avril au lieu de mai et elles sont également entrées en floraison plus rapidement. Suite à un échange avec un cueilleur professionnel, la récolte professionnelle a été mauvaise, son quota de 3 tonnes n'a pas été atteint (maximum 1,8 tonnes) à cause des basses températures relevées au printemps (jusqu'à -7°C) dans la Manche. Il y a eu 224 mm de pluie et un vent moyen à 94 km/h alors qu'en 2020, il y a eu 167 mm et un air à 83 km/h, l'apport d'eau douce a été trop important pour le début de la croissance des salicornes (Climat Manche (50) en 2021). Dans les bacs installés à la CABANOR, nous n'avons pas rencontré ce problème grâce au voile de croissance qui a été mis en place. De ce fait, la première coupe

du mois de mai a pu être réalisée dans le quadrat 4. Cependant, certaines extrémités étaient rouges suite au froid, les salicornes ont produit une forte concentration de β -carotène (Knapp, 2021).

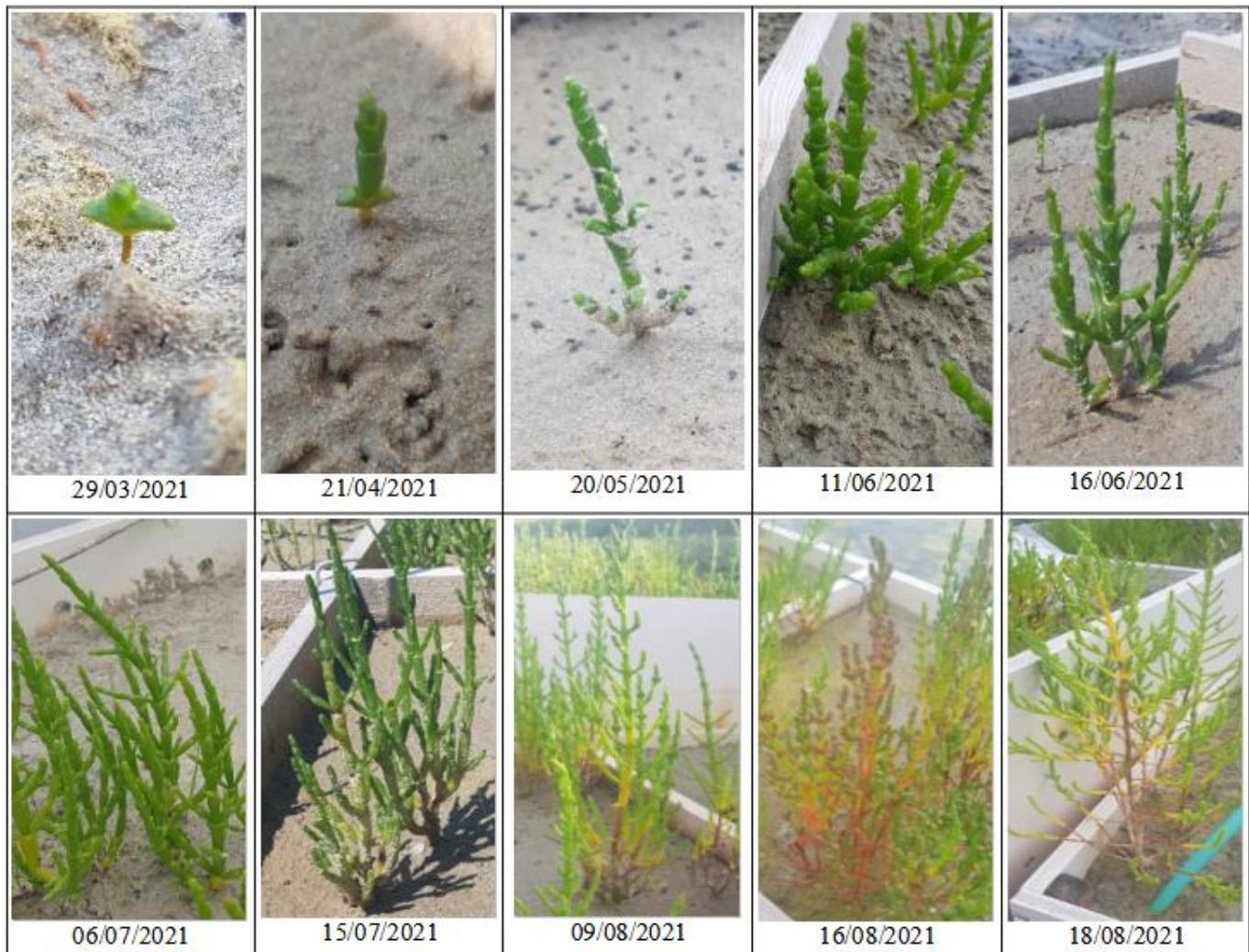


Figure 43 : Suivi photographique des salicornes semées dans les bacs installés dans la claire de la CABANOR (@M. Mulot)

Influence de l'apport d'eau.

