

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل

École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du Diplôme

D'ingénieur et Master en Sciences de la Mer

Option : Aquaculture

**Etude technico-économique et environnementale d'un
projet d'une ferme aquacole multi-trophique à terre**

Réalisé par : Touabtia Lilia

Soutenu le 04 /11/2021 devant le jury composé de :

Mme Chernai- Hamdi S.	Professeur	ENSSMAL	Présidente
M. Ait Saidi A.	Professeur	ENSSMAL	Examineur
Mme Lounas R.	Maitre de conférences B	ENSSMAL	Examinatrice
M. Hamdi B.	Professeur	ENSSMAL	Promoteur

Année universitaire : 2020-2021

Remercîments :

Tout d'abord, louange à « **ALLAH** » Tout-Puissant, qui était avec moi tout au long de ma vie et m'a inspiré les bons pas et les justes réflexes, et qui m'a guidé dans mes études et m'a donné la volonté, la patience pour terminer ce travail.

J'exprime mes vifs remerciements à mon promoteur monsieur **HAMDI Boualem** d'avoir accepté d'encadrer ce travail, et pour tous ses conseils sans lesquels ce travail n'aurait jamais été ce qu'il est.

Je tiens à exprimer toute mes reconnaissances à madame **CHERNAI Safia** Présidente de jury de soutenance.

Mes remerciements vont aussi à madame **IOUNAS Rayhane** et à monsieur **AIT SAIDI Adel** d'avoir accepté d'examiner ce travail.

En fin, mes remerciements sont adressés à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail

Merci

Dédicace :

Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail à ceux qui, quels que soient les termes embrassés, je n'arriverais jamais à leur exprimer mon amour sincère.

A l'homme, mon précieux offre du dieu, qui doit ma vie, ma réussite et tout mon respect : mon cher père Boualem

A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non âmes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse: mon adorable mère Nacira

A mes chères sœurs Houda, Zahia et Linda et mon frère Farouk qui n'ont pas cessée de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études. Que Dieu les protège et leurs offre la chance et le bonheur.

A mes chères amies Nada El Hanine, Maram, Nariman, Soundes et Houria pour leurs encouragements qui m'ont été d'un grand soutien. Vous vous êtes montrés de bons conseils.

A mes chères nièces Anissar, Line et mon cher neveu Yahia

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infaillible, Merci d'être toujours là pour moi.

Merci

Table des matières :

La Liste des figures

La liste des tableaux

Abréviation

Introduction01

Chapitre I : Généralité10

1. Aperçu sur l'aquaculture mondiale.....10

2. L'aquaculture en Méditerranée11

3. État de l'aquaculture en Algérie11

4. Potentialité aquacoles en Algérie12

4-1. Le potentiel hydrique.....12

4-2. Potentiel biologique.....12

5. Définition d'une étude technicoéconomique.....13

5-1.Les principes de l'analyse technico-économique.....13

5.2 -Le des paramètres techniques13

5.3 -Choix des paramètres économiques13

6. Définition d'une étude environnementale14

7. Conception des installations d'élevage14

7.1-Avantages et inconvénients de techniques de pisciculture
cages.....17

8. Impact de l'aquaculture sur l'environnement18

9-Effets des critères environnementaux sur les structures des fermes
marines.....21

10-Les différents procédés de traitement d'eau aquacoles24

10.1-L'épuration des eaux24

Chapitre II : matériels et méthodes.....27

1. Situation géographique27

2 Les coordonnées géographiques27

3. De point de vue administratif27

4. Présentation de site d'étude : La Plage ouest Sidi Fredj.....27

5. Contexte géologique de la zone d'étude28

5-1Géologie régionale.....28

5-2Géologie locale.....28

5-3 Presentation du plan de la station de recherche ENSSMAL.....29

5.4 .Localisation de la ferme expérimentale aquacole.....29

6 .Méthodologie du fonctionnement du nouveau procédé aquacole.....	30
6.1-Fonction écumeur de la colonne à dépression.....	32
6.1.1 Caractéristiques des particules des effluents aquacoles...	32

7. Description du projet.....	33
-------------------------------	----

Chapitre III : Résultats et Discussions.....36

1.Procédé aquacole de la ferme expérimentale :	36
1.1 Fonctionnement du procédé	38
1.1.1 Circulation hydraulique	38
1.1.2 Régularisation des gaz dissous	38
1.1.3 Micro-flottation : extraction de matières en suspension..	38
2. Plan de masse du projet.....	40
3.Système multitrophique poisson-microalgue.....	43
3.1-Production de microalgue seule	44
3.2-Combinaison de la culture de microalgue-poisson.....	45
4. Dimensionnement et modélisation du système de l'aquaculture multi-trophique :.....	47
5.Composante de la ferme expérimentale aquacole.....	47
6. Devis estimatif et quantitatif.....	52
7.Gestion de la ferme expérimentale.....	55
8. Estimation de la durée de réalisation du projet	56
9.Copmparaison des coût d'installation d'une ferme aquacole offshore avec une ferme à terre	57
Conclusion	60

Références

Bibliographiques.

La Liste des figures :

Figure N° 1 : Evolution de la production mondiale de la pêche et de l'aquaculture de 1950 à 2018 (FAO, 2020).	4
Figure N° 2 : production aquacole mondiale d'animaux aquatiques et d'algues, 1990-2018 (FAO, 2020).	5
Figure N° 3 : Evolution de la production aquacole marine dans le bassin méditerranéen par pays En tonnes) Source : FAOSTAT, élaboration auteurs.....	6
Figure N°4 : Situation géographique de la plage ouest Sidi Fredj (Google Earth.2010).....	22
Figure N° 5 : Plan représentatif de la station de recherche Sidi Fredj ENSSMAL (Ben Atou, M, 2008).....	23
Figure N° 6 : localisation de la ferme expérimentale aquacole à Sidi Fredj.....	24
Figure N° 7 : fonctionnement du procédé aquacole utilisé (Grimaldi, 2018).....	24
Figure N°8 : Applications de la colonne airlift au traitement des eaux piscicoles.....	27
Figure N° 9 : nouveau procédé d'élevage aquacole muni de bassin circulaire pour poissons.	30
Figure N°10 : nouveau procédé d'élevage aquacole muni de bassin ovale pour algues.....	30
Figure N°11: prototype du projet à l'échelle réduite (Hamdi, 2018).....	31
Figure N°12 : système de circulation air lift (Grimaldi, 2018).....	33
Figure N°13 : plan de masse.....	34
Figure N°14: organigramme du nouveau procédé aquacole.....	35
Figure N°15: présentation de la ferme aquacole(Hamdi ,2021).....	36
Figure N°16: schéma combinant la culture des algues et l'élevage du poisson (Hamdi ,2021)	37
Figure N°17: Procédé de culture de micro-algues seules	38

La liste des tableaux :

Tableau N° 1 : Les ressources hydriques en Algérie (MPRH).....	7
Tableau N° 2: Avantages et inconvénients de techniques de pisciculture en cages (d'après Balarin et Haller, 1982).....	12
Tableau N°3 : équipements de la ferme expérimentale aquacole à terre.....	42
Tableau N°4 : Matériel de laboratoire nécessaire au bon fonctionnement de la ferme.....	44
Tableau N°5 : devis estimatif de la ferme.....	46
Tableau N°6 : Devis estimatif du laboratoire	47
Tableau N°7 : Frais de fonctionnement.....	47
Tableau N°8 : frais de personnel de la ferme aquacole	48
Tableau N°9 : Coût global de la ferme expérimentale.....	48
Tableau N°10 : Estimation de la durée de réalisation du projet	49
Tableau N° 11 : Estimation du Matériels et équipements d'une ferme offshore de 08 cages (Saoudi, 2017).....	50
Tableau N°12 : estimation global du projet d'une ferme offshore de 08 cages (Saoudi, 2017).....	5

Abréviation :

F.A.O: Fond des nations unies de développement pour l'agriculture et l'alimentation.

M.P.R.H : Ministère de la pêche et de ressource halieutique

M.E.S : matières en suspension

S.H.V : La septicémie hémorragique virale

N.P.I: Nécrose Pancréatique Infectieuse

A.M.T.I : aquaculture multitrophique intégré

E.I.E : étude d'impact sur l'environnement

A.A.T: azote ammoniacal total

Cu : cuivre

Pb : plomb

Cd: cadmium

Fe: fer

Zn: zinc

As : arsenic

R.A.S : Recirculation Aquaculture System

C.O.D : carbone organique dissous

B.F.T: bio-Flocs technology

Cm: centimètre

S : seconde

h : heure

An : ans

U. V : ultraviolet

mg/l: milligramme par litre

K.m : kilomètre

I.S.M.A.L : institut des sciences de la mer et l'aménagement du littoral

m² : mètre carré

m³: mètre cube

Ppm: partie pour million

µm : micro mètre

KW: kilowatte

A.E.I: the Adverse Effects Index (l'indice des effets indésirables).

E.N.S.S.M.A.L : Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et
l'Aménagement de Littoral.

A.N.P : Armée Nationale Populaire.

Introduction :

Introduction

La stratégie nationale algérienne actuelle s'inscrit dans la diversification économique et l'accroissement des ressources économiques avec, d'une part, le souci de réduire notre dépendance aux matières premières notamment, le gaz et le pétrole, et d'autre part le besoin et la nécessité d'aller vers une sécurité et une autarcie alimentaire. Ceci s'inscrirait dans une démarche respectueuse de l'environnement et durable en prenant en compte la nécessité de développer des techniques qui consomment peu d'énergie, peu d'eau et qui contrôlent les rejets.

Dans ce contexte, le Ministère de la Pêche et des Ressources Halieutiques propose un plan de développement de ce secteur avec l'objectif d'une autonomie alimentaire. L'Aquaculture en eau douce et en eau de mer est l'une des priorités dans ce programme de développement à l'horizon 2020 « Plan Aquapêche 2020 ». Cette démarche s'inscrit dans une problématique Méditerranéenne globale, à savoir, le besoin de répondre à une demande toujours croissante en protéines d'origine marine (poisson, crustacés, fruits de mer..) et à un effondrement de plus en plus marqué des stocks naturels de ces ressources (**Lounes et al, 2021**).

Les objectifs du secteur de l'agriculture et des ressources halieutiques sont de contribuer à l'émergence d'une économie productive nationale, de créer des emplois en accompagnant les jeunes diplômés vers la création d'entreprises et de participer à l'amélioration de la sécurité alimentaire du pays. Pour y parvenir le ministère propose de réunir et d'améliorer les conditions socio-économiques et techniques nécessaires au développement durable des actions et des activités de la pêche et de l'aquaculture. Dans ce cadre elle propose de promouvoir les filières aquacoles orientées vers la durabilité, d'améliorer l'approvisionnement du marché avec des produits diversifiés, de qualité et accessibles au consommateur ; et de mettre en place des dispositifs de soutien et d'appui pour le développement de ces filières.

Il est donc indispensable d'optimiser tous les systèmes de production, afin de limiter l'impact de ces structures de production sur l'environnement.

Ce travail a pour objectif de développer un système aquacole durable du point de vue écologique et économique en combinant des connaissances en aquaculture, en écologie et en technologie innovante qui permettra de développer un nouveau type d'aquaculture (**René et al. 2007**).

En effet, l'aquaculture intensive, en monoculture, se caractérise par l'utilisation de quantités importantes d'aliments et des rejets de matières organiques (fèces et aliments non consommés) et inorganiques (nitrates et phosphates principalement). Environ 70 % l'azote apporté par les protéines de l'aliment est rejeté par les poissons carnassiers. Ces rejets sont à l'origine de pollutions qui peuvent conduire au développement massif d'algues (micro ou macro), à l'eutrophisation ou à l'envasement (**Masood, 1997**).

