

Conception d'un nouveau système de captage des huîtres plates pour lutter contre la pollution plastique

Rapport de l'Expérience Professionnelle
de type Elève Ingénieur
du 06/07/2020 au 25/09/2020



Tuteur entreprise	Tuteur EIGSI	Etudiant
Jacques GERARD	Gérard LAMOITIER	Antoine LAUREAU 4A
Secrétaire général	Retraité	Stagiaire
06.34.21.31.43	06.28.95.43.55	06.33.65.46.29
jac.gerard56@gmail.com	glamoitier@gmail.com	antoine.laureau.21@eigsi.fr

Table des matières

Remerciements	4
I. Introduction	5
II. Présentation	6
A. L'association	6
B. Missions et enjeux pour l'association	6
C. Objectifs de la mission	6
III. Bilan méthodologique	7
A. RBS (Ressource Breakdown Structure)	7
B. WBS (Work Breakdown Structure)	7
C. Descriptif des tâches.....	8
IV. Bilan technique.....	9
A. Différentes espèces d'huîtres.....	9
B. Cycle de production des huîtres	9
C. Description des techniques de captage	11
1. Captage de l'huître creuse, <i>Crassostrea gigas</i>	11
2. Captage de l'huître plate <i>Ostrea edulis</i>	14
D. Déchets à l'issue du captage et de l'élevage	16
1. En France	16
2. En Baie de Quiberon.....	17
E. Conception de structures	18
1. Structure pour boudins.....	18
2. Structure pour coupelles	19
3. Nouvelles structures.....	21
4. Coupelles « SeaBird », alternative au polypropylène.....	22
5. Comparatif des superficies de captage.....	25
6. Comparatif des rendements de captage	25
7. Validation.....	27
8. Communication.....	27
F. Conclusion technique	27
V. Bilan d'expérience	29
VI. Conclusion	31
VII. Bibliographie.....	32

Légende de la photo de la page de garde : Barges ostréicoles (ou chalands) avec structures de captage d'huîtres plates à la trinité sur mer (crédit photo : A. LAUREAU)

Liste des figures :

Figure 1 : RBS (Ressource Breakdown Structure)	7
Figure 2 : WBS (Work Breakdown Structure).....	8
Figure 3 : Les deux principales espèces d'huîtres élevées ; à gauche, l'huître creuse japonaise (<i>C. gigas</i>) et à droite, l'huître plate (<i>O. edulis</i>).....	9
Figure 4 : Schéma montrant les différentes étapes du cycle de production d'une huître creuse.....	10
Figure 5 : Schéma montrant les différentes étapes du cycle de production d'une huître plate	10
Figure 6 : Carte des principaux pays producteurs de <i>Crassostrea gigas</i>	11
Figure 7 : Pourcentage de production d'huîtres creuses en fonction des pays.....	12
Figure 8 : Carte des principaux pays producteurs d' <i>Ostrea edulis</i>	14
Figure 9 : Frise chronologique des systèmes de captage de l' <i>Ostrea edulis</i>	14
Figure 10 : Image de la modélisation des structures pour boudins de moules.....	19
Figure 11 : Image de la modélisation de la structure pour les brins de coupelles.....	20
Figure 12 : Image de la modélisation de la nouvelle structure réalisé	21
Figure 13 : Photo de la coupelle biosourcée de Seabird (crédit photo : A. LAUREAU)	22
Figure 14 : Images de la modélisation de la coupelle adaptée de SeaBird	23
Figure 15 : Images de la modélisation du moule pour les coupelles (vue éclatée).....	24
Figure 16 : Evolution des quantités moyennes de naissain par année	26

Liste des tableaux :

Tableau 1 : Quantités de <i>Crassostrea gigas</i> produites par les pays les plus producteurs	11
Tableau 2 : Systèmes de captage de <i>Crassostrea gigas</i> dans le monde.....	12
Tableau 3 : Systèmes de captage de l' <i>Ostrea edulis</i> en France.....	15
Tableau 4 : Tableau récapitulatif des techniques de gestion des déchets en fonction des régions	16
Tableau 5 : Encombrement maximum de la structure pour boudins de moules	19
Tableau 6 : Encombrement maximum des structures pour les brins de coupelles.....	20
Tableau 7 : Encombrement maximum de la nouvelle structure.....	22
Tableau 8 : Comparatif des surfaces de captage des différents systèmes	25
Tableau 9 : Comparatif du nombre de naissains captés entre boudins et coupelles	26

Remerciements

Je tiens à remercier toutes les personnes qui m'ont suivi pendant la durée de mon stage et aidé pour la rédaction, la relecture et la correction de ce rapport.

Tout d'abord je voudrais remercier mon maitre de stage Mr Jacques GERARD pour les clarifications apportées concernant le sujet du stage et son suivi au cours des différentes étapes de ce stage.

J'aimerais également remercier mon tuteur de stage EIGSI, Mr Gerard LAMOITIER pour l'aide apportée ainsi que les différentes vérifications concernant mon plan directeur et les idées pour peaufiner ce projet de stage.

Je souhaiterais aussi remercier l'association de La Vigie ainsi que tous ses membres pour m'avoir accueilli avec sympathie et enthousiasme sur ce sujet si problématique localement.

Je voudrais également remercier tous les professionnels qui ont contribué à l'avancement et à l'aboutissement de mon stage en participant aux réflexions et idées pour les différentes étapes de conception.

I. Introduction

De nos jours, l'augmentation des échanges commerciaux et leurs mondialisations ont entraîné une utilisation exponentielle du plastique. On le retrouve sous diverses formes et dans de nombreuses utilisations. Une grande partie du plastique est à usage unique et est peu recyclé. De ce fait, depuis des décennies, les océans sont pollués par des déchets d'origines différentes. On estime, que chaque année, entre 4 et 12 millions de tonnes de déchets plastiques sont déversés dans les océans, soit environ 400 kg par seconde. Au total, on estime à 54 000 milliards le nombre de débris plastiques voguant dans les océans. Une grande partie de ces débris sont des microplastiques (< 5 mm). Ils représentent environ 92% des déchets. Ils sont à l'origine de la création des « continents de déchets » et ont des conséquences dévastatrices sur l'environnement. Lors de la publication d'un rapport en 2017, des études scientifiques ont montré que 50% des déchets en plastiques sont des plastiques à usage unique et que 15% de ces déchets sont issus des activités de pêche et de l'aquaculture [1].

En France, la proportion des déchets issus de la pêche et de la conchyliculture varie selon les régions mais représente environ 50% de la pollution plastique sur le littoral français. Les régions les plus concernées du fait de leurs nombreuses flottilles et zones conchylicoles sont la Bretagne et la Normandie [2]. Dans ces deux régions, les quantités de déchets issues de la pêche et de la conchyliculture explosent pour atteindre 70%.

Toutes ces données sont des estimations car il est impossible de déterminer exactement les proportions à des échelles géographiques aussi importantes. Mais cela donne une idée de la pollution du littoral ainsi que des proportions des déchets issus de l'industrie de la pêche et de la conchyliculture.

A plus petite échelle, il est possible de déterminer précisément les quantités et proportions des déchets échoués sur le littoral de la Trinité sur mer (Morbihan). C'est ce qu'a fait l'association de La Vigie via des opérations de ramassage ayant pour but de réaliser un suivi mensuel des quantités et de la typologie des déchets échoués (Annexe 1).

Il a été ainsi possible d'observer l'évolution de la quantité des déchets ostréicoles échoués sur une plage de 100 mètres de long. Ainsi, de juin 2019 à juin 2020, 89 kg de déchets ont été récoltés. Ces déchets ont été ramassés par les bénévoles de l'association. Ce suivi a montré que 90% des macrodéchets échoués sur le littoral étaient des déchets ostréicoles et en particulier des débris de boudins plastiques [3].

Ce suivi met donc clairement en évidence l'ampleur de la pollution des plages trinitaines et la nécessité d'agir en amont pour empêcher l'accumulation croissante de plastique sur les plages et dans le milieu marin.

II. Présentation

A. L'association

L'association de la Vigie a été créée en 1972. Elle a été fondée dans le but d'étudier et de recenser les différents problèmes liés à l'environnement, les pollutions, l'érosion du trait de côte et la dégradation de l'environnement marin, sur le territoire de la Trinité sur mer (Morbihan). Elle participe à la préservation du patrimoine littoral en luttant notamment contre une urbanisation excessive. Il s'agit également d'une association organisant des promenades à pied, en vélo, qui permettent de sensibiliser les personnes à la découverte et à la protection du littoral et de son environnement [3].

B. Missions et enjeux pour l'association

Au vu de la pollution non négligeable du littoral trinitain, il est apparu nécessaire de réfléchir à des méthodes pour essayer de réduire les quantités de déchets plastiques sur les plages. Cela doit passer d'une part, par une prise de conscience et une sensibilisation des ostréiculteurs, et d'autre parts par un soutien dans leur démarche de modification de leurs pratiques de captage et/ou l'utilisation de matériaux innovants. Il m'a donc été demandé de :

- Faire un état de l'art pour recenser les différents types de captage des jeunes huîtres et les différentes alternatives pour permettre de limiter la pollution,
- Rechercher de possibles matériaux recyclables et/ou biodégradables,
- Essayer de concevoir un système ou d'améliorer un système existant qui permettrait de capter les huîtres plates au fond de la baie avec un impact moindre sur l'environnement,
- Préparer des supports de sensibilisation et de communication.