La croissance finale des plants de salicornes en fonction de la hauteur de culture et donc d'accès direct à l'eau de mer est représentée sur la figure 44.

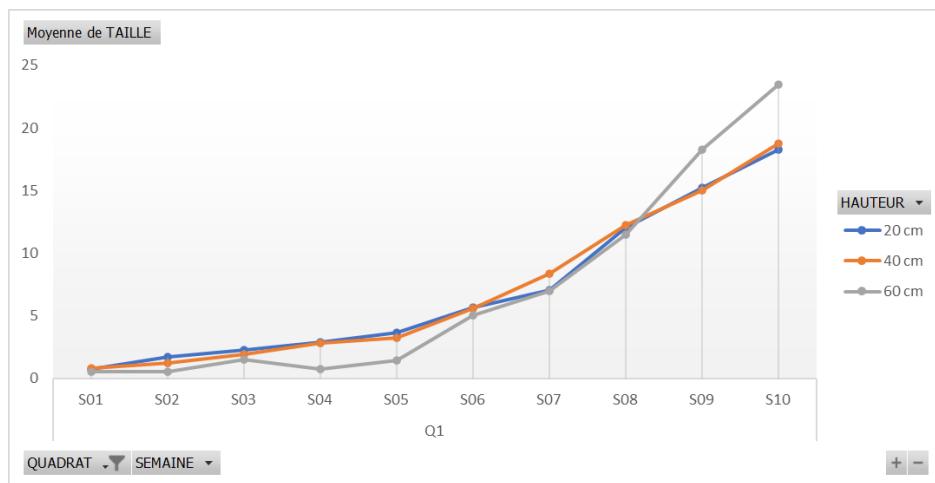


Figure 44 : Croissance en fonction de la hauteur de culture.

Ce graphique montre aucune différence notable de croissance entre les bacs « +20cm » et les bacs « +40cm » alors qu'on note une croissance légèrement plus importante à partir de fin juillet sur le bac « +60cm ». Il faut toutefois noter que les résultats obtenus pour le bac « +60cm » n'intègrent les données que d'un seul bac alors que pour les deux autres scénarios, les données moyennes sont obtenues sur 4 bacs. Il faut préciser qu'afin de pouvoir comparer les résultats, il a fallu éliminer les autres plantes halophytes qui poussaient dans le bac « +60cm », comme en 2020. Pour la seconde année, seule la salicorne a pu se développer dans les deux autres bacs. Il semble qu'un minimum de submerssion des cultures d'une fois par mois permette une croissance maximale tout en évitant l'invasion des cultures par d'autres plantes halophytes.

Influence de la densité.

Les principaux résultats de la croissance moyenne en fonction de la densité de semis sont synthétisés sur la figure 45.

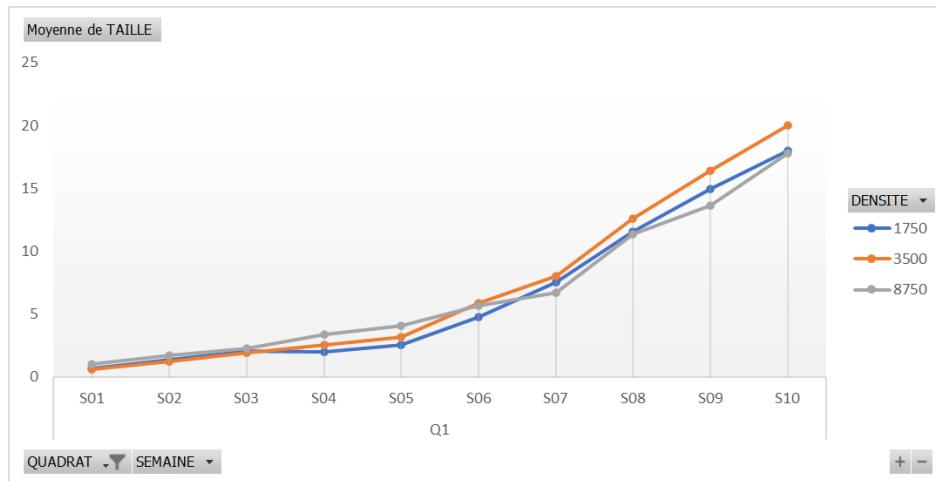


Figure 45 : Croissance en fonction de la densité de semis (en graines par bac).