D'autre part, l'aquaculture marine basée sur des cages en Algérie rencontre plusieurs difficultés, notamment le manque d'espaces marins adéquats, le plateau continental très étroit, dans certaines conditions à des conséquences économiques sérieuses aux promoteurs.

Pour toutes ces raisons, plusieurs procédés aquacoles ont été développés ces dernières décennies en favorisant l'aquaculture continentale.

Il est bien établi que l'élevage de poissons marins à terre est couramment pratiqué pour la production de larves et de juvéniles, l'optimisation de cette technique d'élevage permettant de réduire de façon significative les risques de contact avec des bactéries et des parasites. Dans des conditions particulières (eaux réchauffées ou de résurgence), il peut concerner le grossissement d'espèces comme le loup et la daurade, ainsi que des poissons plats comme le turbot (**Buck et al., 2004**).

Sur le plan interactions environnement aquaculture, les Systèmes Intégrés Multi-Trophiques, permettent de recycler ces rejets par des productions associées. Ainsi, un élevage intensif de poissons peut être associé à des algues qui récupèrent les matières inorganiques. Ce système est utilisé de manière très efficace pour des structures d'élevage à terre où les rejets sont concentrés et plus facilement gérables qu'en pleine mer. Ce procédé est basé, d'une part, sur le développement d'un Système recirculé (RAS) qui permet de réduire la consommation en eau par renouvellement et de réduire les coûts énergétiques et d'autre part, sur un système multi-trophique intégré permettant d'amener à une autonomie partielle et à terme totale, en utilisant les algues comme source de nourriture pour les poissons.

Ce travail vise à développer une production multi trophique intégrée (pisciculture associée à de la production de micro-algue, spiruline ou autre ou macro-algue) en système recirculé, en eau de mer ou en eau douce, en utilisant une technologie nouvelle et innovante basée sur :

Ce travail a pour objectif de développer des systèmes aquacoles durables du point de vue écologique et économique en combinant des connaissances en aquaculture, en écologie et en technologie qui permettra de développer un nouveau type d'aquaculture. Cette ferme d'expérimentation va permettre d'assurer la part expérimentale et pratiques d'une formation initiale dans le cadre d'une filière ingénieur manager en génie aquacole qui va s'ouvrir à l'ENSSMAL, d'une formation continue et d'un transfert technologique vers les utilisateurs professionnels et institutionnels.

Ce travail vise à mettre en place le procédé présenté par l'équipe du Professeur Hamdi du laboratoire de Conservation et Valorisation des Ressources Marines aux 1ères journées nationales des produits de recherche (Hamdi B, mai 2018) au niveau du site de la station de recherche de Sidi Fredj. Ce procédé est basé sur un air-lift sous dépression, alimenté par des microbulles qui assurent à la fois l'hydrodynamisme, les échanges de gaz et la séparation des microparticules, micro-algues et des colloïdes dissous.

Le principe IMTA couplé algue-poisson est basé sur un système recirculé nécessitant un faible apport en eau neuve et contribuant à l'autonomie sur les intrants alimentaires du poisson. En effet, les eaux d'élevages de poissons dans une boucle avec ou sans bio filtre et en contrepartie la production d'algues (macro ou micro algues) peut servir partiellement ou totalement d'aliment pour le poisson.

Chapitre I :

Généralités

1- Aperçu sur l'aquaculture mondiale :

La demande mondiale des populations en produits alimentaire d'origine aquatique augmente. La production de la pêche est stagnante. La plupart des zones de pêche ont atteint leur potentiel maximum. Depuis le milieu des années 1985 l'aquaculture a prospéré, avec un taux de croissance annuel d'environ 8% (FAO, 2006)

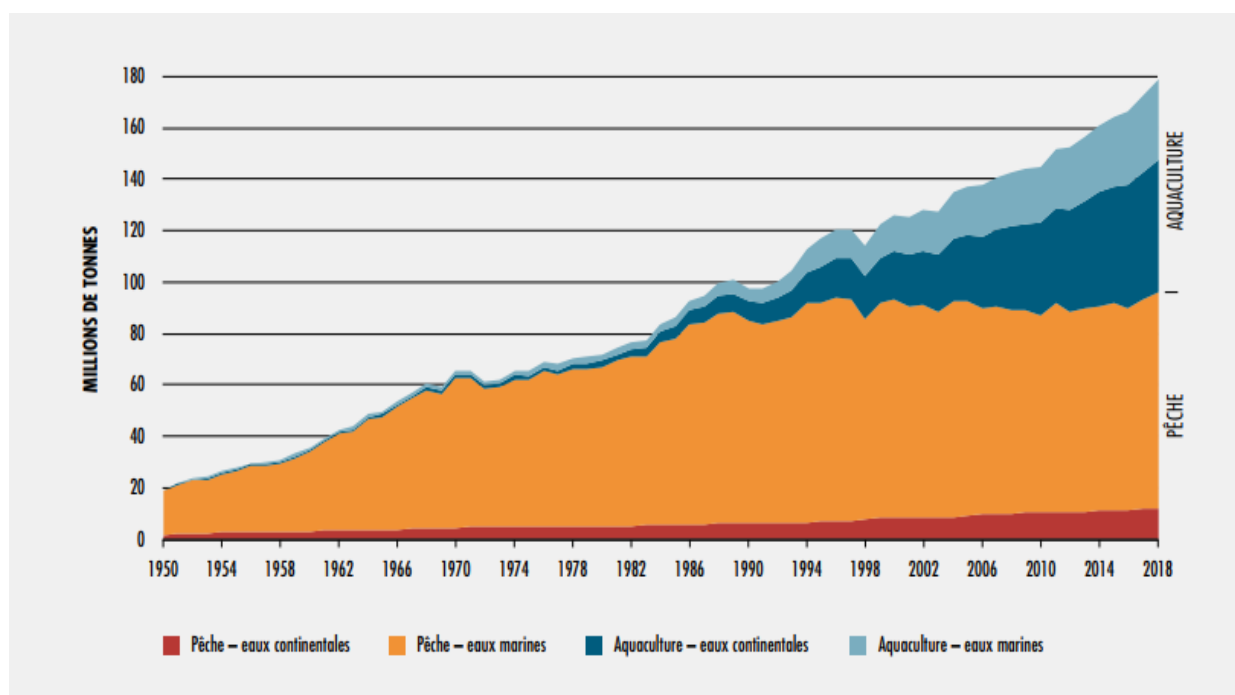


Figure I.1: Evolution de la production mondiale de la pêche et de l'aquaculture de 1950 à 2018 (FAO, 2020).

On voit bien dans la figure 1 qui représente l'évolution de la production mondiale de la pêche et de l'aquaculture de 1950 à 2018 que cette dernière est devenue la principale activité de production de produits aquatiques. La production mondiale en 2018 est estimée à environ 96,4 millions de tonnes (FAO, 2020), soit une augmentation de 5,4% par rapport au niveau moyen des trois années précédentes, cette augmentation est principalement due aux pêches de capture marines, dont la production est passée de 81,2 millions de tonnes en 2017 à 84,4 millions de tonnes en 2018 (FAO, 2020).

En 2018, production aquacole mondiale d'animaux aquatiques et d'algues, 1990-2018 a établi un nouveau record, atteignant 114,5 millions de tonnes (Figure 2) (FAO, 2020).

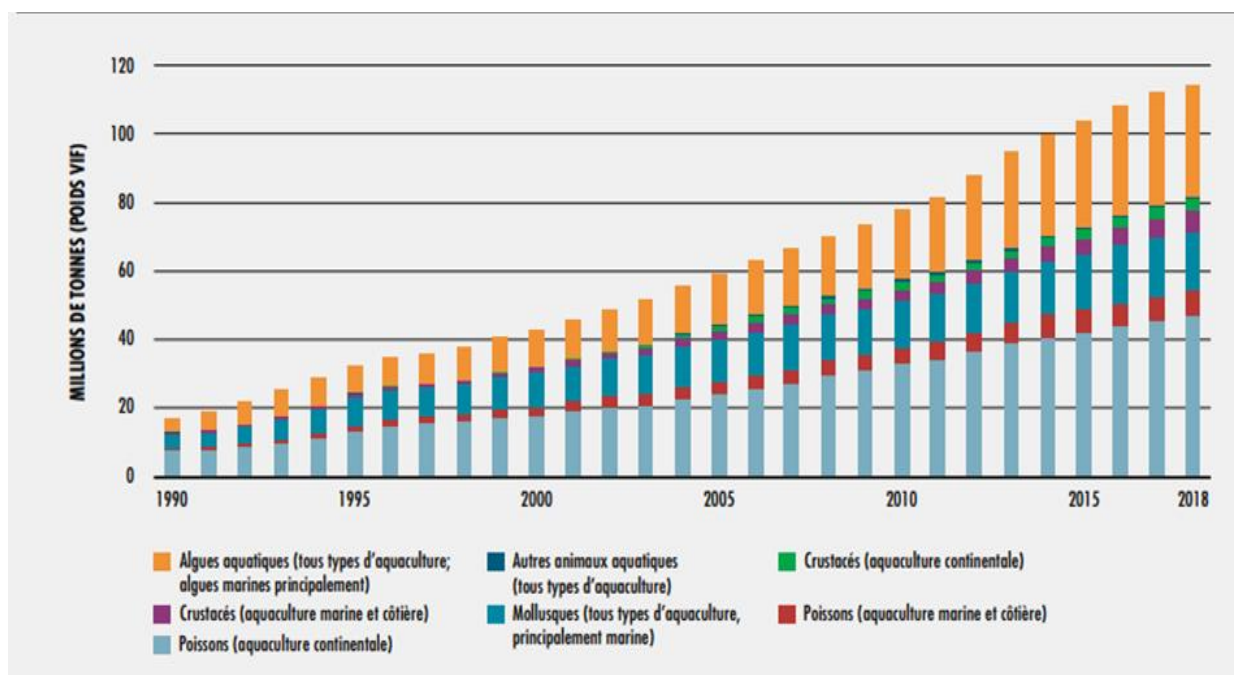


Figure I. 2:production aquacole mondiale d'animaux aquatiques et d'algues, 1990-2018 (FAO, 2020).

La Chine restera le premier producteur mondial, mais sa part de la production totale passera de 58 % en 2018 à 56 % en 2030 (FAO, 2020). Pour contre On s'attend à ce que la production aquacole sur tous les continents continue de croître, avec différentes espèces et gammes de produits dans différents pays et régions. L'industrie devrait réaliser la plus forte expansion en Afrique (+48 %) et en Amérique latine (+33 %) (FAO, 2020). En Afrique, la croissance de la production aquacole sera stimulée par le renforcement des capacités aquacoles ces dernières années et le développement de politiques visant à promouvoir l'aquaculture au niveau local. Malgré cette augmentation attendue, la production aquacole totale y restera limitée, à peine plus de 3,2 millions de tonnes d'ici 2030, l'Égypte ayant la production la plus élevée (2,2 millions de tonnes) (FAO, 2020).