C. Objectifs de la mission

Spécifique : Doit permettre de capter les huîtres de manière efficace en polluant moins directement et indirectement (ne pas laisser de déchet dans la mer et être biodégradable et/ou recyclable).

Mesurable : Acquérir des données sur les quantités de naissains captés sur les anciens supports et sur les nouveaux. Suivre l'évolution des quantités de macrodéchets sur les bords de côtes.

Atteignable : Avoir une bonne communication avec les personnes compétentes de l'association ainsi qu'avec les professionnels concernés pour obtenir le meilleur rendu possible.

Réalisable : Afin de valider notre système, il faudra qu'il pollue moins que les systèmes actuels, soit en résistant mieux aux tempêtes (limiter la perte de portions de structures), soit en utilisant des matériaux biodégradables.

Temporel :

- Avoir rendu le plan directeur 2 semaines après le début du stage et après validation par le tuteur,
- Avoir remis le rapport Final pour le 29 Septembre,
- Au-delà du stage, vérifier l'efficacité du rendement de captage.

III. Bilan méthodologique

La méthodologie présentée dans le plan directeur a été bien suivie et a permis de réaliser le projet dans sa globalité.

A. RBS (Ressource Breakdown Structure)

Toutes les ressources nécessaires à la réalisation du stage ont été disponibles. J'ai pu m'approprier le sujet grâce aux rencontres avec plusieurs ostréiculteurs, un chargé de mission du Comité Régional de la Conchyliculture (CRC) de Bretagne sud, un représentant de la société SeaBird, un technicien de la gestion des déchets à la Communauté de Commune, Auray-Quiberon-Terre Atlantique, un représentant de la Coopérative Maritime et mes référents à l'association de la Vigie (figure 1).

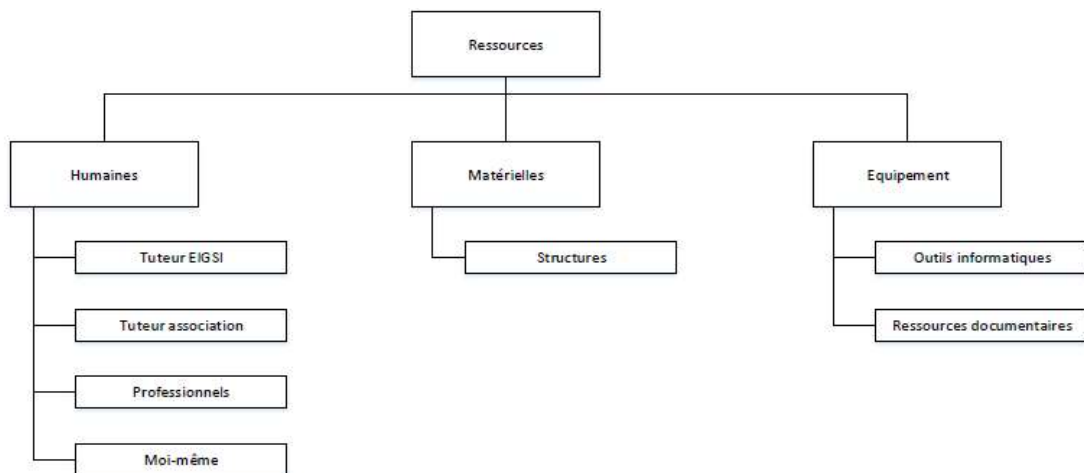


Figure 1 : RBS (Ressource Breakdown Structure)

B. WBS (Work Breakdown Structure)

Le WBS a été suivi. Les différentes actions de gestion du projet, recherches et rencontres avec les professionnels, la phase de conception, l'étape de validation, ont été menées au cours du stage (figure 2). La préparation de supports de communication a été en partie réalisée. Une présentation orale des résultats du stage sera effectuée lors de la prochaine assemblée générale de l'association en 2021. En outre, les tests de simulation et test de résistance pourront être effectués à l'issue du stage par les professionnels ou le CRC.

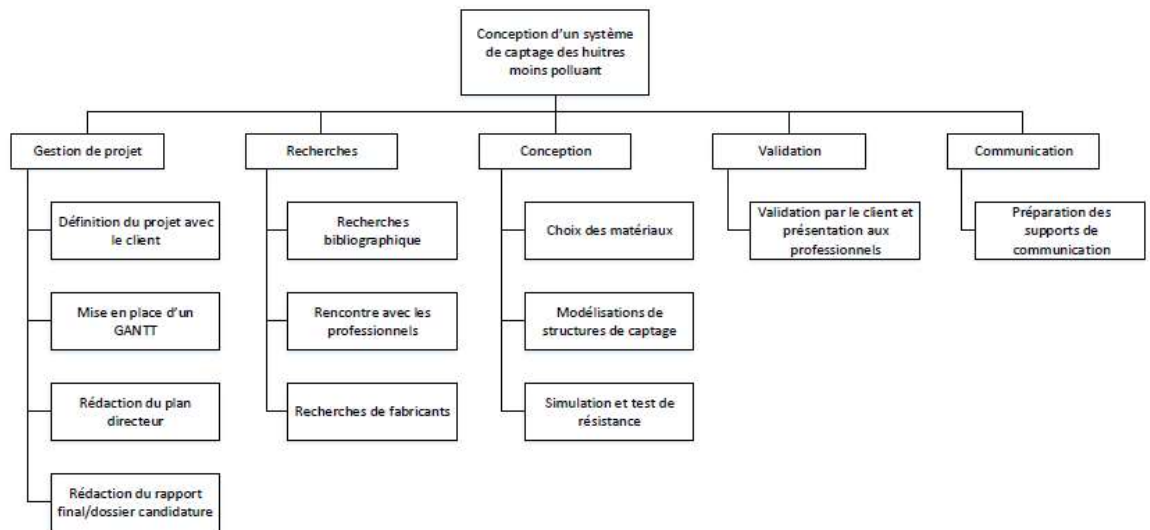


Figure 2 : WBS (Work Breakdown Structure)

C. Descriptif des tâches

La gestion de projet s'est bien déroulée et selon le plan directeur.

Le diagramme de Gantt (annexe 3) a été mis à jour en fonction des avancées du projet et il correspond aux temps évalués pour chacune des tâches.

Toutes les tâches prévues ont été effectuées et tous les risques majeurs ont pu être évités. Cela est en partie dû au fait d'avoir fait une analyse des risques précise (annexe 4) dès le début du projet et de faire des points réguliers de l'avancement de ce projet avec mon tuteur de stage.

IV. Bilan technique

Cette tâche a consisté en diverses recherches dans le but de décrire au mieux le sujet de l'ostréiculture bretonne, les différents acteurs, les étapes de l'élevage des huîtres et les fabricants des systèmes de captage. Le principal enjeu était de faire un état de l'art global des systèmes de captage au niveau mondial. Cela permet de se rendre compte de la diversité des méthodes utilisées et des différentes techniques en fonction de l'espèce d'huître cultivée. J'ai réalisé une frise chronologique des méthodes utilisées pour le captage du naissain de l'huître plate qui est le sujet principal de ce stage. Ces utilisations illustrent les possibles sources de pollution ainsi que les déchets que cela engendre. Les recherches ont ensuite été tournées vers les nouvelles techniques et matériaux afin d'imaginer et de concevoir des nouvelles structures de captage plus écologiques.

A. Différentes espèces d'huîtres

Il existe une cinquantaine d'espèces d'huîtres dans le monde et seules quelques espèces plus emblématiques sont aujourd'hui cultivées et commercialisées.

Certaines espèces ont donc une place plus importante que d'autres en termes de production. Les deux espèces majoritairement élevées dans le monde et en France sont l'huître creuse japonaise, *Crassostrea gigas*, et l'huître plate, *Ostrea edulis* (figure 3).



Figure 3 : Les deux principales espèces d'huîtres élevées ; à gauche, l'huître creuse japonaise (*C. gigas*) et à droite, l'huître plate (*O. edulis*).

B. Cycle de production des huîtres

La production d'huîtres comporte plusieurs étapes : le captage (ou la collecte des larves) et les étapes de grossissement (en suspension, en eau profonde ou en surélevé sur estran) (figures 4 et 5).

Le captage naturel consiste à collecter des larves d'huîtres dans le milieu naturel qui, après une phase pélagique, se fixent à un substrat et achèvent leur métamorphose en petites huîtres (ou naissains). Les collecteurs ou structures de captage sont disposés dans

le milieu préalablement au recrutement larvaire. Une fois captés, les naissains sont généralement déplacés sur des sites d'élevage pendant une période qui peut durer entre trois et quatre ans.

En fonction des espèces et des pays de production, ces étapes peuvent être un peu différentes (Figures 4 et 5). En particulier au niveau du captage des huîtres creuses, le naissain peut également provenir d'écloserie (captage maîtrisé en milieu contrôlé). Les techniques sont alors différentes (non abordées dans ce rapport).