Ces résultats ne montrent pas de réelles différences sur la croissance des salicornes en fonction des densités de semis. Toutefois, les graines semées pour cette expérimentation ont été obtenues avec un blender, méthode jugée rapide et efficace lors de la préparation des graines lors de l'hiver 2020 – 2021. Or, des expérimentations ultérieures ont démontré que cette méthode endommageait fortement les graines (Cf. Ch 2.b.1 page 25 Extraction des graines) pour arriver à un taux de germination d'environ 2% alors qu'un système de battage permet d'envisager des résultats 10 à 20 fois supérieur. Par conséquent, les résultats obtenus lors de cette expérimentation sont à revoir à partir de graines obtenues dans de meilleures conditions pour avoir un nombre final de plants par unité de surface plus proche des résultats envisageables lors d'une culture de salicornes.

Périodicité des coupes de salicornes.

Le tableau montre les différents résultats obtenus dans les conditions de l'expérimentation. Il s'agit du poids total coupé commercialisable obtenu dans chaque configuration.

Rythme de coupe	Bac 1 60 cm 3500 graines	Bac 2 40 cm 3500 graines	Bac 3 20 cm 3500 graines	Bac 4 40 cm 1750 graines	Bac 5 20 cm 1750 graines	Bac 6 40 cm 3500 graines	Bac 7 20 cm 3500 graines	Bac 8 40 cm 8750 graines	Bac 9 20 cm 8750 graines	Poids moyen par cadrat	Poids total par cadrat	Nb de plants moyen	Poids moyen par plant
Quadrat 1 : 1 coupe (Août)	154,75	81,67	13,16	33,23	24,46	61,11	46,59	132,53	61,85	67,71	609,35	27	2,51
Quadrat 2 : 2 coupes (Juin & Août)	149,28	68,44	13,35	82,01	22,74	105,73	19,85	157,47	64,39	75,92	683,26	25	3,04
Quadrat 3 : 3 coupes (Juin, Juillet & Août)	168,48	56,08	27,74	164,58	10,39	91,99	47,6	115,04	50,74	81,40	732,64	22	3,70
Quadrat 4 : 4 coupes (Mai, Juin, Juillet & Août)	125,94	84,74	7,85	115,44	17,84	94,16	22,78	119,66	38,08	69,61	626,49	23	3,03

Tableau 6: Poids commercial total de salicornes en fonction du nombre de coupes par saison et par quadrat de 0.24 m² (en g)

Au regard de ces résultats, les meilleurs en termes de poids total de salicornes commercialisables sont obtenus avec 3 coupes durant la saison. De plus, d'un point de vue qualitatif, il apparaît qu'une salicorne coupée fréquemment au cours de la saison donne un produit plus tendre que lors d'une récolte finale où la salicorne devient ligneuse.

D'autre part, on note une différence de poids récolté en fonction de la hauteur des bacs. Les résultats bruts donnent de meilleurs rendements sur le bac « +60 cm », mais étant donné que ces données ne sont obtenues que sur un seul bac, ils ne permettent pas de conclure sur ce scénario. Par contre, sur les deux autres hauteurs de bacs représentés par 4 bacs chacun, une différence de poids est notable. Le poids moyen de salicorne comestible est nettement supérieur dans les bacs recouverts d'eau de mer une seule fois par mois (bacs « + 40 cm ») comparé aux bacs subissant deux immersions mensuelles (bacs « + 20 cm »). Dans le cas du scenario à 3 coupes par an, la différence est même du simple à plus du triple. Il semble donc qu'un grand nombre de recouvrements n'empêche pas la plante de croître mais ne donne pas de biomasse.

Rythme de coupe Moyenne / hauteur	60 cm 1 bac	40 cm 4 bacs	20 cm 4 bacs
Quadrat 1 : 1 coupe (Août)	645	321	152
Quadrat 2 : 2 coupes (Juin & Août)	622	431	125
Quadrat 3 : 3 coupes (Juin, Juillet & Août)	702	446	142
Quadrat 4 : 4 coupes (Mai, Juin, Juillet & Août)	525	431	90

Tableau 7 : Poids commercial total de salicornes en fonction du nombre de coupes par saison (g/m²)

Au cours de ces expériences, on voit qu'un plant de salicorne produirait entre 3g et 4g de produit frais prêt à consommer si on coupe cette plante 3 fois dans l'année et si on exerce un recouvrement mensuel d'eau de mer durant 3 à 4 jours, soit un résultat d'environ 450 g/m² dans les conditions de l'expérimentation. Si cet exercice a permis de déterminer une rythmicité de coupe, les données de rendement ne seront à prendre en compte que lorsque nous aurons des données de densité de cultures optimales.