En 2018, l'aquaculture continentale a produit 51,3 millions de tonnes d'animaux aquatiques, représentant 62,5% de la consommation mondiale de poissons et autres animaux aquatiques d'élevage, contre 57,9% en 2000. L'importance diminue progressivement : alors que la production mondiale de poisson représentait 97,2 % en 2000, sa part est tombée à 91,5 % (47 millions de tonnes). En 2018, ce déclin témoigne du fort développement de l'élevage d'autres espèces (FAO, 2020)

2- L'aquaculture en Méditerranée :

En Méditerranée, l'aquaculture est un secteur en plein essor, son rôle est avant tout d'assurer la sécurité alimentaire. On estime que la production des pays côtiers de la Méditerranée et de la mer Noire dépassera 4 600 000 tonnes de 2020 à 2030 (FAO, 2018).

La production aquacole est dominée par certains pays (Figure 3), à savoir l'Égypte, la France, l'Espagne, l'Italie, la Grèce et la Turquie. Ces six pays fournissent 95 % de la production aquacole totale en Méditerranée (CIHEAM, 2008).

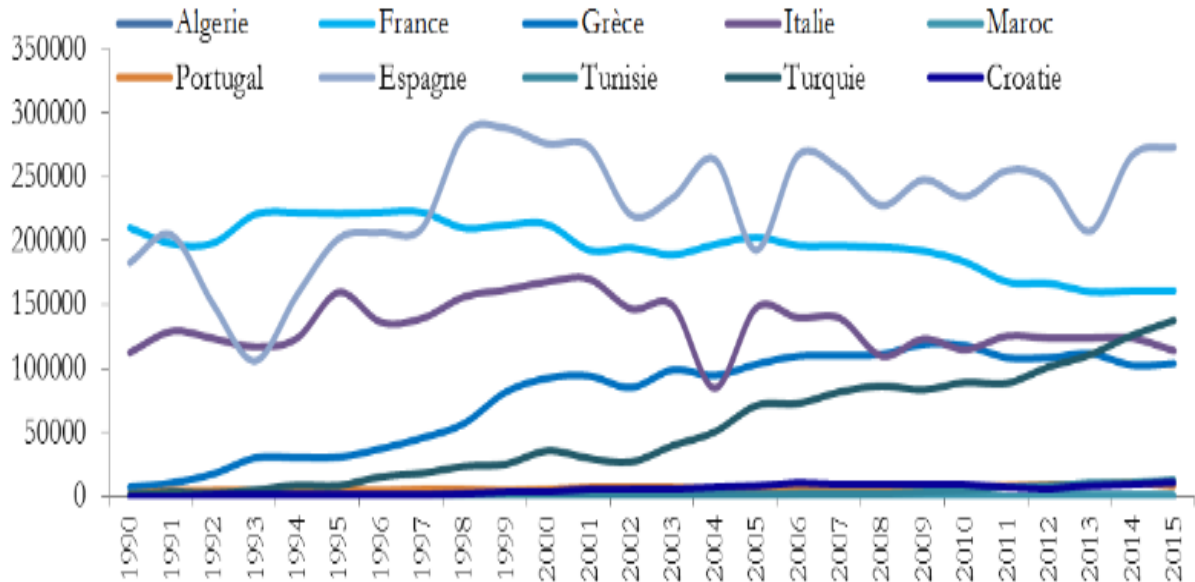


Figure 1.3: Evolution de la production aquacole marine dans le bassin méditerranéen par pays (En tonnes) Source : FAOSTAT, élaboration auteurs

3- État de l'aquaculture en Algérie :

D'après Kara et al, (2016), l'aquaculture en Algérie a débuté en 1920 dans la lagune mellah par l'élevage extensif sur bordigue (enceinte filtrante utilisant des filets fixés sur perche). Ils soulignent que l'Algérie a un fort potentiel lié à un marché local demandeur et dispose de plusieurs structures de recherche et de formation ainsi qu'un cadre juridique qui a été adapté pour faciliter la création de concessions et concluent qu'il est possible d'y développer une filière aquacole complète créant des emplois et de la richesse. Cependant, l'aquaculture en Algérie n'a pas connu le développement escompté, malgré la volonté politique et des atouts réels, notamment en termes d'avantages financiers et fiscaux. Le développement espéré semble dépendre d'abord de la capacité à mettre en place une organisation en cohérence avec des objectifs réalistes (Kara et al, 2016).

4- Potentialité aquacoles en Algérie :

4-1. Le potentiel hydrique :

L'Algérie dispose d'un potentiel naturel énorme à travers le pays (zones côtières et intérieures), de sites naturels et artificiels propices à l'implantation de fermes aquacoles et de ressources en eau considérables (100 000 hectares), dont la quasi-totalité est sous-exploitée (eaux souterraines et géothermiques), plus particulièrement dans le sud du pays (Tableau N°01)

Tableau I. N° 1 : Les ressources hydriques en Algérie

Potentiel hydrique	Localisation	Superficie	Type d'exploitation
Sites littoraux	Bande côtière	500	Intensif, conchyliculture
Embouchures d'oued	national	8.000	Elevage en eau saumâtre
Barrage-retenues collinaires	32-32% à l'Est 41-44 % à l'Ouest 26-18 % au Nord 1-5 % au Sud	50.000	Aquaculture en cages flottantes Production intensive en bassins
Marrais	Fetzara et Tonga à l'Est Lac Macta à l'Ouest	15.000	Zone de pêche d'alevins d'espèces euryhalines
Les Sebkhass	Bethioua Merouan	3.000	Approvisionnement en artémia
Zones semi-arides	Chott Ech Chergui, Oued righ	20.000	Pisciculture
Lacs	El Mellah, Oubeira, Tonga Tamelah à Bejaia	865 2.200 2.000 40	Pisciculture, conchyliculture
Eaux de forage	national		Exploitation aquacole

(MPRH , 2005)

4-2. Potentiel biologique :

Les zones humides intègrent 39 espèces de poissons d'eau douce dont 2 endémiques. La flore est représentée par 784 espèces végétales aquatiques connues. Cette biodiversité est moyennement conservée même s'il y a lieu de relever l'existence de menaces pesantes (Abdelguerfi et al, 2009).

La diversité biologique marine connue s'élève à 3183 espèces dont 3080 ont été confirmées après 1980. Cette richesse comprend entre 720 genres et 655 familles. La flore marine est estimée, quant à elle, à 713 espèces regroupées dans 71 genres et 38 familles. Si l'on rajoute la végétation littorale et insulaire, la faune ornithologique marine et littorale, la biodiversité totale connue de l'écosystème marin côtier algérien est de 4150 espèces, dont 4014 sont confirmées pour un total de 950 genres et 761 familles. Mais, il faut souligner que ces chiffres ne reflètent pas la biodiversité réelle, mais plutôt celle connue (Abdelguerfi et al, 2009).

5- Définition d'une étude technico-économique :

Faire une étude de faisabilité dans un sens de la phrase il s'agit de plusieurs projets (faire une étude de faisabilité soit un projet dont le "produit" est la réponse à la question peut-on faire et comment?). Dans l'autre sens de la phrase, il s'agit non pas de plusieurs projets mais d'un type d'activité ou de métier (Vallet, 2001), Le dictionnaire définit la faisabilité comme la « capacité d'utiliser ou de traiter avec réussite » Le mot réussite donne ici tout son sens à l'analyse de faisabilité, comme outil de planification et de gestion des risques (Baxter, 2003).

5.1-Les principes de l'analyse technico-économique

En aquaculture, l'extrême diversité des modes de production nécessite une approche pragmatique et ne permet pas d'envisager la conception d'un modèle universel répondant à tous les business cases. Les technologies de simulation techniques et économiques suivent toutes les mêmes principes, mais doivent être adaptées à chaque mode de production afin de considérer sa particularité. Dans tous les cas, l'objectif reste de lier les flux physiques liés aux activités de l'entreprise aux flux financiers qui en découlent pour répondre aux besoins de vigilance et de prospective des pratiques agricoles (Hemidy, 1989).

5.2 - Le paramètre technique :

Tout d'abord, signalons que les techniques d'élevage en aquaculture ne sont pas encore totalement maîtrisées ni fixées définitivement.

L'interdépendance de ces facteurs, leur diversité et la complexité du cycle de production permettent aux éleveurs de choisir des stratégies de sélection, ce qui entraîne d'innombrables résultats. L'extrême sensibilité des espèces aquacoles à la pathologie, comme nous l'avons maintenant, est toujours liée aux paramètres de l'élevage, et affecte encore plus le développement économique des entreprises aquacoles, parfois de manière radicale (Calleja, 1989).

Signalons aussi les choix techniques qui vont parfois empêcher l'éleveur de suivre l'évolution générale des techniques d'élevage et le positionner en faiblesse par rapport à ses concurrents, notamment au niveau des coûts de production.

L'analyse technique en profondeur du projet au moment de l'étude s'attache donc à identifier et analyser le fonctionnement de l'entreprise puis d'effectuer des simulations et des projections dans l'avenir en fonction de différents choix :

- **L'espèce à élever ;**
- **Le site d'implantation ;**
- **Les techniques retenues.**

5.3 -Choix des paramètres économiques:

Selon Calleja (1989), les paramètres économiques les plus souvent retenus sont bien sûr :

- Le prix des matières premières.
- Le prix de vente des produits,

Mais, en fonction des questions particulières qui se posent à l'entreprise, on trouve des paramètres liés:

Aux taux d'intérêt,

Aux taux d'inflation,

A la parité des monnaies,

Au salaire minimum;

Différentes taxes appliquées à l'entreprise.

6- Définition d'une étude environnementale :

Une étude d'impact sur l'environnement (EIE), parfois appelée étude d'incidence sur l'environnement, est à la fois une procédure administrative et une étude technique, préalables à la réalisation d'un projet important. Apparues au XXe siècle, ces études ont pour objectif d'estimer les conséquences de l'action humaine notamment sur l'environnement et la santé humaine et d'essayer d'en limiter les inconvénients.

7- Conception des installations d'élevage :

❖ Structures d'élevage à terre :

Forme des bassins :

▪ Raceway ou bassin couloir :

Description : un canal de section rectangulaire ou trapézoïdale ; Passé par un courant d'eau d'un bout (alimentation) à l'autre (évacuation)

Le fonctionnement hydraulique : si sa conception a pour but d'éviter les zones mortes, cette fonction est satisfaisante. Ceci peut être réalisé si l'alimentation en eau et le drainage traversent toute la largeur du bassin ou si le drainage est en forme de V.

Fonctionnement en élevage : Dans les raceways, la vitesse de l'eau est toujours faible et l'élimination des déchets n'est pas possible. En effet, ce sont les poissons qui ne cessent de remettre en suspension les sédiments pour assurer la propreté de ces bassins, à condition qu'ils aient une charge suffisante (20 kg/m³ pour la truite). Dans d'autres cas, des précipitations se produisent et la matière organique s'accumule en conséquence, entraînant une dégradation de l'environnement. Ensuite, il doit être nettoyé fréquemment, ce qui peut être fait en abaissant le niveau d'eau dans le bassin. Cette opération provoque une augmentation de la vitesse d'écoulement de l'eau et une augmentation de la concentration en poissons, ce qui conduit à la remise en suspension et à l'élimination des déchets.

Le moine de sortie dispose de trois glissières pour assurer une triple fonction : - Empêcher les poissons de s'échapper -Retirer l'eau de fond contenant des matières organiques (la planche de bois séparée du fond de la deuxième rainure). -Maintenir et régler le niveau d'eau dans le bassin grâce à un jeu de plaques inclinées dans le troisième réservoir.