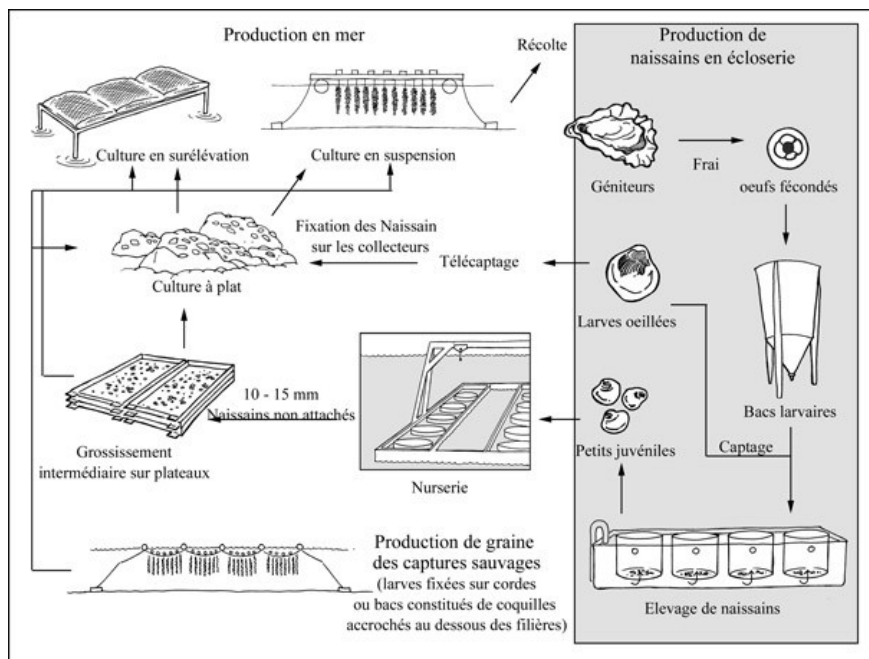


Figure 4 : Schéma montrant les différentes étapes du cycle de production d'une huître creuse

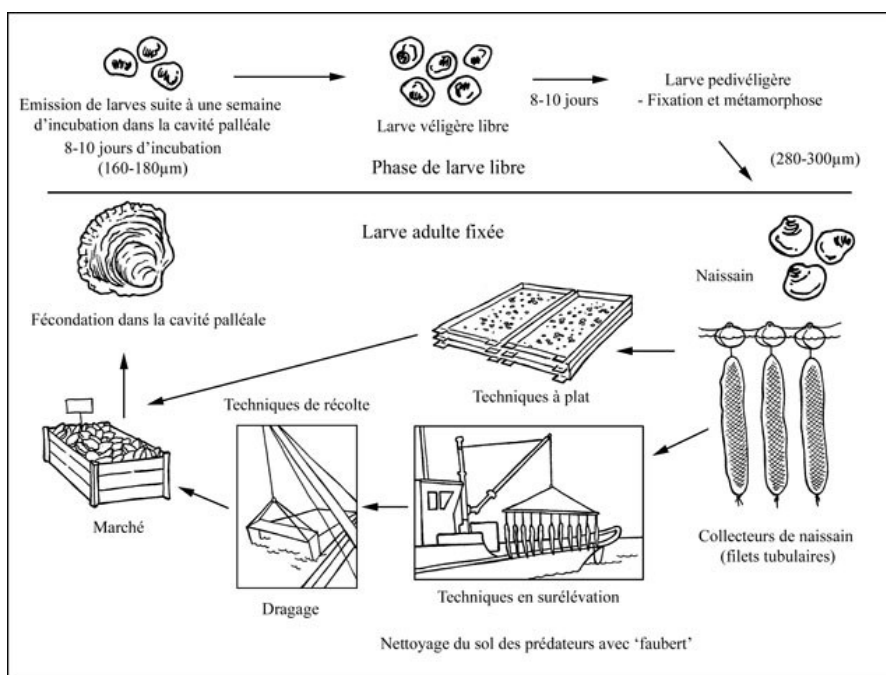


Figure 5 : Schéma montrant les différentes étapes du cycle de production d'une huître plate

C. Description des techniques de captage

Les deux principales espèces élevées dans le monde sont *Crassostrea gigas* et *Ostrea edulis*. D'autres espèces, moins importantes au niveau commercial, sont aussi élevées dans d'autres pays (annexe 5).

1. Captage de l'huître creuse, *Crassostrea gigas*

L'espèce, *Crassostrea gigas*, plus connue sous le nom d'« huître creuse » ou « huître japonaise » est la plus répandue dans le monde (figure 6). Une vingtaine de pays la cultive [4].

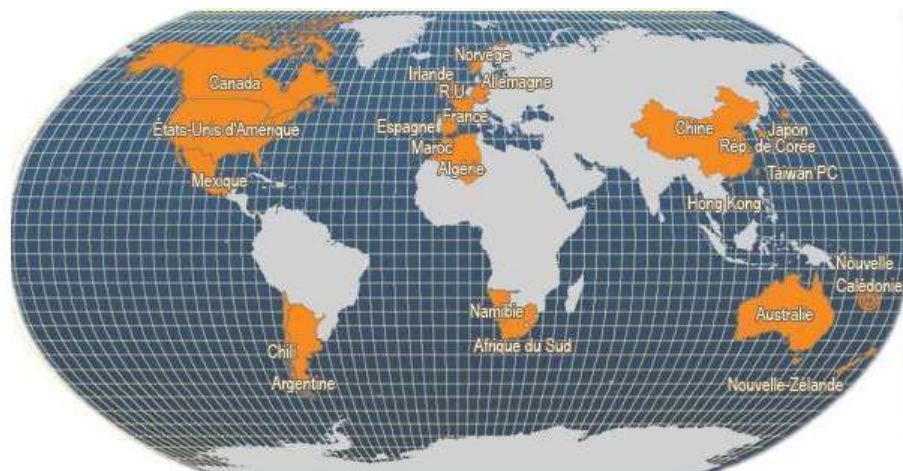


Figure 6 : Carte des principaux pays producteurs de *Crassostrea gigas*

Les quantités produites varient énormément par pays. La preuve en est, la Chine représente, à elle seule, environ 85% de la production mondiale avec environ 3 630 000 tonnes et 4 pays en produisent plus de 99 % (tableau 1 et figure 7) [4]. La France est le premier pays européen en termes de production avec environ 115 000 tonnes par an. Cette espèce y a été élevée à partir des années 1970.

Tableau 1 : Quantités de *Crassostrea gigas* produites par les pays les plus producteurs

Pays	Quantité produite (en tonnes)	Pourcentage
Chine	3 630 000	84.7
Japon	261 000	6.1
Corée	238 000	5.6
France	115 000	2.7
Autre	80 000	0.9
Total	4 324 000	

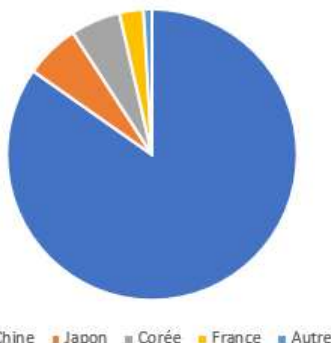




Figure 7 : Pourcentage de production d'huîtres creuses en fonction des pays

De nombreuses méthodes de captage existent afin de collecter les jeunes huîtres de cette espèce dans le milieu naturel (Tableau 2) :

Tableau 2 : Systèmes de captage de *Crassostrea gigas* dans le monde

Méthodes de captage	Illustrations
France (depuis 1970)	
Tubes posés sur des tables basses sur l'estran (partie découverte à marée basse) : il s'agit de tubes en PVC striés (afin d'avoir une meilleure surface pour l'accroche des larves d'huîtres). Ils sont soit déposés 1 par 1, soit par bloc de 20 (4 niveaux de 5) sur les tables.	 <p>(Crédit photo : CRC Pays de Loire)</p>
Brins de coupelles en PVC posés sur les tables ostréicoles sur l'estran (non chaulées).	 <p>(Crédit photo : Thalassa tradition)</p>

Pleno (plaques PVC empilées) : plaque de 60*60*10 cm constituées d'un nombre important de lamelles constituant une grande surface de captage.



(Crédit photo : Papilles et Pupilles)

Japon

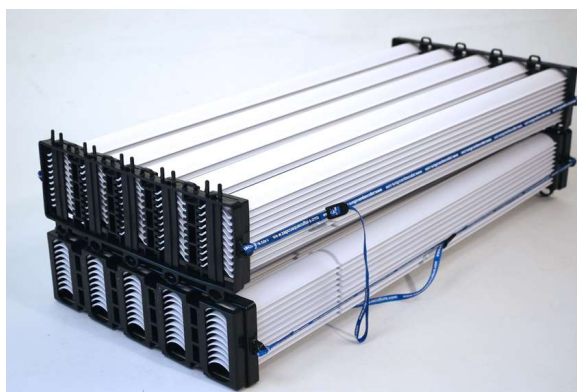
Filière constituée de valves de coquille Saint Jacques ou d'huîtres percées en leur centre. La majeure partie des jeunes huîtres captées ainsi grandiront toute leur vie (2 à 3 ans) sur la même structure. Les huîtres au Japon sont majoritairement vendues décoquillées. La forme de la coquille n'a donc pas grande importance pour la commercialisation. Les pratiques d'élevage sont donc simplifiées.



(Crédit photo : Ifremer)

Chine

« Longues tuiles » en plastique (PVC) maintenues par des systèmes à chaque bout facilitant l'extraction des tuiles pour le détroquage (décollement des jeunes huîtres fixées). La description des techniques utilisées sont peu documentées.



(Crédit photo : Zhangzhou Aoxi Plastic Co.)

2. Captage de l'huître plate *Ostrea edulis*

L'espèce *Ostrea edulis* est aussi appelée « huître plate » ou « la belon » (du nom d'une rivière où certaines sont affinées). Il s'agit d'une espèce moins répandue dans le monde que l'huître creuse, *Crassostrea gigas* (figure 7). Les quantités produites sont nettement inférieures et on estime la production mondiale à moins de 6 000 tonnes par an [5]. La production française est aujourd'hui d'environ 1 500 tonnes.