6. Aspects réglementaires et économiques

a. Diversification de l'activité ostréicole

Le code APE (Activité Principale Exercée) est attribué par l'INSEE au moment de la création de l'entreprise. Il permet d'identifier l'activité principale de cette dernière, qui représente la plus grande part du chiffre d'affaires afin d'établir des statistiques. Si un ostréiculteur souhaite diversifier ses activités et ses sources de revenus, il peut exercer à titre accessoire une activité commerciale (bofip.impots.gouv.fr). Ici, la mise en place d'une production de salicornes dans les claires. Cette diversification dépend de son code APE. Par exemple, un ostréiculteur fait partie de la section A : Agriculture, sylviculture et pêche ; de la Division 03 : Pêche et aquaculture ; du Groupe 03.2 : Aquaculture et de la Classe 03.21 : Aquaculture en mer, son code APE est donc 03.21Z. Cette sous-classe comprend l'aquaculture, la production de naissains et d'alevins, la culture de végétaux aquatiques et d'algues, la conchyliculture et la culture d'autres crustacés et mollusques. Ce code lui autorise la production de salicornes, car cette dernière fait partie de la catégorie végétaux aquatiques (INSEE).

Les claires de la CABANOR se trouvent sur le Domaine Public Maritime et ont fait l'objet d'une autorisation d'exploitation de cultures marines délivrée par l'Etat à la CABANOR. Les claires sont attribuées à des membres de la CABANOR dans le cadre du fonctionnement interne de la coopérative. La destination des claires est définie comme des concessions de dépôt de coquillages, ce qui s'inscrit dans une activité définie dans l'arrêté préfectoral portant sur le schéma des structures des exploitations de cultures marines de la

Manche, qui encadre l'activité conchylicole sur le Domaine Public Maritime. Aujourd'hui la culture de salicornes n'est pas intégrée dans cet arrêté préfectoral. Aussi il est nécessaire de mener une expérimentation répondant aux besoins d'inscription de cette culture dans ce document. En cas d'issue favorable, il sera ainsi possible à la CABANOR de solliciter une modification de son autorisation d'exploitation de cultures marines intégrant les claires, afin de permettre l'élevage des salicornes.

b. Projection économique de la culture de salicornes

Si un ostréiculteur souhaite mettre en place une culture de salicornes, il faut calculer le coût de production, le coût de revient et le chiffre d'affaires pour obtenir un résultat analytique et ainsi estimer la rentabilité de l'activité.

Si la production s'échelonne sur l'ensemble de l'année, il existe un pic d'activités sur la période entre Mai et Août au moment de la récolte qui correspond également à la période de conditionnement voire de commercialisation. Les autres périodes d'activités plus importantes sont les mois de Novembre – Décembre avec la récolte des graines et leur stockage et les mois de Janvier – Février avec le semis qui comprend également le nettoyage des claires si besoin et l'installation des voiles de croissance. Le reste du temps le travail consiste essentiellement à gérer l'eau dans les claires pour favoriser la culture (janvier - août) ou empêcher leur envahissement par d'autres plantes (août – janvier).

Selon les données issues des expérimentations effectuées en Charentes, la culture de salicornes produit environ 1kg/m²/an (com. CAPENA). Or la surface utile d'une claire est de 600 m² de semis pouvant ainsi produire jusqu'à 600 kg par claire. Cependant, sachant qu'une production maximale n'aura pas lieu tous les ans, les calculs seront basés sur une rentabilité de 400 kg par claire et par an.

Or, d'après l'enquête de terrain réalisée sur le terrain auprès des principaux revendeurs de la région de Blainville-sur-Mer durant l'été 2021, les prix de vente espérés seraient les suivants :

Client	Produit	Cout estimé (€/kg)
Rungis	Frais en vrac	3,30 €
Moyennes surfaces	Frais en vrac (quantité moyenne)	6,00 €
Moyennes surfaces	Frais conditionnés (barquette carton)	12,00 €
Restaurateurs	Frais en vrac (petite quantité)	10,00 €
Poissonneries	Frais en vrac (petite quantité)	10,00 €
Marché par les producteurs	Frais en vrac (quantité à déterminer)	15,00 €
Marché par les producteurs	Bocal vinaigre	28,00 €

Tableau 8 : Prix de vente des salicornes d'après une enquête effectuée auprès de différents clients potentiels durant l'été 2021.