- **Bassin rectangulaire à courant rapide (Type Burrows)**

Description : Le bassin BURROWS est rectangulaire, avec une cloison centrale et un guide (ou déflecteur) à l'extrémité, ce qui peut permettre un meilleur circuit hydraulique

Le fonctionnement hydraulique : L'arrivée d'eau se fait par un jet d'eau dirigé sur l'axe du bassin. L'eau est évacuée par un orifice situé au milieu de l'axe central du bassin. Par rapport aux raceways, tous ces développements ont permis d'améliorer le débit d'eau et d'éliminer les déchets.

Fonctionnement en élevage : Ces bassins sont plus performants que les raceways en matière d'auto-nettoyage/charge admissible. Mais des particules en suspension circulent longtemps dans le bassin, ce qui peut irriter les branchies des poissons délicats (surtout les alevins). Du fait de la présence de cloisons et de déflecteurs, les manipulations (concentration, pêche, etc.) dans le réservoir d'eau deviennent difficiles, ce qui présente également le risque de nuire aux poissons. De plus, en raison du grand nombre de murs, l'entretien régulier devient plus difficile.

- **Les bassins circulaires**

Description : Le bassin rond est alimenté tangentiellement. L'évacuation est le centre, et divers systèmes (tels que des tuyaux inclinés ou des tuyaux doubles) sont utilisés pour ajuster le niveau de l'extérieur

Le fonctionnement hydraulique : Le courant généré par l'énergie de l'eau entrant tangentiellement amène les particules au centre pour évacuer, ce qui est plus facile car la forme du fond est légèrement conique (pente 5%).

Fonctionnement en élevage : Le principal avantage du bassin circulaire est la capacité d'auto-nettoyage générée par le flux circulant et la bonne répartition de l'oxygène dans la masse liquide. Par rapport bassin rectangulaire, la densité de chaque poisson est plus élevée (environ 20%). Cependant, la vitesse élevée du courant n'apporte pas seulement des avantages. La force de nage requise par le poisson est supérieure à celle du bassin rectangulaire, ce qui peut entraîner une légère diminution des performances de croissance. Un remède consiste à ajuster le réglage du mouvement du fluide par la direction du jet, ou même simplement à le construire périodiquement. En revanche, la résistance du poisson sera plus importante, ce qui est particulièrement intéressant pour les poissons de reproduction. Dans un bassin circulaire d'une certaine taille, les différentes opérations du poisson sont plus délicates. La division de ces bassins est presque impossible.

- ❖ **Structures d'élevage en mer**

L'élevage intensif de poissons en pleine eau peut se réaliser dans deux types de structures :

- **Cages flottantes**

Description : Il s'agit d'une structure relativement simple comprenant un ponton flottant rigide supportant une poche en filet souple contenant les poissons. L'ensemble est amarré à l'aide de cordes et de corps morts

Conception :

- Ponton :

Le ponton est constitué d'une passerelle permettant l'accès à l'enceinte d'élevage. Sa flottabilité est assurée grâce à des flotteurs réalisés de différentes façons (futs cylindriques injectés de polyuréthane, cadre en tuyau PVC injecté de polyuréthane ...).

- La poche de filet :

Le ponton est équipé de piquets et de crochets sur lesquels se fixe la poche de filet, lesté par exemple par un cadre en PVC. La maille du filet est fonction de la taille des poissons. Pour une taille donnée, il convient d'utiliser la maille la plus grande possible afin d'assurer le meilleur renouvellement possible de l'eau à travers la cage. IL faudra cependant veiller au fouling qui en diminuant l'espace libre permettant le passage de l'eau amène une dégradation des conditions d'élevage

- **Les cages immergées**

Description : Pour les sites en mer plus exposés, on a recours à la technique des cages immergées.

Conception :

- Cage type "biconique" en filet

Il s'agit d'une structure constituée d'une poche en filet de forme biconique supportée par un mât central en PVC autour duquel sont disposées trois cerceaux en polyéthylène (le cerceau médian et 2 sommitaux). Ce type de cage ne nécessite qu'un seul point d'ancrage. Elle peut de ce fait pivoter librement autour de son axe et s'orienter facilement en fonction des courants.

L'immersion et l'équilibrage à la profondeur voulue s'effectuent par remplissage partiel du mât central.

Elle peut également être utilisée en position flottante. Dans ce cas, la partie émergée bénéficie

- Cage en grillage métallique

Il s'agit là d'un modèle de cage rigide composée d'une armature en PVC et où le filet traditionnel a été remplacé par un grillage métallique en alliage de cuivre et de nickel particulièrement intéressant pour ses propriétés anti-fouling.

d'un auto-nettoyage du filet par séchage solaire.

Les contraintes importantes dues à la rigidité de la structure imposent son utilisation en position immergée¹

¹ <https://www.fao.org/3/af013f/AF013F10.htm>

7.1- Avantages et inconvénients de techniques de pisciculture en cages

Tableau I. 2: Avantages et inconvénients de techniques de pisciculture en cages

Avantages	Inconvénients
-Possibilité d'utilisation maximum de toutes les ressources en eau disponibles, le plus économiquement possible -Contribuent à réduire la pression sur les ressources continentales -Possibilité de mener de front plusieurs types de culture à l'intérieur de la même masse d'eau, les traitements et les récoltes restant indépendants -Facilité de mouvement et de relocalisation -Intensification de la production piscicole (ex. fortes densités et alimentation optimale, provoquant des taux de croissance améliorés et une réduction du temps d'élevage) -Utilisation optimale de nourriture artificielle pour la croissance résultant dans l'amélioration des valeurs de conversion de la nourriture -Surveillance facile des rivaux et prédateurs -Facilité de surveillance quotidienne du cheptel permettant une meilleure gestion et de détecter à temps des maladies, traitement économique des parasites et des maladies -Facilités de contrôle de la reproduction du tilapia, réduit le maniement des poissons et le taux de mortalité -Récolte piscicole facile et maniable qui qui peut être complète et d'un produit unique -Entreposage et transport des poissons vivants grandement facilités -Investissements initiaux relativement peu élevés	- Difficiles à appliquer lorsque la surface de l'eau est agitée et donc limitées aux zones abritées. -Structures pour entreposage nourriture, incubation et traitement nécessaires, exigeant donc une localisation stratégique - Un échange d'eau adéquat est nécessaire à travers les cages de façon à les débarrasser des métabolites et à maintenir un haut niveau d'oxygène. Un encrassement rapide des parois des cages demande un nettoyage fréquent -Dépendance totale d'une nourriture artificielle à moins qu'utilisées dans des étangs d'épuration. Rations alimentaires de haute qualité et équilibrées indispensables. Pertes alimentaires -possible à travers les parois des cages. -Possibilités d'interférences de la population piscicole locale ex. petits poissons qui s'introduisent dans les cages et se battent pour la nourriture -Les populations piscicoles locales sont des réservoirs potentiels de maladies ou de parasites et la probabilité de répandre les maladies en introduisant des cheptels est accrue -Difficultés accrues des traitements des maladies et des parasites -Bisques accrues de vol -Amortissement de l'investissement capital qui peut être court -Augmentation du prix de la main d'œuvre pour entreposage, alimentation et entretien

(Balarin et Haller, 1982)

8- Impact de l'aquaculture sur l'environnement :

Les polluants organiques et inorganiques dans l'eau de mer constituent une menace pour l'environnement aquatique, provoquant une toxicité aiguë ou chronique pour les organismes aquatiques, une accumulation dans les écosystèmes, une perte d'habitat et de biodiversité, et des risques pour la santé humaine (Jiang et al. 2014).

Pour prédire l'impact d'une exploitation agricole sur l'environnement nécessite des connaissances et une quantification des différentes sources de pollution (consommation d'oxygène, excrétion, aliments non consommés...) (Tayeb et al. 2015), tout en étant informé de les variations selon les différentes conditions environnementales et les espèces d'élevage. Des études menées dans les régions tempérées et en méditerranée ont indiqué que la mariculture influe principalement sur la qualité de l'eau et génère de l'enrichissement des sédiments (Zhulay et al. 2015). les impacts de la mariculture à haute intensité sont un élément qui doit être pris en compte.

Les sédiments sont considérés comme le meilleur indicateur des perturbations anthropiques et fournissent l'historique de la pollution (Hu et al. 2013). Ils jouent un rôle majeur dans l'accumulation, le transport, la biodisponibilité et la toxicité des contaminants (Miniero et al. 2014). Les métaux lourds sont considérés comme toxiques non seulement au-dessus de concentrations spécifiques mais aussi en fonction de leur spéciation chimique (Squadrone et al. 2016). La plupart des organismes ont tendance à accumuler les métaux lourds absorbés dans leur habitat ou par le biais de leur alimentation (Richardson et al. 2015 ; Xie et al. 2013), mais beaucoup d'entre eux semblent être capables de les éliminer par des mécanismes oxydatifs (Nasyitah Sobihah et al, 2018).

L'accumulation de traces de métaux dans l'environnement menace la santé publique par la consommation de produits aquatiques contaminés (Copat et al. 2015).

Le facteur d'enrichissement et les indices de géo-accumulation suggèrent que les concentrations de Cu, Pb, Cd, Fe et Zn sont dans une gamme considérée comme non contaminée. Les métaux lourds dans les sédiments de surface de la ferme piscicole d'Azeffoun (Algérie) étaient inférieurs à ceux détectés dans d'autres pays. Ainsi, toutes les stations ont une valeur AEI (l'indice des effets indésirables) inférieure à 1, ce qui signifie un risque écologique faible, avec une probabilité de 9% à 21% causant des effets toxiques pour le biote marin. Les résultats indiquent que L'industrie algérienne de la mariculture (cages flottantes) ne constitue donc pas un danger écologique pour le milieu aquatique local lié à la pollution par les métaux toxiques. Mais cela n'empêche pas l'adoption de pratiques plus respectueuses de l'environnement (Lounas et al, 2020).

- **Concentrations de métaux lourds dans la daurade sauvage et d'élevage de la mer Méditerranée méridionale :**

Une étude a été réalisée pour évaluer les risques sanitaires de l'exposition aux métaux lourds par la consommation de poissons emblématiques de la Méditerranée (*Sparus aurata*) provenant des côtes algériennes. Les concentrations moyennes d'As, de Cd, de Cu, de Pb et de Zn dans les poissons d'élevage étaient inférieures à celles des poissons sauvages, tandis que la concentration la plus élevée de Cd a été enregistrée dans un poisson d'élevage. Une différence significative dans les concentrations de métaux a été démontrée chez les poissons sauvages et d'élevage de différents systèmes d'élevage. Selon les questions déterminées, la consommation de daurade sauvage ou d'élevage pourrait être considérée comme sécuritaire pour la santé publique, tout en tenant compte du risque cancérigène de l'arsenic. La présente étude sert de point de référence pour d'éventuelles recherches ultérieures. Il est donc suggéré qu'une surveillance continue des éléments cancérigènes et essentiels de tous les produits de la mer est nécessaire pour évaluer les risques potentiels pour la santé humaine et la contamination des écosystèmes (Lounas et al, 2021).

Donc dans la section suivante, certaines pratiques de mariculture durable seront discutées :

- **Système de recirculation de l'aquaculture : SAR**

La mariculture est entravée par la disponibilité limitée de sites convenables et la capacité écologique des sites existants (Henriques et al., 2017), Ce qui a stimulé le développement du système de recirculation de l'aquaculture « SAR ». Il est basé sur le recyclage de l'eau (van Bussel et al. 2014), avec une consommation d'eau 100 fois inférieure à celle des systèmes de circulation traditionnels (Meinelt et al. 2010) le recyclage de l'eau pourrait atteindre (< 0,1 m³ /kg de nourriture) (Yogev et al, 2019), la formulation d'un bon aliment est l'élément essentiel de la RAS (Kumar et al. 2010). Dans ce type de système, les filtres biologiques permettent la dénitrification à l'aide de bactéries, *Nitrosomonas* et *Nitrobacter* (Carballeira et al, 2012), ces systèmes réduisent également les émissions de dioxyde de carbone (CO₂) associées aux aliments et au transport (Martins et al., 2010; Skov 2019).