Figure 8 : Carte des principaux pays producteurs d'*Ostrea edulis*

Cette espèce naturelle (non importée) est emblématique des côtes françaises. Depuis la pêche sur les gisements naturels à l'aide de dragues embarquées sur des bateaux de pêche, des évolutions importantes ont été réalisées pour capter les jeunes huîtres. Dès le XIX^{ème} siècle, pour augmenter la production, les ostréiculteurs eurent l'idée de poser des fagots de bois (fascine) sur l'estran pour collecter du naissain. L'idée des tuiles chaulées est ensuite venue et a permis une augmentation importante du rendement de captage. Elles étaient également déposées sur l'estran. Ces méthodes s'appliquaient à tout le littoral français et principalement en Bretagne [6 et 7].

Suite à des maladies, le captage des huîtres plates a été limité à quelques secteurs en Bretagne, la baie de Quiberon et la rade de Brest. Les techniques ont dû évoluer (figure 8). Elles sont décrites dans le tableau 3.

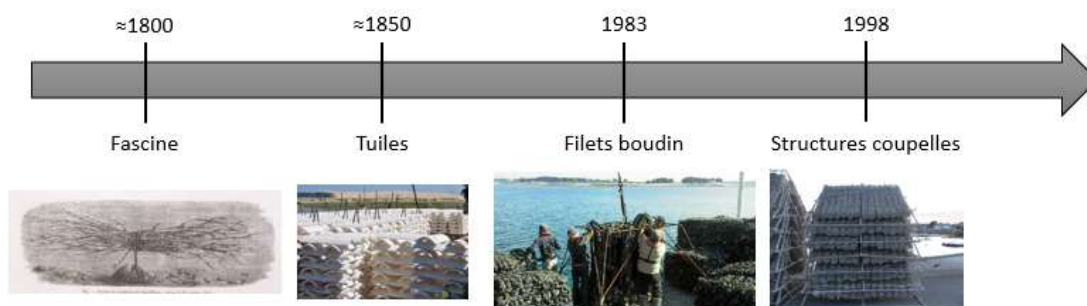
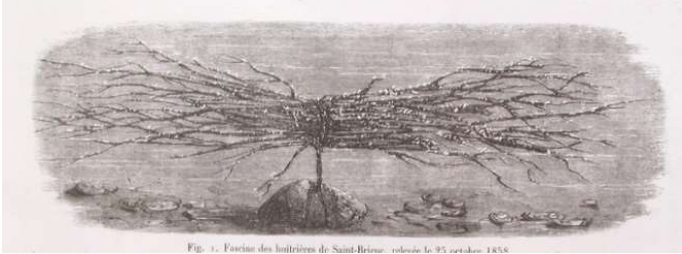





Figure 9 : Frise chronologique des systèmes de captage de l'*Ostrea edulis*

Tableau 3 : Systèmes de captage de l'*Ostrea edulis* en France

Méthodes de captage	Illustrations
<p>1800. Fascines (fagots de bois au fond) accrochées ensemble et déposées sur le fond ou maintenues légèrement au-dessus du sol</p>	 <p>FIG. 1. Entrée des huîtres de Saint-Benoît, relevé le 25 octobre 1858</p> <p>(Crédit photo : Agrocampus ouest)</p>
<p>1850. Tuiles (chaulées) : empilement de 12 tuiles en moyenne 2 par 2 en quinconce sur 6 niveaux posées à même le sol sur l'estran ou sur des tables.</p>	 <p>(Crédit photo : bassin Arcachon)</p>
<p>1983. Boudins de PVC remplis de coquilles de moules et suspendus sur des structures en fer.</p>	 <p>(Crédit photo : le Télégramme)</p>  <p>(Crédit photo : La Vigie)</p>

1998. Brins de coupelles en PVC (chaulées) posées sur des structures en eau profonde.



(Crédit photo : A. LAUREAU)



(Crédit photo : A. LAUREAU)

D. Déchets à l'issue du captage et de l'élevage

1. En France

Deux grands types de déchets sont discernables, les déchets coquillés (les coquilles des huîtres mortes) et les déchets plastique (les collecteurs pour le captage, les poches pour l'élevage...). A l'heure actuelle, le traitement varie selon le type de déchets et la région d'élevage [8]. Ces différentes techniques sont résumées dans le tableau 4 suivant :

Tableau 4 : Tableau récapitulatif des techniques de gestion des déchets en fonction des régions

	Déchets coquillés	Déchets plastiques
Méditerranée	Récoltées, triées, nettoyées puis concassées afin de servir de fertilisant pour les agriculteurs	Ramassage quotidien puis incinération (pas de valorisation)

Normandie	Dépôts des coquilles sur la moitié supérieure de l'estran où les vagues amènent les coquilles vers le large	Ramassage régulier puis enfouissement (pas de valorisation)
Marennes-Oléron	Remblais des chemins, largage en mer, entassées au bord des chemins	Déchets brûlés en extérieur ou stockage sur les bords des chemins

On peut observer des différences de gestion et traitement en fonction des régions. Ces pratiques sont relativement néfastes pour l'environnement et donnent une image assez dégradante de la profession conchylicole [9]. Si des filières de recyclage semblent plus structurées pour les déchets coquillés, celles des plastiques ne sont toujours pas bien organisées, pourtant cette profession est grande consommatrice de plastiques (tubes et coupelles de captage, poches d'élevage...) (tableaux 2 et 3).

Les exploitations sont nombreuses, souvent petites et disséminées sur tout le territoire, rendant difficile la collecte. En outre, il faut que le matériau plastique soit très propre. Or, une coupelle, même après détachement (action d'enlever les naissains fixés sur les coupelles) ou une poche restée assez longtemps immergée en mer sont souvent trop souillées pour être recyclées (dites des professionnels). Il faudrait donc développer aussi une filière de nettoyage avant recyclage. Si des recommandations sont effectuées et quelques essais réalisés dans plusieurs régions, il n'existe pas encore de telles filières au niveau national.

Une entreprise espagnole commence à recycler des poches d'élevage usagées en Poitou-Charentes, toutefois, pendant cette phase de démarrage, les quantités récoltées restent faibles (18 tonnes sur 108 tonnes estimés).

2. En Baie de Quiberon

Les principaux déchets en Baie de Quiberon sont les déchets issus du captage des huîtres plates car l'élevage des huîtres (creuses et plates) est réalisé majoritairement au fond de l'eau sans l'utilisation de poches ostréicoles en plastique comme cela est le cas sur l'estran.

La baie de Quiberon est aujourd'hui la première zone de captage de l'huître plate, *Ostrea edulis*, en France. Pour rappel, la superficie des parcs ostréicoles en Baie de Quiberon représente environ 2 000 ha. Cela correspond à 125 concessions environ réparties dans toute la baie. Aucune concession ne fait la même superficie. On estime que sur les 125 concessions, seules 25 servent au captage de l'huître plate ; les autres sont utilisées pour l'élevage et le grossissement des huîtres plates et creuses. Les concessions pour le captage sont situées au bord de côtes (annexe 6) car le captage se réalise dans des eaux peu profondes. Elles sont réparties entre seulement 10 ostréiculteurs de la rivière de Crac'h.

Le nombre total de structures de captage posées sur le fond est estimé à environ 5 000 structures (dites des professionnels). Il est compliqué de connaître précisément la

proportion des concessions utilisées en fonction du type de captage, avec des boudins de moules et avec des brins de coupelles. Depuis cette année, les structures boudins sont censées ne plus être utilisées (dires des professionnels). Toutefois, une plongée en baie de Quiberon sur un parc de captage, réalisée par un membre de l'association (18/08/2020) a confirmé la présence de nombreuses structures avec des boudins de moules.

Cette quantité importante de structures de captage, le long de la côte, participe considérablement à augmenter le risque de pollution du littoral et des plages : plus le nombre de structures est important plus le risque de détachement des brins de coupelles ou des boudins de moules est élevé.

Chacun des deux systèmes de captage pollue d'une manière totalement différente. Les structures avec les boudins de moules polluent à cause de la désolidarisation des filets boudins de la structure. Cela est principalement due aux tempêtes qui arrivent à décrocher ces boudins. Les filets plastiques remplis de coquilles de moules sont seulement entourés autour de la structure. Une fois détachés des structures, ils restent posés à même le fond, s'enterrent sous le sable ou même se retrouvent sur les plages.

Les nouvelles structures majoritairement utilisées, avec des coupelles, polluent également, mais surtout en fin de vie du produit. En effet, les coupelles ont une durée de vie comprise entre 8 et 10 ans à raison d'une immersion d'environ 7 mois par an. Une fois les coupelles usagées, les ostréiculteurs les stockent souvent sur leurs terre-pleins par manque de filière de recyclage. Le matériau utilisé pour les coupelles est le polypropylène. Il s'agit d'un matériau recyclable. Toutefois, il n'existe aujourd'hui aucune filière de recyclage de polypropylène pour ces coupelles souillées.

E. Conception de structures

Deux types de structure de captage des huîtres plates sont utilisées en eau profonde en baie de Quiberon : les boudins de moules et les coupelles. Chacune de ces deux techniques possède une structure et une conception différente. L'association m'a demandé de les modéliser en 3D afin de permettre une meilleure visualisation et pour mieux comprendre les risques de pollution. Pour cela, toutes les mesures nécessaires m'ont été fournies et elles ont été complétées par des photographies et différents documents.

1. Structure pour boudins

Suites aux deux maladies dévastatrices des huîtres plates en France dans les années 70 et 80, le captage des jeunes huîtres sur estran est devenu impossible. Il a donc fallu développer des systèmes de captage en eau profonde jusqu'alors non réalisé [10 et 11] (tableau 3).