De ce fait, le chiffre d'affaires potentiel par claire serait compris entre 1 300 € et 6 000€ selon les choix de valorisation de la salicorne.

D'un autre côté, vu que les expérimentations se sont effectuées à petite échelle, les dépenses liées à la production sont encore à déterminer pour la plupart. Cependant, certains paramètres peuvent être évalués avant d'être confirmés par une expérimentation à plus grande échelle. Déjà, cette culture, dans les conditions de la CABANOR, requiert relativement peu de matériels. Les principaux investissements seraient une ou plusieurs « minibatt » pour l'extraction des graines, du voile de croissance (environ 400 mètres linéaires par claire par 1.5 mètre de large), des arceaux de tunnel (400 par claire), des agrafes ou tout autre moyen d'accroche du voile de croissance au sol (800 à 1000 par claire). Et par mesure de sécurité, il faudra sûrement prévoir un moyen de vider une claire submergée en urgence (très grandes marées, fortes précipitations...) avec une pompe de relevage à poste. Il est à préciser que l'ajout de cette pompe dépend peut-être de l'étanchéité de la claire. De plus, mis à part le voile de croissance, ces investissements sont à prévoir pour plusieurs saisons.

Materiel	Description	Cout estimé
Matériel de coupe	Faucille, rateau, panier...	200,00 €
MiniBatt	Matériel de récolte des graines	1 000,00 €
Voile de croissance	400 mètres linaire - 19gr / m ²	200,00 €
Agrafes	1000 / claire	250,00 €
Arceaux de tunnel	400 arceaux / claire	1 200,00 €
Pompe de relevage	Avec installation et coffre de protection	2 000,00 €

Tableau 9 : coût estimatif de matériels nécessaire à la culture de salicorne par claire.

A ces investissements, on peut ajouter la première année un nettoyage complet de la claire qui s'effectue par une entreprise de travaux publics, à l'aide d'une pelleteuse. Le coût estimatif de cette prestation par claire est d'environ 500€.

Par contre, le coût humain pour le suivi d'une culture de salicorne par claire est encore difficile à déterminer. D'après les enquêtes réalisées auprès des cueilleurs de salicornes naturelles, il faut compter 4 heures pour récolter 85kg. La session de coupe se déroule en trois fois, soit 135 kg par coupe et par claire. On peut donc estimer qu'il faut trois jours de coupe pour récolter les 400 kg d'une claire. Mais, concernant la récolte des graines, son conditionnement, le semis, la gestion de l'eau dans les claires et le conditionnement des salicornes après récolte, aucune donnée de temps consolidée ne peut être présentée. Les travaux effectués lors de ces expérimentations ont été effectuées à trop petite échelle pour être transposable à une échelle de production. Au regard des travaux effectués, les premières estimations permettent d'envisager qu'un emploi à plein temps pourrait gérer plusieurs claires, de l'ordre d'une quinzaine. Il semble que si les temps de culture et d'entretien

des claires soient dépendants du nombre de claires, les travaux en aval de la récolte (traitement des salicornes récoltées, emballage, livraisons, relationnel client) sont mutualisables.

Cependant, des tests à grande échelle sont nécessaires pour calibrer plus finement le temps nécessaire au suivi d'une culture dans une claire et d'apprécier la mutualisation de certains travaux pour une culture sur plusieurs claires.

d. Discussion sur la culture de salicornes

De ces résultats, il résulte que la culture de salicornes semble parfaitement envisageable dans les claires de la CABANOR. Les tests effectués à la fois au SMEL, à INTECHMER et à la CABANOR ont montré que les paramètres nécessaires à la croissance de cette plante sont maîtrisés à l'échelle des bacs de cultures utilisés lors du projet et semblent tout aussi maîtrisables à l'échelle d'une claire. L'ensemble des étapes de culture a pu être étudié, de l'obtention des graines à la fréquence et à la méthode de coupe d'un champ de salicornes.

Cependant, des résultats définitifs sur la faisabilité d'une culture viable et rentable ne pourront être donnés sans passer par une expérimentation à une échelle plus importante. Il est donc proposé de passer sur une expérimentation à l'échelle d'une claire, soit passer de 10 m² lors de ce projet REHAB à 700 m². Toutefois, chaque claire fonctionne de façon différente en fonction notamment de son taux d'étanchéité donc de son aptitude à se remplir et à se vider « naturellement » en fonction des marées de vives eaux. Cela se traduit par des claires qui sont fortement pourvues en végétation halophyte voire presque terrestres pour certaines tandis que d'autres sont indemnes de végétation.