La dénitrification totale n'est pas recommandée dans les systèmes marins, car la présence de résidus de nitrite inhibe la réduction des sulfates et le COD « carbone organique dissous » (Zhu et al, 2015).

- **Aquaculture multi-trophique intégrée :**

L'intégration des espèces nourries et extractives par imitation de la nature en intégrant des organismes de différents niveaux trophiques est la forme moderne de polyculture appelée aquaculture multi-trophique intégrée (AMTI) (Lander et al. 2013; Largo et coll. 2016; Montalto et al., 2017), Où la matière organique est assimilée par les filtreurs et les crustacés, la matière inorganique est extraite par les algues pour produire une masse algale (Wu et al., 2015; Alexander et al. 2016a, b; La Macchia Pedra et al. 2017).

Ray et al. (2015) ont démontré que les systèmes intégrés réduisent l'eutrophisation en assimilant les éléments dissous, sachant que 80 % des pertes totales d'éléments nutritifs provenant de l'aquaculture sont disponibles pour les algues en tant que substances potentiellement eutrophes (Kibria et Haque 2018; Rosa et al. 2020), de la même façon, les métaux traces se sont accumulés dans les thalles d'algues dans une certaine mesure, conformément aux normes de biodisponibilité pour les algues cultivées à proximité des piscicultures (Ratcliff et al. 2016).

Avantages de l'aquaculture intégrée :

L'aquaculture intégrée présente des avantages économiques et environnementaux (Burns et al., 2014; Ferreira et al. 2014), il augmente l'acceptabilité sociale des systèmes d'aquaculture (Nobre et al. 2010; Alexander et al. 2016a, b; Biswas et al. 2020) et les fermes AMTI donnent aux producteurs l'étiquette verte (Troell et al. 2009; van Osch et al. 2017), augmente la viabilité et la rentabilité à long terme par unité de culture et non par espèce, ce qui est le cas pour les monocultures (Xie et al. 2013; Gambelli et coll., 2019), jusqu'à 80 % des gains économiques globaux découlant de à l'AMTI (Edwards, 2015; Ankamah-Yeboah et al. 2016).l'AMTI pourrait réduire l'enrichissement des sédiments (Ying et al, 2018), aussi comme une stratégie d'adaptation aux changements climatiques fondée sur l'approche écosystémique (Ahmed et al, 2016).

Certains pays exigent le déplacement de sites agricoles tous les deux ou trois ans pour réduire les impacts benthiques (Kletou et al, 2018).

- **Mariculture au large des côtes :**

La mariculture hauturière offre une solution de rechange prometteuse pour minimiser les impacts environnementaux et socioéconomiques potentiellement négatifs de l'aquaculture (Thomas et al. 2019).Elle se produisant à plus de 2 km de la côte à des profondeurs d'eau supérieures à 50 m et sous l'influence d'une puissante énergie hydrodynamique (vagues, houles, courants océaniques et vents forts) (Lovatelli et al. 2013).

Muñiz et al. (2019) et Barillé et al. (2020) ont constaté que les sites extracôtiers présentaient un meilleur potentiel de croissance pour les huîtres et les moules, ainsi qu'une meilleure composition biochimique que les sites intertidaux. Les résultats de Di Trapani et al. (2014) ont montré une meilleure rentabilité économique de l'exploitation hauturière par rapport à l'exploitation côtière, principalement en raison d'un meilleur ratio de conversion alimentaire et d'une densité de poissons plus élevée, ainsi que d'un bon prix du marché (Kim et al. 2012; Thomas et al. 2019).

- **Biorestauration des déchets de mariculture :**

L'ajout de calcium et de magnésium améliore les propriétés de sédimentation des déchets de mariculture solides et permet la conversion de 67% d'azote par des bactéries hétérotrophes dans les boues en biomasse bactérienne qui sera ensuite utilisée dans l'alimentation des poissons, ce procédé est appelé bio-Flocs technology (BFT) (Luo et al., 2013; Abu Bakar et al. 2015).Les plantes aquatiques pourraient être utilisées dans des programmes de

phytoremédiation (Kherbani et al, 2015), pour l'assainissement de l'eau et du sol à partir des matières organiques, inorganiques, des métaux et l'élimination des contaminants pharmaceutiques (Xiong et al, 2018).

Les halophytes présentent un grand potentiel en tant que biofiltres pour les effluents de mariculture, réduisent le phosphore total, les solides en suspension et maintiennent la demande biologique en oxygène en augmentant la concentration d'oxygène dissous par la baie de photosynthèse (Flora et al, 2014a, b), et en maintenant l'ammoniac et le nitrate à de faibles niveaux de réception dans les régions tempérées et tropicales (Buhmann et al, 2013).

9-Effets des critères environnementaux sur les structures des fermes marines :

En plus des facteurs qui peuvent affecter le poisson d'élevage, dans le processus de sélection du site, il faut considérer tous les facteurs qui peuvent avoir une influence sur l'installation de la cage, les barges et les signaux marins.

Il est essentiel de prendre en compte les facteurs suivants lors du choix du modèle de cage, lors de la conception et de la construction du système d'amarrage, ainsi que dans le choix du navire de service :

- la bathymétrie ou la profondeur du site;
- la vitesse et la direction du courant;
- le vent;
- hauteur et période des vagues;
- le fond marin (c'est-à-dire le type de fond)
- l'incidence des tempêtes.

○ Bathymétrie

La profondeur de l'eau, combinée à la vitesse et à la direction du courant moyen, peut déterminer la concentration de sédiments résiduels dans la zone entourant les cages.

La profondeur peut également avoir les impacts suivants:

- Empreinte de la ferme: plus la profondeur de l'eau est grande, plus l'empreinte de la ferme sera grande, car la longueur des amarres est habituellement de trois à cinq fois la profondeur du site.
- Conception d'amarrage: la profondeur du site peut influencer l'équipement et les matériaux utilisés pour les amarres, y compris leurs dimensions.
- Plongée d'inspections : les plongées de plus de 50 m posent un problème pour les plongeurs professionnels qui nécessitent une formation spécifique et un équipement professionnel et coûteux pour travailler plus en profondeur.

○ Profondeur du filet de la cage :

En règle générale et en fonction de la vitesse du courant, il ne doit pas dépasser le tiers de la profondeur du site et laisser au moins 15 mètres entre la base du filet et le fond marin. Pour permettre une dispersion plus large et meilleure des particules de déchets de cages. Ainsi, un

site peu profond entraînera la nécessité d'utiliser des filets courts et par conséquent, le volume des cages sera plus petit que dans un site plus profond.

- **Vitesse et direction des courants :**

La vitesse des courants a une influence directe sur les cages car elle représente 70-75% des forces totales sur une ferme en cage typique de taille moyenne (c'est-à-dire avec une production comprise entre 3 000 et 4 000 tonnes / an); il affecte principalement:

- échange d'eau dans la cage (cages);
- dispersion d'alimentation;
- les poids des filets et les plombs des cages;
- les mouvements de la cage et les transferts de poissons;
- la forme du filet et les volumes d'élevage ;
- les opérations de plongée;
- distance de dispersion des effluents solides.

- **Vent**

Le vent représente environ 5 à 10% du total des forces exercées sur un système d'amarrage de cages, tandis que la part augmente en cas d'alimentation de barges. Il peut avoir un impact direct sur les cages et leur activité : en tirant sur le filet, en dérangeant les navires qui se déplacent autour de la ferme et en dispersant les granulés de nourriture à l'extérieur des cages.

- **Vagues**

Les vagues représentent environ 20 à 25% des forces totales qui affectent l'amarrage et l'équipement d'une ferme en cage .Si un objet tel qu'une cage marine se trouve dans l'eau, l'énergie de la vague y sera également transférée et elle suivra le mouvement des vagues.

La connaissance du climat et des vagues sur le site sera également un outil important dans le choix de la technologie de cage et du système d'amarrage appropriés pour éviter les ruptures ultérieures des cages et des amarres. Si la hauteur des vagues est trop élevée, il est très probable que cela affectera la structure de la cage.

Fond marin

Les caractéristiques du fond marin devraient être étudiées afin de classer le type de sédiments pour ancrer l'ancrage et identifier les communautés benthiques .Cette information sera cruciale pour évaluer ce qui suit:

- Système d'amarrage,
- Zones de déploiement d'ancrage,
- Les habitats sensibles.

- **Incidence des tempêtes :**

Sont des phénomènes météorologiques qui peuvent représenter un risque principalement pour les vents forts et pour les vagues et les courants qui en résultent dans la mer.

10-Les différents procédés de traitement d'eau aquacoles :

10.1-L'épuration des eaux :

○ La décantation :

C'est l'élimination des particules solides par captage et dépôt sur un support. C'est un procédé relativement simple et peu coûteux.

Les déchets issus d'un élevage aquacole seront d'autant plus difficiles à capter qu'ils auront séjourné longtemps dans les bassins et les systèmes d'évacuation de l'eau (FAURE, 1984) La conception des bassins et de l'hydraulique est donc déterminante.

Le rendement étant généralement faible (40 % environ), il faudra admettre une certaine pollution ou disposer d'autres procédés en sortie de décanteur.

○ Filtration biologique

Sous le terme de filtration biologique on désigne des procédés utilisant la propriété de certaines souches de bactéries de transformer certains polluants. En aquaculture, c'est la transformation de l'ammoniac toxique en nitrates qui est visée. Il y a en même temps développement de matières vivantes (bactéries). Il s'agit d'éliminer une pollution solubilisée pour la transformer en matières vivantes particulières.

Les conséquences pour l'élevage sont :

- des difficultés importantes pour traiter les animaux en cas de maladie, la plupart des produits de traitement étant toxiques pour les bactéries épuratrices.
- une maintenance assez lourde, le développement du film bactérien sur le support implique des lavages Si l'on veut garder son efficacité et éviter l'apparition de processus anaérobie dangereux pour les poissons. Le pH doit être contrôlé et maintenu au-dessus de 6,8 (chaulage).

○ La nitrification :

La nitrification joue un rôle important dans l'épuration biologique, afin d'éliminer l'azote des eaux usées. L'azote se rencontre dans les eaux usées généralement sous la forme Ammonium (NH_4^+) ou lié aux composés organiques. L'azote organique est transformé en ammonium lorsque ces composés sont épuisés. La transformation de l'ammonium en nitrate (nitrification) produit notamment 2 espèces bactériennes :

- Nitrosomonas spp. est la première étape: transformation de l'ammonium en nitrites (NO_2^-)
- Nitrobacter spp. est la deuxième étape: transformation de nitrites en nitrates (NO_3^-)

○ Dénitrification :

est l'action de dénitrifier, c'est à dire une réduction des ions nitrates NO_3^- en ions ammonium NH_4^+ ou en azote gazeux N_2 par les bactéries dénitrifiantes ou des organismes dénitrifiant.

○ **L'écumage :**

Cette technique consiste à provoquer l'apparition d'une mousse, qui est riche en composés azotés et qui peut contenir une quantité notable de particules.