Il s'agit d'une assez grande structure à base et sommet carrés réalisée à partir de barre de fer à béton soudées (figure 10). Les dimensions de ces structures sont une base carrée de 2.5 m de large, un sommet carré de 1.4 m de large et une hauteur de 1.5 m. Les boudins de moules sont doubles. Ils mesurent environ 1 m 80 de long (soit deux boudins continus

de 0.90 m). Chaque boudin complet contient environ 1 350 coquilles de moules. Ils sont déposés à cheval sur les tubes du sommet et enroulés pour limiter le décrochage. Sur chaque structure, sont déposés environ 50 boudins de 1.80 m.

Ces structures complètes sont posées sur le fond des parcs ostréicoles à une profondeur comprise entre 3 et 5 mètres. Elles sont localisées avec des bouts et des bouées qui flottent à la surface [11]. Elles restent au fond de la baie de juin/juillet (période de captage des naissains) à janvier/février (période de relevage des structures). Elles sont utilisées depuis les années 80.

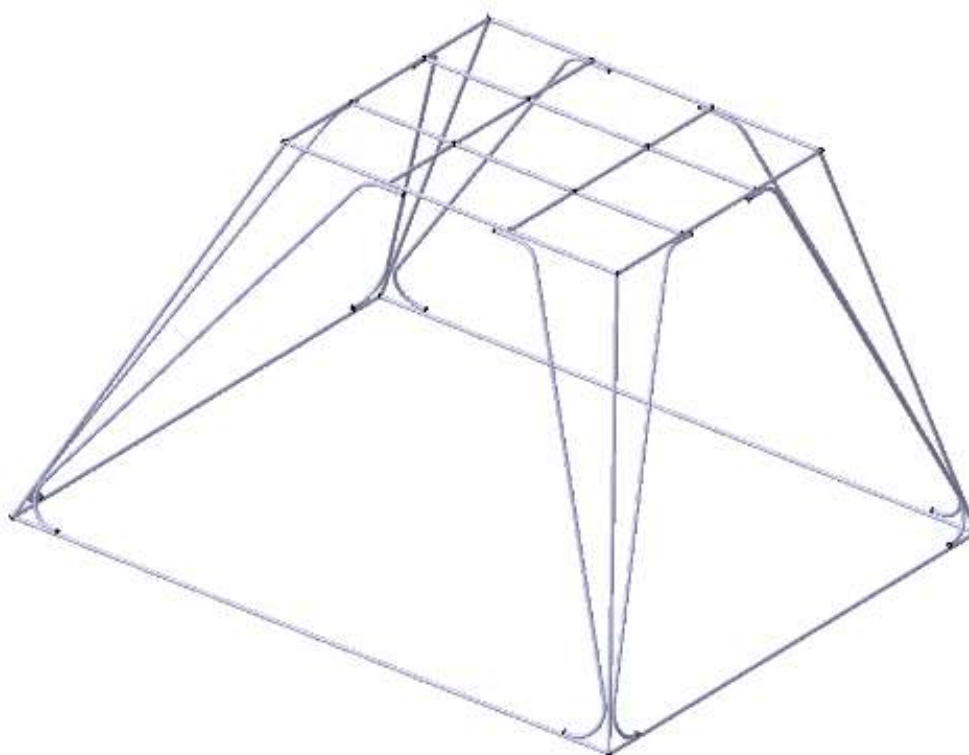


Figure 10 : Image de la modélisation des structures pour boudins de moules

Les dimensions, afin de voir l'encombrement maximum, sont présentées dans le tableau suivant (tableau 5) :

Tableau 5 : Encombrement maximum de la structure pour boudins de moules

Longueur	Largeur	Hauteur	Empreinte au sol
2.5 m	2.5 m	1.5 m	6.25 m ²

2. Structure pour coupelles

Les boudins de moules étant trop polluants (décrochage et arrachage réguliers...), les ostréiculteurs ont mis en place depuis la fin des années 90, par soucis de respect de

l'environnement, un nouveau système de captage tout aussi efficace si ce n'est plus, basé sur l'utilisation de brins de coupelles (tableau 3). Chaque brin est constitué de 45 coupelles individuelles autour d'un tube plastique, les brins sont fixés sur les deux grands côtés opposés de la structure. Il y en a 14 de chaque côté pour un total de 28 brins de coupelles.

Les structures complètes sont déposées au fond de l'eau également. Ces structures mesurent 2.5 m de long, 2 m de large et 1.1 m de haut. Elles sont construites en barre de fer à béton. Les brins sont maintenus en place par un morceau de fer à béton reliés à la structure par une manille pour obtenir une bonne fixation (dires des professionnels).

A l'heure actuelle, les coupelles utilisées par tous les ostréiculteurs de la région sont commercialisées par la coopérative maritime qui travaille en partenariat avec l'injecteur plastique SODUM (Dordogne). Ils détiennent le monopole de la fabrication et de la vente de coupelles en Bretagne. Leurs coupelles sont en polypropylène. Or ce plastique se recycle mal une fois souillé.

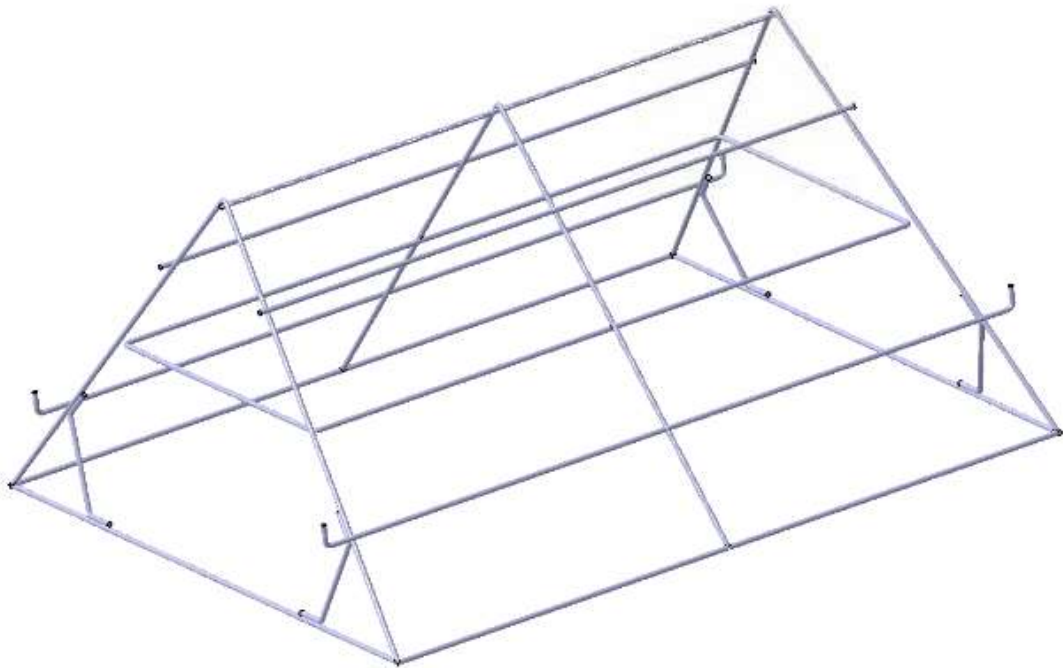


Figure 11 : Image de la modélisation de la structure pour les brins de coupelles

Les dimensions, afin de voir l'encombrement maximum, sont présentées dans le tableau suivant (tableau 6) :

Tableau 6 : Encombrement maximum des structures pour les brins de coupelles

Longueur	Largeur	Hauteur	Empreinte au sol
2.5 m	2 m	1.1 m	5 m ²

3. Nouvelles structures

Toujours dans le but de maintenir un bon rendement de captage et suite aux discussions avec un professionnel du secteur, il est apparu qu'une nouvelle structure pourrait être envisagée et qui correspondrait à la structure idéale. La principale différence avec les structures actuelles est que les brins de coupelles seraient posés non plus sur 2 cotés mais sur 4 cotés. Cela permettrait d'augmenter le nombre de brins de coupelle et ainsi la surface de captage.

Une des contraintes était de faire une structure au moins aussi stable pour qu'elle ne se renverse pas lors des tempêtes. Il faut obtenir une stabilité maximale aux vues de la surface de la base et de la forme. Une autre contrainte était la nécessité de pouvoir empiler les structures afin de permettre un meilleur rangement sur le terre-plein ainsi que sur la barge ostréicole pour aller les déposer au fond de la baie. Enfin, l'utilisation des brins de coupelles est indispensable, aujourd'hui, car les professionnels disposent de machine automatisée adaptée pour le détachement des naissains (action de décoller les naissains de la coupelle).

La nouvelle structure permet d'installer 42 brins de coupelles. Dans l'idéal, il s'agirait de coupelles en plastique biosourcé pour avoir une empreinte écologique réduite au minimum. Cette structure garderait le même système d'attache des brins pour maintenir les coupelles en place afin de limiter leur décrochage et leur perte. Evidemment cette structure est plus lourde et plus encombrante, mais au vu des moyens de manutentions sur les barges ostréicoles, cela ne devrait pas poser pas de problème. De plus, le fait d'avoir un nombre plus important de brins de coupelles permet d'avoir moins de structures. Cette structure, en fer à béton, mesure 3.9 m de long, 2.90 m de largeur et 1.10 m de hauteur.