D'autre part, il est difficile d'évaluer le temps alloué à une culture de ce type après des expérimentations effectuées dans des bacs. Une expérimentation à l'échelle de la claire permettrait de calibrer plus sûrement les différents postes de dépenses pour une culture dans les meilleures conditions, notamment sur le temps nécessaire.

De ces résultats et en concertation avec les professionnels, il est proposé de rechercher des financements pour une expérimentation à plus grande échelle afin de confirmer les résultats obtenus lors de ce projet REHAB et d'apprécier la rentabilité d'une culture de salicornes dans les claires de la CABANOR.

BIBLIOGRAPHIE.

Albarède, F. (2000). Pourquoi la mer est-elle salée ? ENS Lyon, Laboratoire de Sciences de la Terre. Planet-Terre, Ressources scientifiques pour l'enseignement des sciences de la Terre et de l'Univers.

Alsagarden. Plantes Rares, Graines BIO & Variétés anciennes. (<https://www.alsagarden.com/>) (consulté le 27 avril 2021).

Andersen, R-A. (2005). Algal culturing techniques - 1st Edition. Phycological society of America, Elsevier, 592 p.

Arrêté préfectoral de la Manche, N° DDTM-SML-AM-2021-601. «Arrêté Définissant les conditions d'exploitation de la cueillette des salicornes à titre professionnel dans le département de la Manche pour l'année 2021 ». Direction départementale des territoires et de la mer, Service mer et littoral (consulté le 26 avril 2021).

Benoiston, A-S., Ibarbalz, F-M., Bittner, L., Guidi, L., Jahn, O., Dutkiewicz, S. and Bowler, C. (2017). The evolution of diatoms and their biogeochemical functions. Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci. 372.

bofip.impots.gouv.fr (https://bofip.impots.gouv.fr/bofip/1763-PGP.html/identifiant%3DBOI-BA-CHAMP-10-40-20190619#140_039) Chapitres I (paragraphe 70) et IV (paragraphes 140, 150 et 160) (consulté le 16 août 2021).

CAPENA (ancien nom CREAA : Centre Régional d'Expérimentation et d'Application Aquacole) (<http://www.creaa.fr/>) (consulté le 27 avril 2021).

Climat Manche (50) en 2021. linternaute. (<https://www.linternaute.com/voyage/climat/manche/departement-50>) (consulté le 25 août 2021).

Copin-Montegut G. (1989). « Chapitre 6 : le système gaz carbonique – bicarbonates – carbonates », Physico-chimie de l'eau de mer, OCEANIS, vol.15, 142 p.

Droit, C. (2021). Fiches et cours de droit, d'économie, de sciences politiques. (<https://cours-de-droit.net/>) (consulté le 28 juillet 2021).

Davidovich, N-A., Mouget, J-L. and Gaudin, P. (2009). Heterothallism in the pennate diatom *Haslea ostrearia* (Bacillariophyta). European Journal of Phycology, 44:2, 251-261.

Duponchelle, G. (2012). Potentiel de production de deux espèces d'halophytes : *Salicornia fragilis* et *Aster tripolium* en baie de Somme. Mémoire de Master 2 Écosystèmes, Agrosystèmes et Développement Durable. GEMEL, Université de Picardie Jules Verne. 49 p.

Falaise, C. (2019). Valorisation des activités biologiques de la diatomée marine *Haslea ostrearia*. Thèse de doctorat. Le Mans Université, 326 p.

Fermey-Paris, M. et Pien, S. (2017). Rapport la culture de salicornes : point général et évaluation du potentiel des claires ostréicoles de la CABANOR, 53 p.

Gastineau, R. (2011). Biodiversité, reproduction et phylogénie des diatomées bleues du genre *Haslea* et valorisation de leurs pigments de type marenne. Thèse de doctorat. Le Mans Université, 328 p.

Gastineau, R., Turcotte, F., Pouvreau, J-B., Morançais, M., Fleurence, J., Windarto, E., Prasetya, F. S., Arsal, S., Jaouen, P., Babin, M., Coiffard, L., Couteau, C., Bardeau, J-F., Jacquette, B., Leignel, V., Hardivillier, Y.,

Marcotte, I., Bourgougnon, N., Tremblay, R., Deschênes, J-B., Badawy, H., Pasetto, P., Davidovich, N., Hansen, G., Dittmer, J. and Mouget, J-L. (2014). Marenne, Promising Blue Pigments from a Widespread Haslea Diatom Species Complex. *Marine drugs*, 12, 3161-3189.