Cette mousse se forme spontanément en eau de mer au niveau des aérateurs. La mise en œuvre consiste donc à établir un bullage à l'intérieur d'une cheminée. La mousse est évacuée en haut de la cheminée. Des appareils du commerce existent, l'installation comporte comme unique réglage la hauteur de la cheminée au-dessus du plan d'eau :

- trop haute, les mousses ont du mal à s'évacuer et l'épuration n'a pas lieu,
- trop basse, les mousses très hydratées du bas de la colonne sont évacuées et la perte d'eau devient excessive.

L'application de ce procédé à l'aquaculture a été étudiée par DIVANACH, (1978).

○ **La désinfection des eaux :**

La stérilisation de l'eau d'apport par le chlore est également pratiquée en éclosérie; la neutralisation est faite par le sulfite avant utilisation.

La mise en œuvre de la stérilisation suppose la connaissance des germes que l'on veut détruire. En effet, l'intensité germicide à appliquer diffère suivant les germes :

Un virus tel que la S.H.V. en salmoniculture est détruit par de faibles densités germicides, tandis que le virus de l' N.P.I demandera des intensités considérables, qui en pratique ne pourront jamais être atteintes.

(MAISSE et coll., 1980) HOFFMAN (1974) et ROSENTHAL (1981) ont fait la synthèse des données disponibles pour l'aquaculture.

La stérilisation par les U. V. est aisée à mettre en œuvre, mais reste réservée aux petits débits. Compte-tenu des coûts d'investissement et fonctionnement (changement des lampes).

-L'ozone : utilisé pour les coquillages, reste d'application limitée vu la sensibilité des poissons aux résidus d'ozone (0,01 à 0,06 mg/l).

-Le chlore : est utilisé sur l'eau d'apport. Une neutralisation au sulfite gazeux, facile à réaliser, évite les problèmes de toxicité.

Chapitre II :

Matériels et méthodes

1. Situation géographique Sidi Fredj :

La presqu'île de Sidi Fredj se situe à une vingtaine de kilomètres à l'ouest d'Alger. C'est une localité étendue sur un kilomètre au bord de la mer, orientée vers le Nord-Ouest, sur 1km selon le grand axe et sur 200m selon le petit axe elle forme le cap Est de la baie de Bou Ismail et la limite Ouest de la baie d'EL Djamila.

C'est un promontoire rocheux en saillie par rapport aux côtes sableuses limitrophes caractérisées par deux pointes :

- La pointe de Marabout à l'est où se situe le port de plaisance de Sidi Fredj.
- La pointe de St janvier à l'Ouest à la limite de la baie d'EL Djamila.

2. Les coordonnées géographiques :

Elle se situe entre 2° 50' 48'' Est de longitude et 36°45'17'' Nord de latitude jusqu'à 2°50'41'' Est de longitude et 36° 45' 06'' Nord de latitude avec 1.33 km de l'altitude

3. De point de vue administratif :

La localité de Sidi Fredj appartient à la commune de Staouéli, daïra de Zeralda et Wilaya d'Alger.

Elle couvre une superficie de 69ha dont 1.6 ha boisée, délimitée au :

Nord : par la mer Méditerranée.

Sud : par la forêt domaniale d'environ 96ha.

4. Présentation de site d'étude : La Plage ouest Sidi Fredj

La plage Ouest Sidi Fredj est délimitée au Nord par la digue du centre de thalassothérapie et au Sud par la digue du centre de repos de l'ANP. Cette plage est bordée par plusieurs habitations. Cette plage est très fréquentée durant la période estivale.

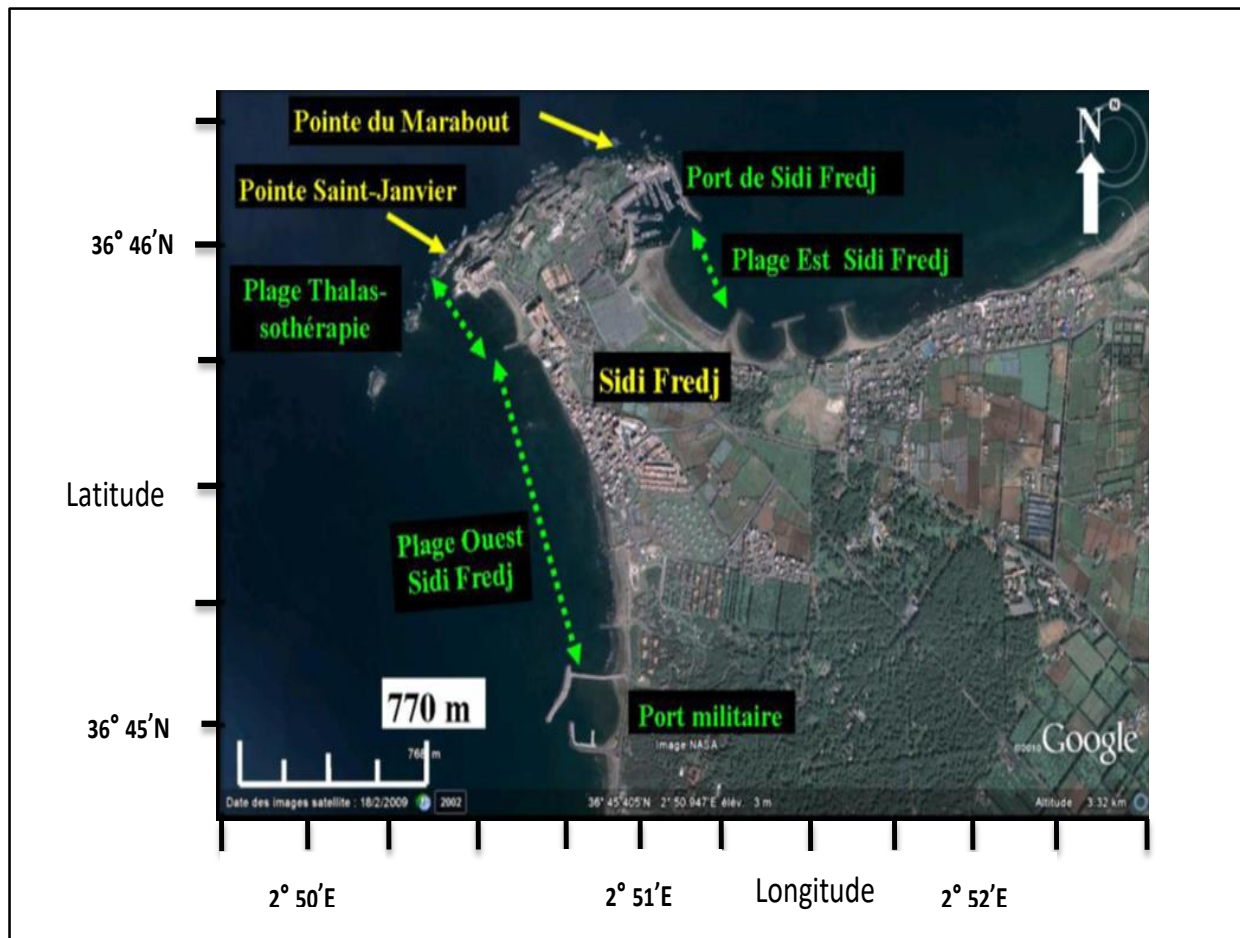


Figure II .4 : Situation géographique de la plage ouest Sidi Fredj (Google Earth.2010)

5. Contexte géologique de la zone d'étude :

5-1 .Géologie régionale

Les affleurements de la presqu'île de Sidi-Fredj sont les prolongements de l'important ensemble cristallin de la grande Kabylie, auquel se rattache le massif granitique de Thénia (Leclaire, 1972).

De point de vue géologique la presqu'île de Sidi-Fredj est caractérisée par deux ensembles :

Le socle dont les affleurements sont considérés comme une partie du massif d'Alger qui est formé par des roches métamorphiques (gneiss, micaschistes et calcaires métamorphiques (Degiovanni, 1973).

Les formations sédimentaires déposées au-dessus du socle sont d'âge pliocène, calabrien et en fin quaternaire.

5-2 .Géologie locale

Notre zone d'étude regroupe toutes les formations géologiques citées. En effet le socle métamorphique forme le promontoire Est, les ilots et le platier rocheux.

Les formations quaternaires constituent une partie de l'arrière plage sur laquelle repose actuellement le mur de protection et le parking du complexe, une partie du platier rocheux est constituée de grès de plages anciennes.

5-3 .Presentation du plan de la station de recherche ENSSMAL

Le plan de station de recherche de l'ENSSMAL située à Sidi Fradj est donnée par la figure 5 :

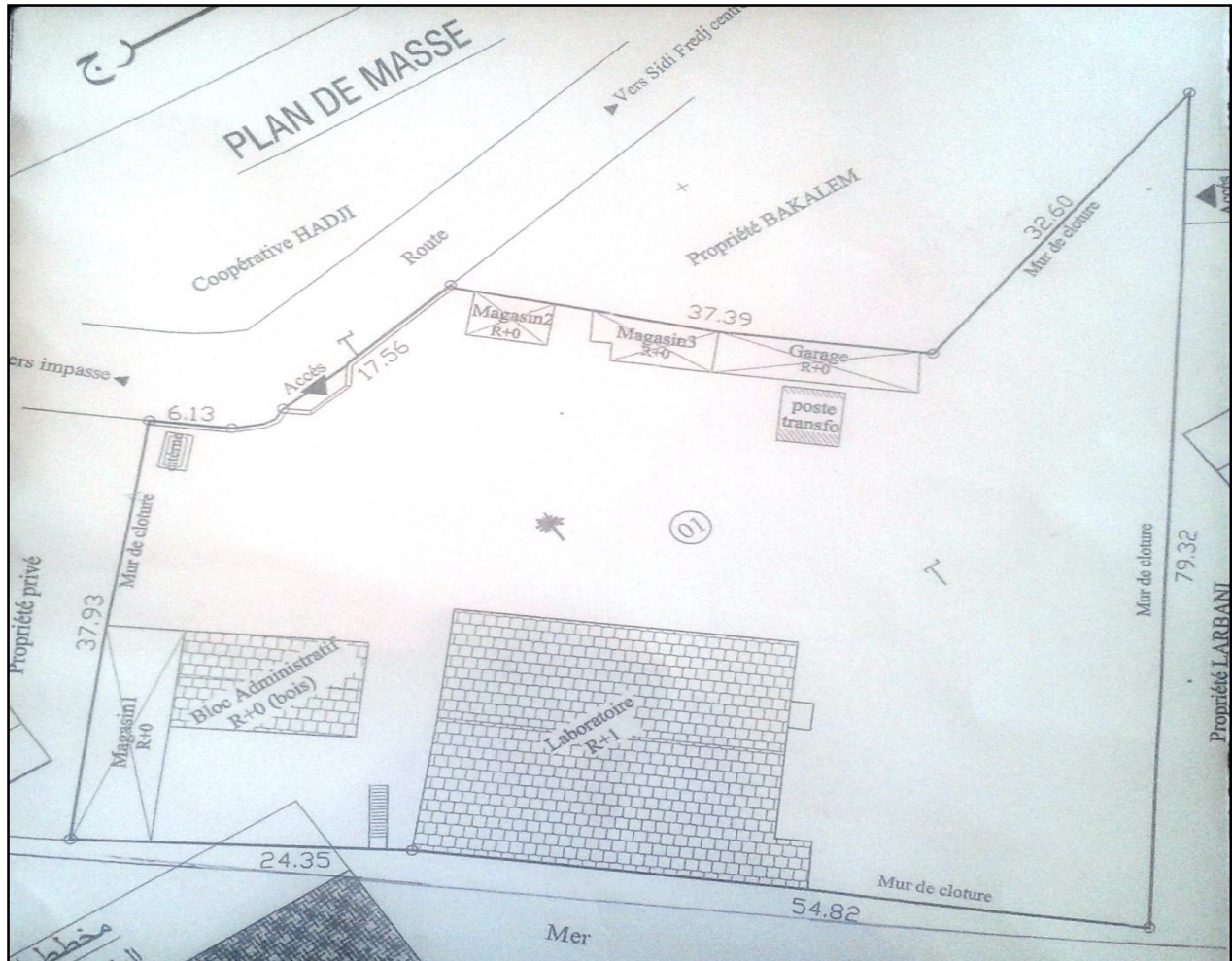


Figure II 5: Plan représentatif de la station de recherche Sidi Fredj ENSSMAL
(Ben Atou, M, 2008)

Le plan de la bâtisse ENSSMAL montre que cette station présente différentes parties cases constitutives (magasins, bloc administratif, laboratoires, garage) avec une superficie de 960.000 m².