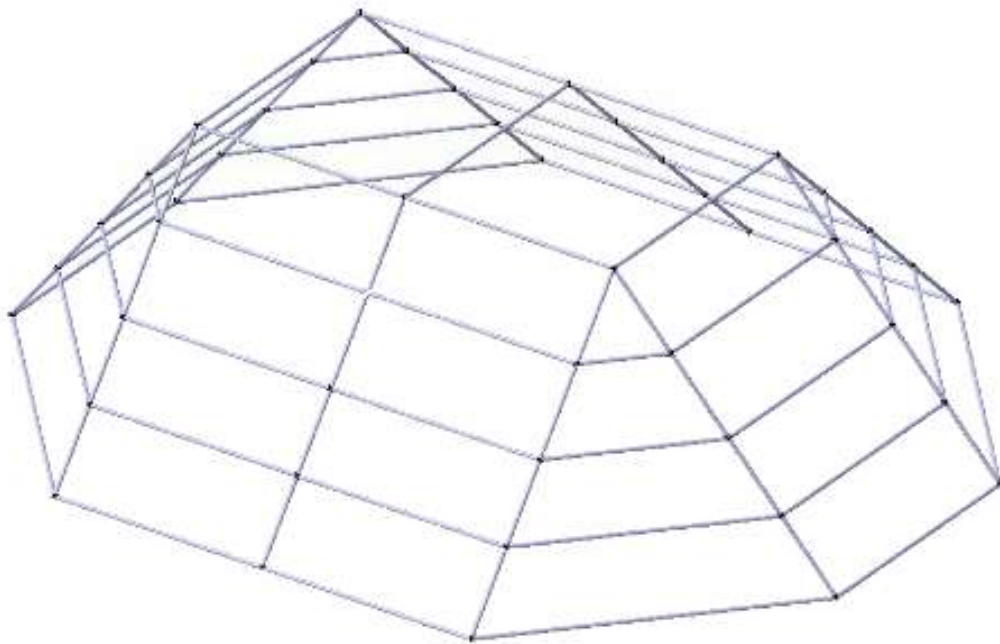


Figure 12 : Image de la modélisation de la nouvelle structure réalisé

Les dimensions afin de voir l'encombrement maximum sont présentées dans le tableau suivant (tableau 7) :

Tableau 7 : Encombrement maximum de la nouvelle structure

Longueur	Largeur	Hauteur	Empreinte au sol
3.9 m	2.9 m	1.1 m	9.3 m ²

4. Coupelles « SeaBird », alternative au polypropylène

Une alternative possible aux coupelles « classiques » en PVC sont les coupelles en bioplastique (figure 13). Une des seules entreprises à essayer de développer ce nouveau produit est l'entreprise SeaBird basée à Lorient. Leurs plastiques sont biosourcés, non issus du pétrole, et composés à 15% de poudre de coquilles d'huitres.

Elles ont une durée de vie estimée entre 3 et 5 ans. Une fois usagée, elles ont juste besoin d'être entreposées dans un compost industriel, et en 6 mois, elles sont assimilées par la biomasse [12]. En outre, si elles sont perdues en mer, leur durée de vie est estimée à 10 ans avant leur décomposition, contre 400 à 600 ans pour une coupelle classique en polypropylène.

Elles sont faites en collaboration avec l'injecteur plastique Sogemap (Charente maritime) qui est également un vendeur de coupelles de captage classique. Ces coupelles ont un diamètre de 15.5 cm. Or, les structures de captage actuelles utilisées en baie de Quiberon sont prévues pour les coupelles commercialisées qui ont un diamètre de 14.3 cm.

À la suite du rendez-vous avec l'entreprise SeaBird, ils m'ont conseillé de concevoir un moule et une coupelle aux dimensions adaptables aux structures utilisées à l'heure actuelle en baie de Quiberon.

La conception d'une coupelle aux bonnes dimensions et une simulation d'un moule à injection plastique ont été réalisées (figures 14 et 15). Ce moule permettrait de produire un produit de qualité similaire à chaque production, en plus grand nombre, et donc de limiter ainsi les coûts de production.



Figure 13 : Photo de la coupelle biosourcée de Seabird (crédit photo : A. LAUREAU)

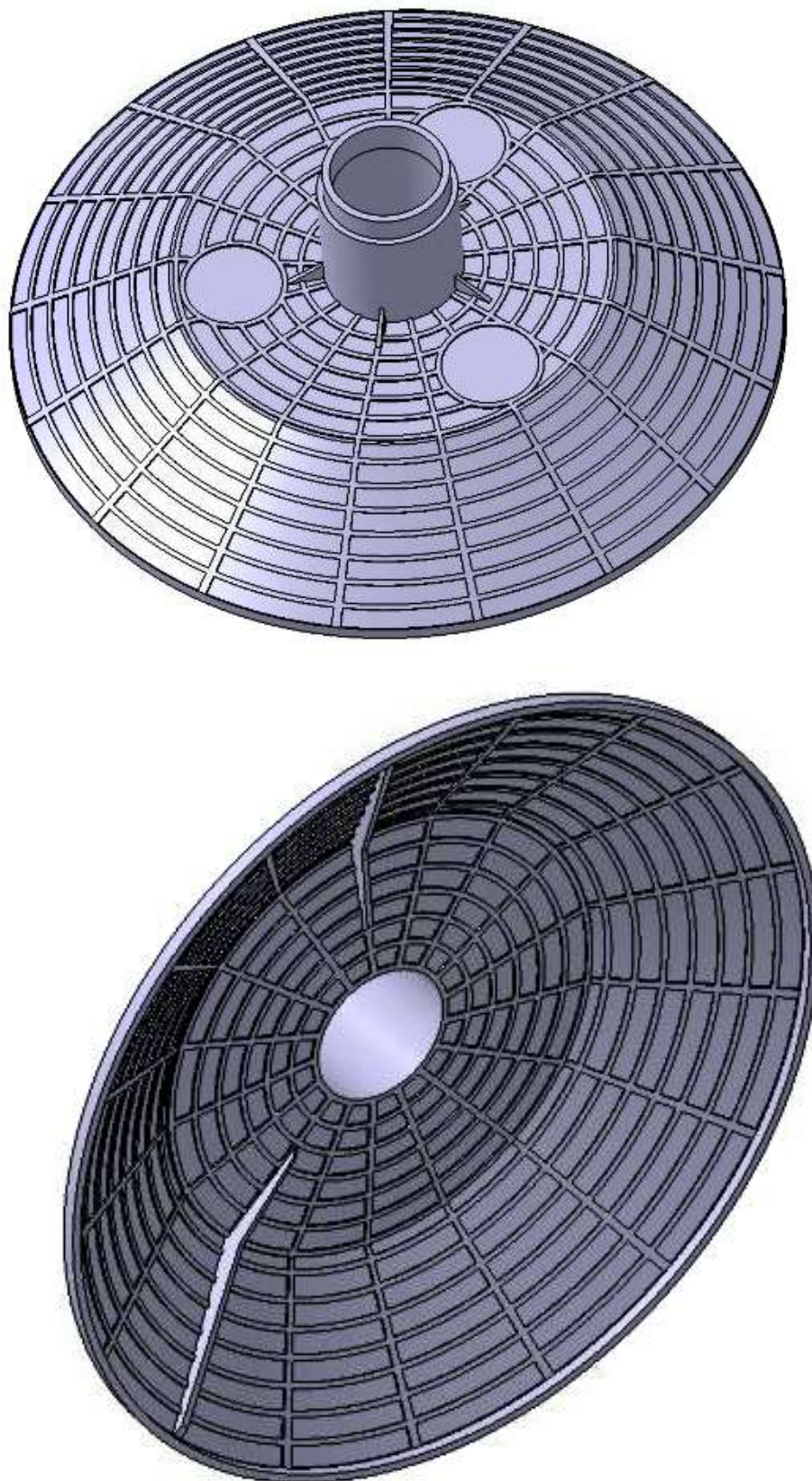


Figure 14 : Images de la modélisation de la coupelle adaptée de SeaBird

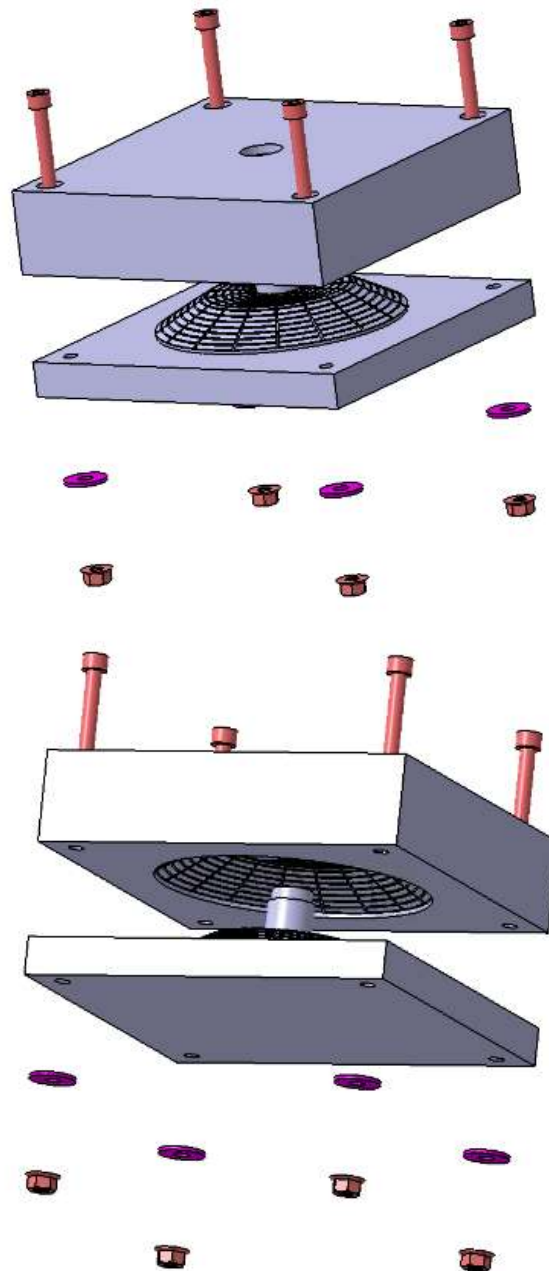


Figure 15 : Images de la modélisation du moule pour les coupelles (vue éclatée)

Le moule est un bloc de métal de base carrée de 20 cm et de hauteur 6.8 cm. Il est fixé par des vis afin de montrer le principe. Toutefois, dans une chaîne de production, il faudra modifier ce système afin de l'automatiser et le rendre plus efficace pour augmenter le rendement.