Gillespie, C. (2019). The Effects of Temperature on the pH of Water. *Sciencing*. (<https://sciencing.com/effects-temperature-ph-water-6837207.html>) (consulté le 17 août 2021).

Gunning, D. (2016). Cultivating *Salicornia europaea* (Marsh Samphire). Lucy Watson, BIM, Ireland, 95 p.

HORIBA. (2020). Scientific Hosts Virtual Trade Show Featuring Live Chat With Applications. (https://www.horiba.com/en_en/products/detail/action/show/Product/partica-la-960v2-1944/) (consulté le 28 mai 2021).

Hussenot, J. et Brossard, N. (1995). Premiers essais automnaux de culture en masse (24m³) de diatomées sur eau de mer fertilisée en N, P, Si. Culture sans ensemencement initial en conditions limitantes. Rapports internes de la Direction des ressources Vivantes de l'Ifremer, 48 p.

INSEE. Aquaculture en mer (<https://www.insee.fr/fr/metadonnees/nafr2/sousClasse/03.21Z?champRecherche=false>) (consulté le 16 août 2021).

Kapsenberg, L., Alliouane, S., Gazeau, F., Mousseau, L. and Gattuso, J-P. (2017). Coastal ocean acidification and increasing total alkalinity in the northwestern Mediterranean Sea. *Ocean Science* 13:411-426.

Knapp, J. (2021). Marinchère en terre salée - Le magazine de la Ruche Qui Dit Oui ! (<https://magazine.laruchequiditoui.fr/marinchere-en-terre-salee/>) (consulté le 25 août 2021).

La Breizh Salicorne. Les plantes marines cultivées sous serre (<http://lvserres.com/>) (consulté le 27 avril 2021).

Langlois, E. (2000). Mise en place et structuration des communautés végétales pionnières de marais salés. Baie du Mont Saint Michel. Université de Rennes 1: 291.

Le Cnam-Initechmer. Formations et recherches dans les sciences techniques de la mer. (<http://www.intechmer.cnam.fr/intechmer/>) (consulté le 6 avril 2021).

L'encyclopédie Picarde. Conseil Régional de Picardie. (<https://encyclopedie.picardie.fr/Baie-de-Somme.html>) (consulté le 30 avril 2021).

Maliet, V., Kupfer, M., Herold, J-P. (2020). *Salicornia spp.* DORIS. (<https://doris.ffessm.fr/Especies/Salicornia-spp.-Salicorne-1146>) (consulté le 27 avril 2021).

Mejdandzic, M., Bosak, S. and Ljubescic, Z. (2017). Blue Diatoms : Global Phenomenon of "Greening" in Shellfish and Record of Planktonic Haslea Species in the South Adriatic Sea. UDK 639.41.

Momonoki, Y-S. and Kamimura, H. (1994). Studies on the mechanism of salt tolerance in *Salicornia europaea* L. : changes in pH and osmotic pressure in *Salicornia* plants during the growth period. *Jpn. J. Crop Science*, vol.63 (3) : 518-523.

Nghiem-Xuan, R. (2019). Optimisation de la culture d'*Haslea ostrearia* en photobioréacteur. Thèse de doctorat. Université de Nantes spécialité Génie des Procédés, 280 p.

Poiret, D. (2014). Salicorne, trésor nutritif et diététique. Bienfaits, Danger, Posologie, Effets Secondaires (<https://www.mr-plantes.com/2014/04/tresor-nutritif-et-dietetique/>) (consulté le 30 juillet 2021).

Poulin, M., Méléder, V. and Mouget, J-L. (2019). Typification of the first recognized blue pigmented diatom, *Haslea ostrearia* (Bacillariophyceae). *Plant Ecology and Evolution* 152 (2) : 402-408.

Pouvreau, J-B., Morançais, M., Fleury, F., Rosa, P., Thion, L., Cahingt, B., Zal, F., Fleurence, J. and Pondaven, P. (2006). Preliminary characterization of the blue-green pigment « marenne » from the marine tychopelagic diatom *Haslea ostrearia* (Gaillon/Bory) Simonsen. *Journal of Applied Phycology* 18, 757–767.

Prasetya, F-S. (2015). Greening phenomenon in bivalve by marenne produced from *Haslea ostrearia* and its consequences on bivalve's integrated response. *Invertebrate Zoology*. Université du Maine, English, 251p.