La bâtisse date du temps coloniale ; elle est construite au début du XXème siècle pour servir comme établissement hôtelier pour les militaires.

L'ex ISMAL a récupéré ce vieux bâti en 1983 comme siège administratif et lieu des activités des recherches.

5.4 .Localisation de la ferme expérimentale aquacole

La ferme aquacole d'une superficie de 300 m² est située à la station de sidi Fredj. Le schéma de la figure 6 illustre la position de la ferme au niveau de la station de recherche de Sidi Fredj.

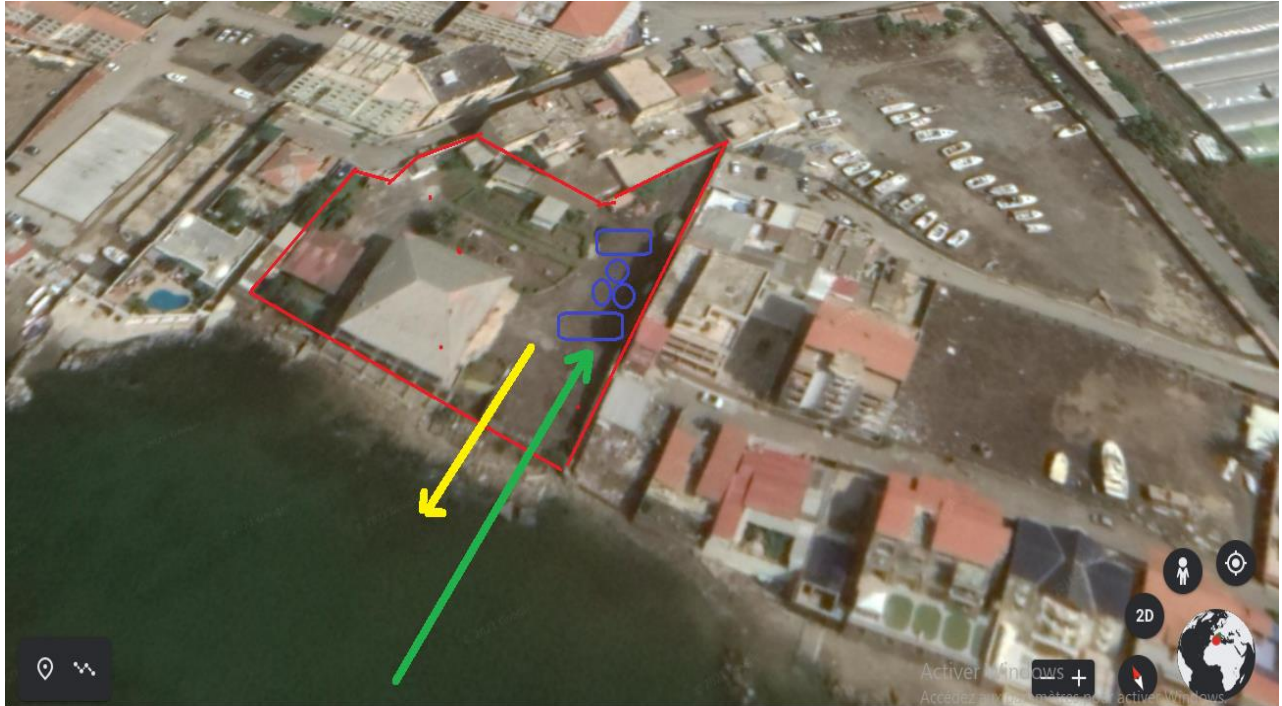


Figure II 6: localisation de la ferme expérimentale aquacole à Sidi Fredj

6. Méthodologie du fonctionnement du nouveau procédé aquacole

Le schéma du fonctionnement du nouveau procédé aquacole est donné sur la figure ci-dessous

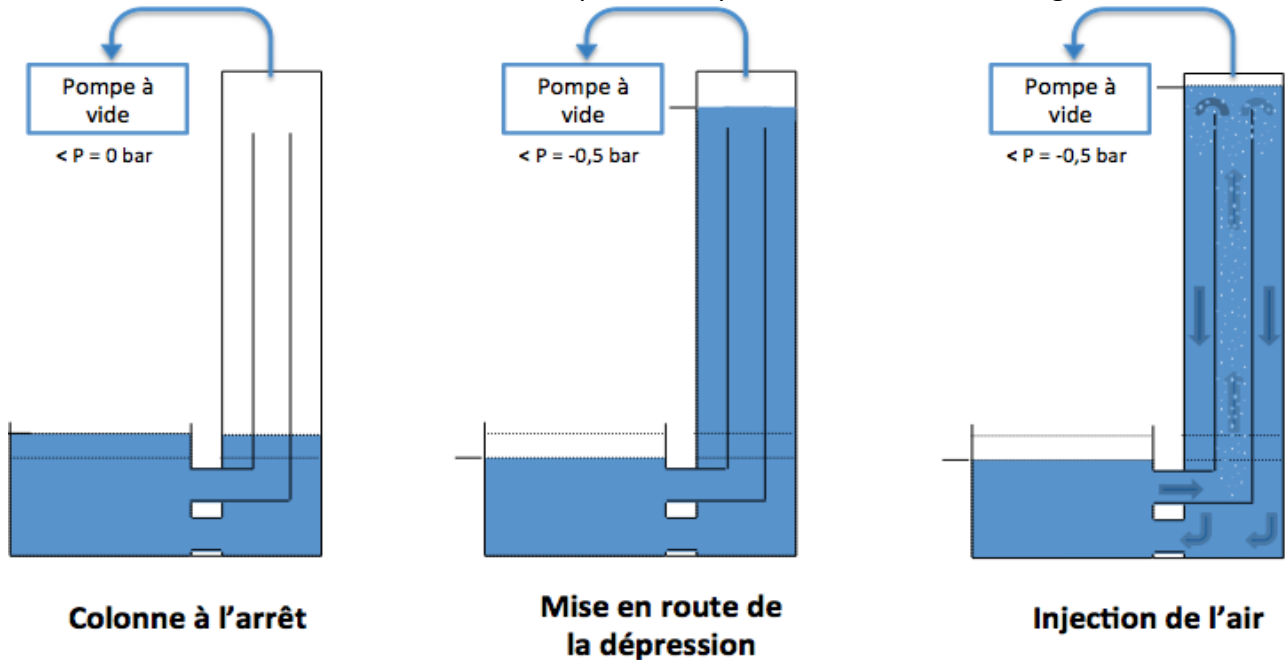


Figure II 7 : fonctionnement du procédé aquacole utilisé (Grimaldi, 2018).

Dans un système aquacole en culture intensive, l'activité biologique oblige souvent, (i) à apporter de l'oxygène pour subvenir aux besoins de respiration des espèces et, (ii) à extraire des solutés gazeux, comme l'azote ou comme le dioxyde de carbone libérés par la respiration et dont l'accumulation dans le bassin serait, au-delà de certaines valeurs, un facteur d'inhibition de la croissance (Pichavant *et al.*, 2000 ; Evans *et al.*, 2005). Le CO₂ est notamment le second facteur limitant la croissance des poissons d'intérêt aquacole (Grottum et Sigholt, 1996 ; Fivelstad *et al.*, 1998 ; Cecchini *et al.*, 2001 ; Moran, 2010a). De plus, lorsque l'eau est sursaturée en CO₂, le pH diminue par le fait de l'accumulation de proton due aux réactions chimiques résultant de l'équilibre calco-carbonique :

Le stripage du CO₂ permet donc aussi une remontée du pH. Si le dégazage en CO₂ est insuffisant, l'ajout d'une base (NaOH ou bicarbonates principalement) est aussi une méthode utilisée pour faire remonter le pH et diminuer la concentration en CO₂ dissous dans l'eau (Bisogni et Timmons, 1994 ; Grace et Piedrahita, 1994 ; Summerfelt, 1996 ; Piedrahita, 1997, 1998 ; Loyless et Malone, 1998). Cependant, l'utilisation de produits chimiques est de moins en moins recommandée en raison des risques liés à leur mise en œuvre et des normes de qualité exigées (Summerfelt, 2000).

L'azote dissous est également toxique pour les poissons lorsqu'il se trouve en sursaturation dans l'eau. Il peut entraîner de fortes mortalités par accident de décompression car les bulles d'azote restent piégées dans l'organisme du poisson (Hussenot, 1987).

C'est ainsi que la plupart des systèmes d'élevage intensifs sont habituellement équipés de systèmes permettant l'extraction du CO₂ et du N₂ et d'un système d'injection d'O₂ pur ou d'aération pour réoxygéner l'eau (Belaud, 1996). Le coût d'extraction du CO₂ par des colonnes à ruissellement ventilées reste encore élevé aujourd'hui (Colt et Orwicz, 1991 ; Watten, 1991 ; Grace et Piedrahita, 1994), de plus, ce système ne permet pas toujours d'obtenir une concentration en CO₂ satisfaisante. Les systèmes de transfert choisis doivent permettre de maximiser la surface d'échange entre l'air et l'eau tout en réduisant la résistance aux transferts aux interfaces gaz-liquide, de façon à transférer efficacement les solutés ciblés.

Les échanges gaz-liquide entrent dans les processus de transfert de masse permettant le passage d'un ou plusieurs constituants d'une phase vers l'autre. Deux des opérations les plus répandues sont l'absorption, pour laquelle les constituants sont transférés d'une phase gazeuse vers une phase liquide, et la désorption (ou stripage, dégazage) qui, à l'inverse, consiste à faire passer les constituants de la phase liquide vers la phase gazeuse (Roustan, 2003a et b). Ces opérations sont utilisées par exemple pour permettre l'aération ou le dégazage d'un liquide et peuvent être couplées à des réactions chimiques telles qu'hydrogénation, oxydation, chloration ou encore humidification. Différents types de contacteurs peuvent être mis en œuvre: système agité, colonne à garnissage, lit à ruissellement et colonnes à bulles par exemple. Le choix du système de transfert dépend de considérations techniques et économiques (Boyd et Watten, 1989 ; Colt et Tchobanoglous, 1981 ; Speece, 1981 ; Watten, 1994).

Les colonnes à bulles présentent certains avantages : elles ont d'excellentes propriétés de transfert de masse, le contrôle de la température y est facile, elles fonctionnent aussi en présence de suspensions particulières sans risque d'érosion ou colmatage, enfin, leur construction reste simple et leurs coûts de maintenance et de fonctionnement sont faibles (Havelka *et al.*, 2000 ; Kassab *et al.*, 2007 ; Rodrigues *et al.*, 2008).

Dans ce cadre, l'utilisation d'un airlift a déjà été proposée (Loyless et Malone, 1998).