5. Comparatif des superficies de captage

Afin de définir quelle sont les meilleures technique et structure pour obtenir un rendement de captage supérieur, nous avons estimé les surfaces de captage des différentes structures.

Tableau 8 : Comparatif des surfaces de captage des différents systèmes

Systèmes	Surface
Bouquet de tuiles	1.24 m ²
Structure avec boudins de moules	108 m ²
Structure actuelle avec coupelles conventionnelles	42.2 m ²
Structure actuelle avec coupelles SeaBird adaptées	45.8 m ²
Nouvelle structure avec coupelles SeaBird adaptées	68.7 m ²

Ces chiffres sont discutables car les surfaces peuvent varier en fonction du temps. Par exemple sur les bouquets de tuiles qui étaient posés près du sol, la partie basse ne captait pas du fait de sa proximité avec la vase. En effet, l'eau chargée en sédiment ne favorise pas le captage.

Autre exemple, pour les boudins de moules, la surface de captage semble très importante puisque chaque boudin contient environ 1 350 coquilles de moules [7]. Mais une fois immergées, les coquilles de moules se salissent vite et donc seules les coquilles situées sur la partie extérieure du boudin sont utiles pour le captage (dires de professionnels). La surface est donc considérablement réduite.

La nouvelle structure proposée permet d'augmenter la surface de captage, d'une part parce qu'elle peut comporter plus de coupelles et que, d'autre part, les coupelles en plastique biosourcé, de forme différente, ont elles-mêmes une superficie un peu plus grande que les coupelles en PVC. Le gain de surface avec ces nouvelles structures et coupelles est de 26 m² par rapport aux structures et coupelles actuelles.

6. Comparatif des rendements de captage

L'estimation des quantités de naissain captées en fonction de la structure est aussi un bon indicateur pour savoir quelle structure propose le meilleur rendement.

Les chiffres moyens de captage ont été déduits d'informations disponibles dans la littérature [9 et 10].

Le CRC évalue le rendement de captage en comptant les naissains obtenus sur des structures expérimentales immergés au fond de la Baie chaque année depuis 2011. Le nombre moyen de naissains varie énormément d'une année à l'autre. Ces différences s'expliquent par plusieurs paramètres, la température de l'eau, la quantité d'huîtres adultes présentes sur les bancs naturels... [13].

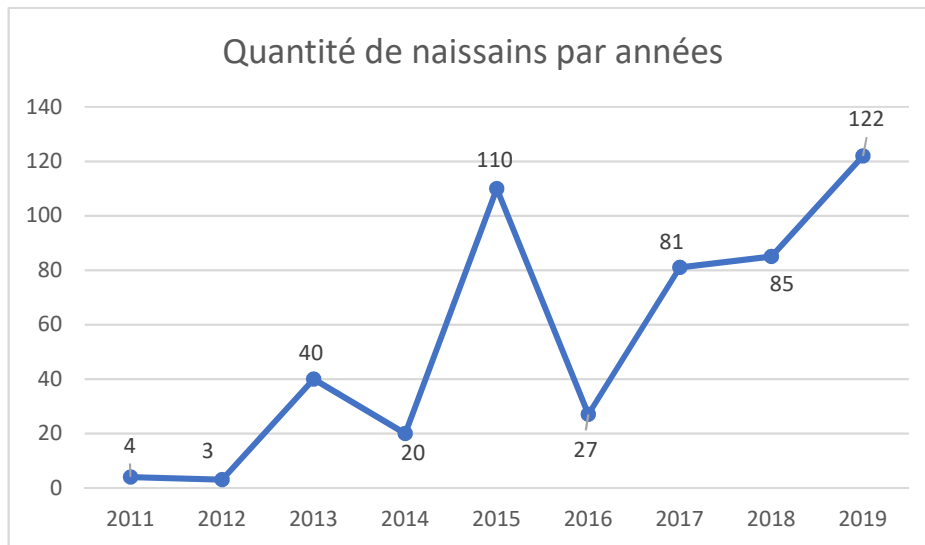


Figure 16 : Evolution des quantités moyennes de naissain par année

Pour évaluer le nombre de naissains sur les coupelles classiques, on a choisi le rendement de l'année 2019, qui était de 122 naissains en moyenne sur une coupelle (rendement le plus élevé depuis 2011) et un rendement moyen calculé sur les 9 dernières années, qui est de 55 naissains par coupelle [14].

Pour les coquilles de moules, le rendement maximum estimé est de 1 naissain par coquille de moule. Ce résultat a été décrit dans une publication [11].

Sur la base de ces résultats, et en fonction des superficies de captage, on obtient les rendements suivants (tableau 9). Les résultats montrent des différences importantes entre les quantités de naissains estimés selon les structures (annexe 7).

Néanmoins, quel que soit le nombre moyen de naissains par coupelle, les nouvelles structures permettent un gain significatif de 50 %.

Tableau 9 : Comparatif du nombre de naissains captés entre boudins et coupelles (1 : captage de 2019, 2 : moyenne de captage entre 2011 et 2019)

Systèmes	Nombre de naissains captés estimés (1)	Nombre de naissains captés moyen (2)
Structure avec boudins de moules	67 500	30 300
Structure actuelle avec coupelles conventionnelles	153 720	69 170
Structure actuelle avec coupelles SeaBird adaptées	166 830	75 070
Nouvelles structures avec coupelles SeaBird adaptées	250 250	112 600

Il y a actuellement environ 5 000 structures au fond de la baie de Quiberon. Or, le nombre de structure de filets boudins n'a pas été communiqué. Sur la base de 4 000 structures pour brins de coupelles, le rendement moyen est de 276 680 000 naissains. Ce nombre de naissains serait atteint avec seulement 2 450 nouvelles structures.

7. Validation

Pour l'association de la Vigie, ce projet a fait l'unanimité car un des objectifs de cette association est la prévention de la pollution du littoral. Ce stage a permis d'avoir un état de l'art relativement détaillé des différentes techniques utilisées à travers le monde. Les nombreuses recherches bibliographiques concernant les fabricants peuvent également les aider à préciser leur démarche de sensibilisation des professionnels pour qu'ils modifient leurs pratiques d'élevage et surtout de captage et d'utiliser préférentiellement des coupelles en bioplastique resourcé.

Ce projet a été accueilli avec enthousiasme par de nombreux ostréiculteurs motivés et impliqués dans une démarche environnementale. En effet, ils sont intéressés pour réduire la pollution et par l'utilisation de biomatériaux. Les dialogues avec ces derniers ont été très instructifs et constructifs.

8. Communication

J'ai participé à l'élaboration d'un poster pour présenter les résultats de l'association lors de deux événements, le forum des associations et la tenue d'un stand en association avec le collectif Bien Commun de l'Humanité lors des régates du Spi Ouest France (26-27 septembre) (annexe 2).

La communication des résultats de ce stage se fera par une présentation orale lors de l'assemblée générale de l'association. Elle présentera les solutions envisagées à tous les membres de l'association ainsi qu'à toute personne curieuse de voir les avancées et projets ayant pour but de réduire la pollution du littoral.

F. Conclusion technique

Dans le plan directeur rédigé au début du stage, de nombreux échelons et objectifs ont été définis afin de permettre un bon suivi ainsi qu'une réussite du stage. Les objectifs ont été atteints et les échelons respectés, ce qui fait que le stage s'est très bien déroulé et a été concluant.

Le système de captage des naissains d'huîtres plates proposé dans ce stage devrait répondre aux objectifs de l'association et des professionnels. Il va permettre de réduire considérablement la pollution plastique maritime grâce à l'utilisation de nouvelles coupelles en plastique biosourcé. En outre, il devrait permettre de répondre aux attentes de la profession en termes de qualité de rendement de captage, de stabilité des structures au fond de l'eau, d'encombrement minimum pour le stockage et d'adaptabilité aux machines commercialisées de détachement (détachement des jeunes naissains) existantes.

Néanmoins, il reste deux principales tâches de validation à réaliser après le stage afin de concrétiser ce projet.

- La première tâche est la validation de l'efficacité de ces coupelles en termes de captage. En effet, une étude a été réalisée en Poitou Charente et a permis de vérifier leur utilisation pour le captage des huîtres creuses. Cette étude a confirmé les capacités de captage et le bon vieillissement des coupelles en milieu marin (sur 3 ans). Toutefois, leur utilisation pour le captage des huîtres plates n'a pas été effectuée. Elle devra se réaliser en Baie de Quiberon. Afin de motiver les professionnels à opter pour ces matériaux écologiques, il faut prouver l'efficacité du produit lors du captage et durant plusieurs années.
- La seconde tâche serait de réaliser une comparaison des coûts de ces structures : coûts d'achat, de revient, d'entretien, de recyclage seront à prendre en compte. Cela permettrait aux professionnels de s'assurer que le coût de production peut être supportable par l'entreprise.