Producteur d'huîtres et de coquillages en Normandie (2019). (<http://www.thalassa-tradition.fr/notre-histoire-et-nos-parcs.html>) (consulté le 15 avril 2021).

Pvalue.io. Logiciel de biostatistique en ligne - statistiques médicales. (https://stats.pvalue.io/app_direct/stats/) (consulté le 19 août 2021).

RNM : Réseau des Nouvelles des Marchés. (2021). Prix cours marché - Pêche et aquaculture (<https://rnm.franceagrimer.fr/prix?SALICORNE>) (consulté le 30 juillet 2021).

Robert, J-M. (1973). La diatomée *Navicula ostrearia* Bory en baie de Bourgneuf. *Revue Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes*, 37, p. 363–368.

Robert, J-M., Morançais M., Pradier E., Mouget J-L., Tremblin G. (2002). Extraction and qualitative analysis of the blue-green pigment marenne synthesized by the diatom *Haslea ostrearia*. *Journal of Applied Phycology* 14 : 299-305.

Savéol (<https://www.saveol.com/fr/nos-produits/salicorne.html>) (consulté le 27 avril 2021).

SMEL : Synergie Mer Et Littoral Manche. (2015). (<https://www.smel.fr/>) (consulté le 6 avril 2021).

Tela Botanica. eFlore (https://www.tela-botanica.org/eflore/?referentiel=bdtfx&module=fiche&action=fiche&num_nom=59194&onglet=synthese) (consulté le 27 avril 2021).

Tempête de l'Ouest (2021). Tempête de l'Ouest : Produits Bretons - Spécialités Bretonnes. (<https://www.tempetedelouest.fr/>) (consulté le 30 juillet 2021).

Turpin, V. (1999). Étude des événements physico-chimiques et biologiques présidant à la prolifération d'*Haslea ostrearia* (Simonsen) dans les claires ostréicoles de la région de Marennes-Oléron : implications dans la maîtrise du verdissement. Thèse de doctorat, spécialité : biologie marine. Université de Nantes, 211 p.

Turpin V., Robert J-M., Gouletquer P., Massé G. and Rosa P. (2001). Oyster greening by outdoor mass culture of the diatom *Haslea ostrearia* Simonsen in enriched seawater. *Aquaculture Research*, 32(801-809).

Ungar, I-A., (1977). Salinity, temperature, and growth regulator effects on seed germination of *Salicornia europaea* L. *Aquat. Bot.*, 3: 329--335.

Ventura, Y., Wuddineha, W-A., Myrzabayevab, M., Alikulovb, Z., Khozin-Goldberga, I., Shpigelc, M., Samochad, T-M. and Sagi, M. (2011). Effect of seawater concentration on the productivity and nutritional value of annual *Salicornia* and perennial *Sarcocornia* halophytes as leafy vegetable crops. *Scientia Horticulturae* 128: 189-196.

Verger, F. (1995). Slikkes et schorres, milieux et aménagement. *École Normale Supérieure Poitiers. Norois*, t.42, n°165, p. 235-245.

RESUME

Les claires de la zone conchylicole de la CABANOR (Blainville-sur-Mer, Manche) sont une particularité en Normandie. Prévues à l'origine pour l'affinage des huîtres à l'instar des claires charentaises, les conditions climatiques normandes n'ont pas permis de maîtriser le verdissement des huîtres. De ce fait, ces bassins en tangue étaient sous utilisés pour la plupart.

*Le projet REHAB avait pour objet d'étudier des voies de réhabilitation de ces bassins par deux sujets : la maîtrise de l'algue *Haslea ostrearia* responsable du verdissement des huîtres par une étude bibliographique et si possible des tests de conditionnement. L'autre voie étudié est la culture de salicorne, plante halophyte très appréciée dans en alimentation humaine. La salicorne est déjà présente naturellement dans les bassins de la CABANOR et la culture est aujourd'hui maîtrisée dans les marais salants de Charentes Maritimes.*

*Après deux saisons de recherches et d'expérimentations, les résultats donnent très peu d'espoir sur la maîtrise de la culture d'*Haslea ostrearia*, algue extrêmement compliquée à maintenir et dont la culture en grande quantité n'est à ce jour maîtrisée. Cependant, les premiers résultats obtenus sur la culture de salicornes laissent entrevoir de réelles possibilités d'exploitations viable techniquement et économiquement. Cependant, pour affirmer que cette activité de diversification pour les entreprises de la CABANOR soit viable, une expérimentation à plus grande échelle (minimum sur la surface d'une claire) semble indispensable.*