V. Bilan d'expérience

De nos jours, l'éthique a une place de plus en plus importante au sein des entreprises et dans les différents secteurs d'activité. Dans chaque métier, l'éthique permet d'effectuer des tâches ou des actions que la personne ou l'entreprise trouvent juste et plus vertueuse. Un des objectifs principaux de l'association de La Vigie est la préservation et la protection de l'environnement côtier. Une des actions clés consiste à surveiller et à évaluer la pollution du littoral via des opérations de ramassage de déchets. Cette action a permis de mettre en lumière les grandes quantités de déchets plastiques ramassés et les risques consécutifs de la pollution du littoral pour la faune et la flore. Le constat effectué est que sur les plages trinitaines, 90% des déchets ramassés sont issus de l'ostréiculture. La communication autour de cette action a pour objectif de sensibiliser et de responsabiliser tous les citoyens, qu'ils soient résidents à l'année, professionnels ou touristes pour la protection du littoral, et au maintien de la faune et la flore en bonne santé. C'est dans cet esprit que l'association de la Vigie réalise ses activités et développe son éthique. Elle espère mobiliser le plus grand nombre de personnes autour de ces idées.

Lors de mon stage au sein de l'association de La Vigie, j'ai été amené, à aller sur les plages trinitaines pour participer au ramassage des déchets, à rencontrer des professionnels pour échanger sur leur métier d'ostréiculteur. Lors de ces visites nous avons pu avoir des discussions concernant les différentes techniques, les quantités d'huîtres produites... La qualité du milieu marin est un sujet qui est revenu fréquemment au cours des discussions et ainsi le thème de l'éthique de ce métier a pu être abordé.

Dans l'ostréiculture, l'éthique tient un rôle important du fait de devoir élever un produit naturel et de qualité. Cela passe par la production des huîtres mais également par le fait de préserver l'environnement dans lequel sont produites les huîtres. L'intérêt d'un ostréiculteur à réduire la pollution est double : le premier est de maintenir la bonne qualité du milieu d'élevage en limitant l'emploi du plastique qui peut se dégrader et le second est d'obtenir une huître de qualité élevée dans un environnement sain.

Pour l'ostréiculteur, produire des huîtres de bonne qualité est un gage de réussite. En effet, la vente d'un produit sans aucun risque sanitaire pour le consommateur avec des pratiques culturelles respectueuses de l'environnement est aussi une garantie commerciale... En effet, de nos jours, les consommateurs cherchent à consommer des produits naturels, sains et que cette production préserve aussi l'environnement.

En ostréiculture, le fait de réduire l'utilisation du plastique et la pollution ne peut être réalisé que de deux manières :

- En amont de la production, par l'utilisation de matériaux innovants, comme des plastiques biosourcés, biodégradables par exemple. Une fois arrivés en fin de vie, ces derniers seront compostés.
- En aval de la production, via des filières de collecte et de recyclage, afin de retraiter tous les déchets après utilisation.

Les syndicats ostréicoles et les comités régionaux de l'ostréiculture sont conscients de ces enjeux mais ils ont encore du mal à responsabiliser tous les professionnels. Des efforts sont réalisés et de nombreuses études sont menées pour tester et améliorer les pratiques d'élevage : recyclage des poches plastiques d'élevage en Vendée, essais de nouveaux filets de catinage pour l'élevage des moules en Pays de Loire, organisation du nettoyage des plages en Bretagne sud par les professionnels...

Toutefois, cette prise de conscience nécessitera encore des efforts pour modifier les comportements. On ne peut nier le coût économique que va nécessiter une telle évolution. La profession conchylicole, comme celle de la pêche, dispose de 5 ans pour mettre sur pied une filière de recyclage du plastique ou l'utilisation de nouveaux matériaux car le recyclage sera obligatoire en 2025.

Ces deux approches combinées pour diminuer la pollution de l'environnement pourraient fonctionner dans de nombreux autres secteurs d'activité. Leur mise en œuvre permettrait de réduire considérablement les quantités de déchets et les risques de pollution de l'environnement. Cette responsabilité doit être collective et nous inciter à modifier nos comportements.

VI. Conclusion

Ce stage m'a permis d'organiser un projet très appliqué à l'interface entre une association et de nombreux professionnels. J'ai été amené à rencontrer des professionnels de différents secteurs (ostréiculteurs, ingénieur en chimie et bioplastique) et d'analyser leurs demandes et contraintes. Ces rencontres ont été enrichissantes et il a fallu que je m'approprie le sujet et que je traduise ces demandes en propositions concrètes. Ces échanges ont été très instructifs et formateurs.

Au niveau technique, j'ai été amené à utiliser à de nombreuses reprises le logiciel Catia, ce qui m'a permis d'améliorer son utilisation. J'ai été bloqué à différentes reprises car je n'arrivais pas à effectuer certaines manipulations. J'ai donc découvert différentes fonctionnalités, par l'utilisation de tutoriels, qui n'avaient pas été abordées en cours. Ces fonctionnalités ont été ensuite appliqués avec succès. Le fait d'avoir effectué de nombreuses modélisations me conforte dans mon choix professionnel de travailler dans un bureau d'études sur la conception navale.

Ce stage élève ingénieur a été très constructif. Son aspect de préservation de l'environnement m'a fait prendre conscience de l'importance de la pollution des océans et des écosystèmes littoraux par le plastique (souvent à usage unique). Cela m'a fait changer de comportement concernant la façon de consommer, d'utiliser des plastiques et m'a amené à réfléchir aux difficultés rencontrées dans leur gestion (recyclage, enfouissement...).

L'environnement est un thème important au vu de mon projet professionnel qui est de travailler dans la conception de navires ou de systèmes innovants pour les équiper. Cela passe par une recherche approfondie de matériaux permettant de limiter la pollution et de préserver l'environnement, et si nécessaire, pourquoi ne pas envisager l'utilisation de nouvelles matières innovantes afin de diminuer au maximum l'impact écologique. Ces interactions entre plusieurs disciplines et métiers sont aussi importantes pour moi et me conforte dans ce projet professionnel.

VII. Bibliographie

- [1] LACROIX, C., & HUVET, A. (2019, juin). *Journées Plastiques et Environnement*. https://enviroplast2019.sciencesconf.org/data/TR1_1_PPT_jour_ne_es_plastiques_et_environnement_Lacroix_Huuet.pdf
- [2] HEGRON MACE, L., MOAL, S., THOMAS, B., LEFEVRE, T., RAINGUE, A., & BELARD, L. (2017). *Sous-produits et déchets plastiques des filières pêche, conchyliculture et algues en Normandie : Potentiels de valorisation en plasturgie*. <https://www.smel.fr/wp-content/uploads/2017/05/RAPPORT-FINAL-SEAPLAST.pdf>
- [3] Bulletin de la Vigie (2020).
- [4] *FAO Pêches et aquaculture Crassostrea gigas*. (2005, 13 avril). © FAO, 2000-2020. http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Crassostrea_gigas/fr
- [5] *FAO - Ostrea edulis*. (2009). © FAO, 2000-2020. http://www.fao.org/tempref/FI/DOCUMENT/aquaculture/CulturedSpecies/file/fr/fr_europeanflatoyster.htm
- [6] MARTEIL, L. (1966, avril). Les problèmes de la production d'huîtres plates en Bretagne. *Science et Pêche*, 147, 1-10. <https://archimer.ifremer.fr/doc/1966/publication-7259.pdf>
- [7] MARTEIL, L. (1979, mars). L'ostréiculture et la mytiliculture. *Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes*, 43, 10-130. <https://archimer.ifremer.fr/doc/1979/publication-1797.pdf>
- [8] Promotion 2007-2008 de Licence professionnelle AGDE (Université et lycée de la mer et du littoral à La Rochelle). (2008). *Gestion des déchets plastiques et coquillés des entreprises conchylicoles du Bassin de Marennes-Oléron*. http://www.lyceebourcfranc.fr/download/pedago/rapport_cabanes_propres.pdf
- [9] CRC Bretagne Sud (2011). Charte Conchylicole
- [10] GRIZEL, H., MARTIN, A. G. & LANGLADE, A. (1984). De la recherche à l'application : bilan d'un procédé de captage réussi. *Science et Pêche*, 349, 1-11.
- [11] MARTIN, A. G., GRIZEL, H., LANGLADE, A., & CADORET, F. (1984). Étude et mise point d'un procédé de Captage d'huîtres plates utilisable en eau profonde. *Science et Pêche*, 349, 1-20. <https://archimer.ifremer.fr/doc/1984/publication-7041.pdf>
- [12] CRC Poitou-Charentes (2019). *Etude des coupelles biosourcées pour le captage d'huîtres*
- [13] COCHET, H. (2019). *Suivi de la reproduction de l'huître plate en baie de Quiberon*. <https://www.ostrea.org/huitre-plate-un-captage-plethorique-en-2018/>
- [14] COCHET, H., POUVREAU, S., TANGUY, L., & KERISIT, C. (2015). *Estimation, préservation, reconstitution des bancs sauvages d'huîtres plates en Baie de Quiberon*. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00304/41488/40700.pdf>