Le flux de matière transféré est alors dépendant d'un certain nombre de grandeurs liées (i) aux caractéristiques du constituant à transférer et des phases gazeuse et liquide en présence, (ii) aux conditions de travail (température et pression), (iii) aux régimes hydrodynamiques (taille des bulles, rétention gazeuse, vitesse de circulation), et (iv) à la géométrie du système.

6.1-Fonction écumeur de la colonne à dépression

6.1.1 Caractéristiques des particules des effluents aquacoles :

Les eaux des bassins aquacoles doivent aussi rester faiblement concentrées en particules et en nutriments divers afin de maintenir des conditions d'élevage optimales avec une faible turbidité des eaux, un maintien à des niveaux très faibles des teneurs en nutriments qui pourraient être toxiques (azote ammoniacal, nitrates...) et une absence de pathogènes (Suzuki *et al*, 2008 ; Park *et al*, 2011). Bien qu'il existe peu d'informations sur les valeurs critiques de la concentration en matière en suspension (MES) dans l'eau d'élevage vis à vis de la croissance ou du bien être des poissons, il a été montré, dans le cas des bassins recirculés, qu'au-delà d'une concentration de 80 mg.L⁻¹ de MES, la croissance des salmonidés est ralentie (Piper *et al*, 1982 ; Laird et Needham, 1988 in Roque d'Orbecastel, 2008). Il est donc indispensable de mettre en place des unités de traitement permettant d'éliminer les différents produits d'accumulation potentiellement gênants tels que l'Azote Ammoniacal Total (AAT) ou les MES au-delà des concentrations recommandées et de limiter le développement des bactéries. Ces unités de traitement consistent généralement en :

- une élimination de MES par filtration (tamisage et filtre à garnissage, voire biofiltre)
- l'oxydation de l'azote ammoniacal total par biofiltration
- l'élimination des germes par désinfection UV ou par injection d'ozone

A ces procédés s'ajoutent les procédés d'aération et de dégazage présentés au paragraphe précédent.

Ainsi, en fonctionnement continu, par le fait soit d'une dilution par les eaux neuves apportées, soit par des unités de traitement en place, les eaux des bassins d'élevage sont caractérisées par des concentrations relativement faibles en nutriments, notamment en azote total (concentrations de l'ordre de 0,2 à 2 mg.L⁻¹), en phosphore total (concentrations de l'ordre de 0,05 à 0,3 mg.L⁻¹) et en matières en suspension (concentrations de l'ordre de 2 à 20 mg.L⁻¹). Une partie seulement des nutriments est retrouvée sous forme particulaire (environ 7 à 32 % de l'azote total et 30 à 84 % du phosphore total), l'essentiel étant présent sous forme dissoute (Cripps, 1995). La distribution des tailles de la fraction particulaire dépend d'une part des espèces de poissons élevées à travers leur taille et la nature de l'aliment qui leur est distribué et d'autre part du régime hydraulique dans le bassin d'élevage à travers les turbulences. D'une manière générale, ces particules ont une taille comprise entre 2-3 µm.

250-300 µm avec une taille moyenne située autour de 13 µm. Dans tous les cas, les particules ont majoritairement des diamètres inférieurs 30 µm.

Applications de la colonne airlift au traitement des eaux piscicoles :

Dans les installations aquacoles, la présence d'un moussage écumage met en évidence la possibilité d'extraire de fines particules par bullage dans l'eau mais aussi des fractions solides et colloïdes piégées dans la mousse créée et extraite du système par soufrage.

Les matières concernées ont pour l'essentiel des déchets particuliers principalement des fèces de tailles variables, produits par les poissons et pouvant être extraits par différents procédés (Figure 8)

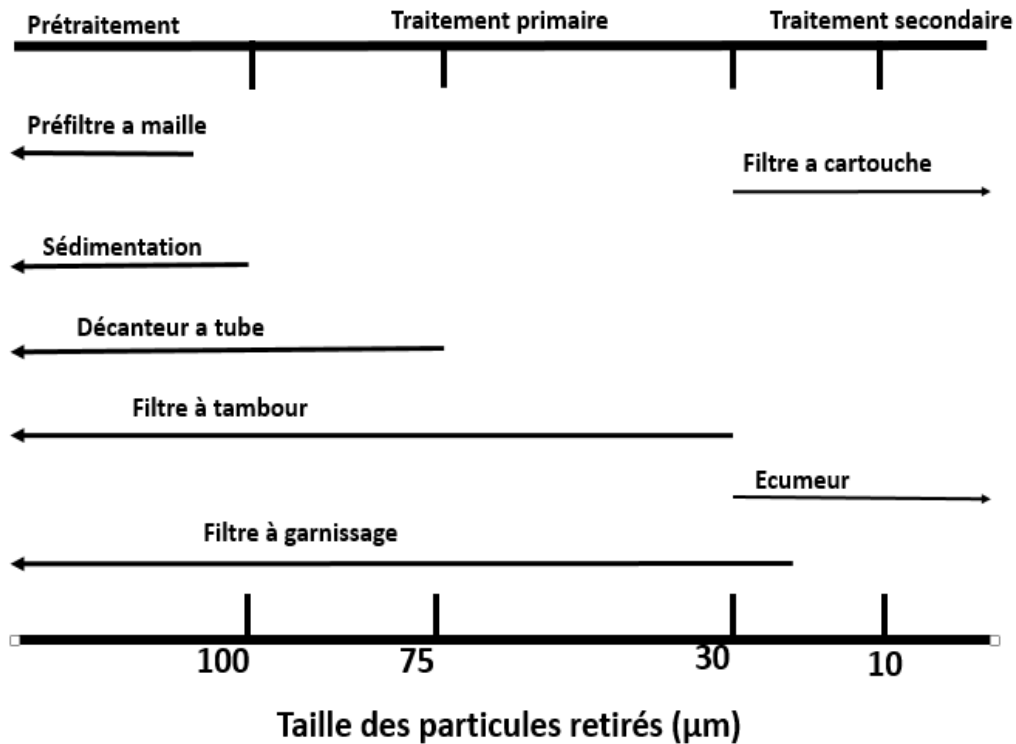


Figure II .8 : taille des particules retirées

7. Description du projet

La réalisation de ce projet aquacole comporte quatre grandes phases, dont :

- La préparation du site ;
- La phase de construction;
- La mise en exploitation ou phase opérationnelle, et
- La fermeture ou l'abandon du projet après l'exploitation.

La technologie employée dans l'aquaculture peut varier considérablement en fonction du type de projet aquacole à réaliser. L'échelle et le choix de la technologie adaptée seront alors décisifs concernant les impacts éventuels du projet sur l'environnement naturel, et sur les conditions socioculturelles.

Dans la description du projet, il s'avère pertinent de mettre en exergue et approfondir les principales sources d'impacts. En outre, elle devrait contenir systématiquement le plan d'ensemble du site du projet, la vue en plan de l'aménagement général de la base vie,

Le schéma d'aménagement des bassins à des échelles appropriées et le planning d'exploitation. Au cas où le programme d'exploitation du projet se fait par phase, le planning d'exécution devra être bien défini et l'étude d'impact y afférente sera échelonnée.

A cet effet, la description du projet devrait contenir au minimum les points suivants :

Exploitation :

- dimension, type de l'exploitation ;
- choix de l'espèce et justification ;
- choix de la filière d'élevage et justification ;
- mode d'approvisionnement en larves et leur origine ;
- choix biotechniques pour la production ;
- résultats biotechniques attendus ;
- production escomptée ;
- intrants (aliments, produits chimiques) ;
- extrants (produits, rejets, pollutions).

Infrastructure :

Travaux d'aménagement (avec justification) et équipements ;

- structure d'évacuation des déchets ;
- traitement des eaux usées avec leur dimensionnement (tout en justifiant ce dernier) ;
- unité de stockage des aliments ;
- atelier et unités de stockage du matériel, outillage, pièces détachées,... ;
- laboratoires et bureaux ;
- infrastructure de desserte

Energie :

- mode d'approvisionnement énergétique ;
- quantité d'énergie consommée (électricité, Carburant, froid...) ;
- mode de stockage de réserve de carburant

Personnel :

- mode de recrutement ;
- nombre de personnel et qualification ;
- modalité de formation ;
- site d'hébergement ;
- mode d'approvisionnement sur les lieux d'hébergement et de travail.

Chapitre III :

Résultats et Discussions

1-Procédé aquacole de la ferme expérimentale :

Dans notre étude, nous avons utilisé le procédé présenté par l'équipe de Monsieur Hamdi au salon national des produits innovants de la recherche en mai 2018 (Hamdi, 2018). Le schéma est donné sur les figures ci-dessous :

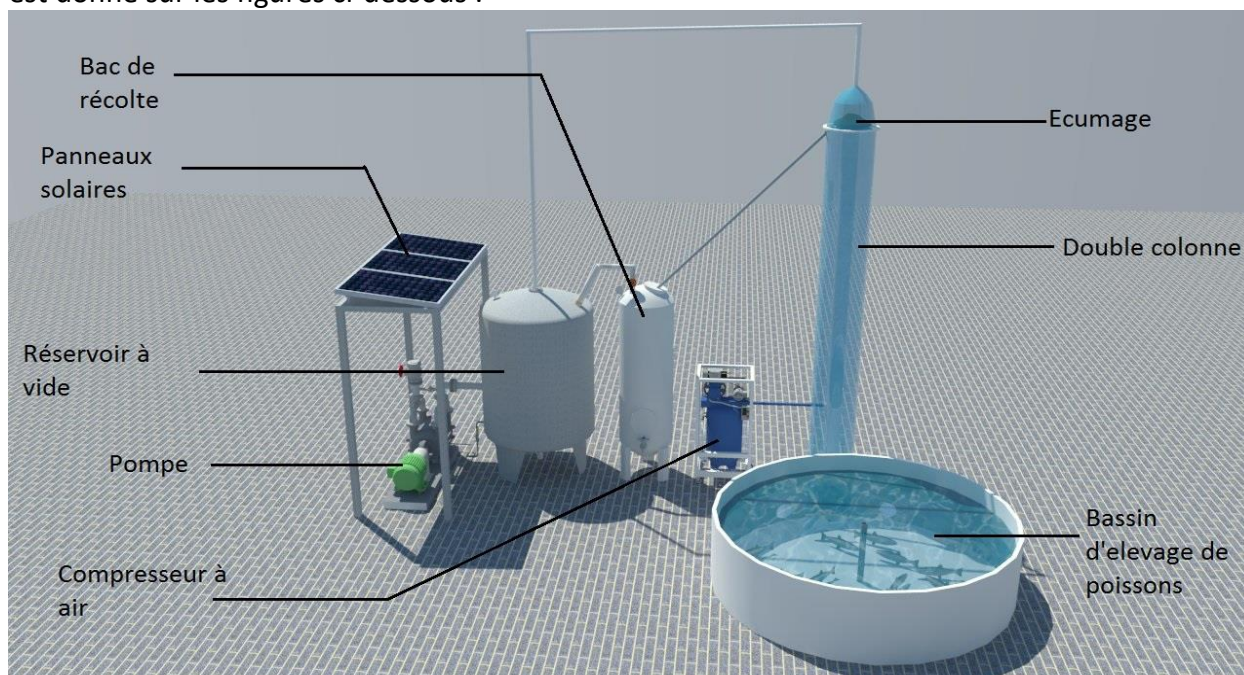


Figure III 9 : nouveau procédé d'élevage aquacole muni de bassin circulaire pour poissons (Hamdi, 2018)

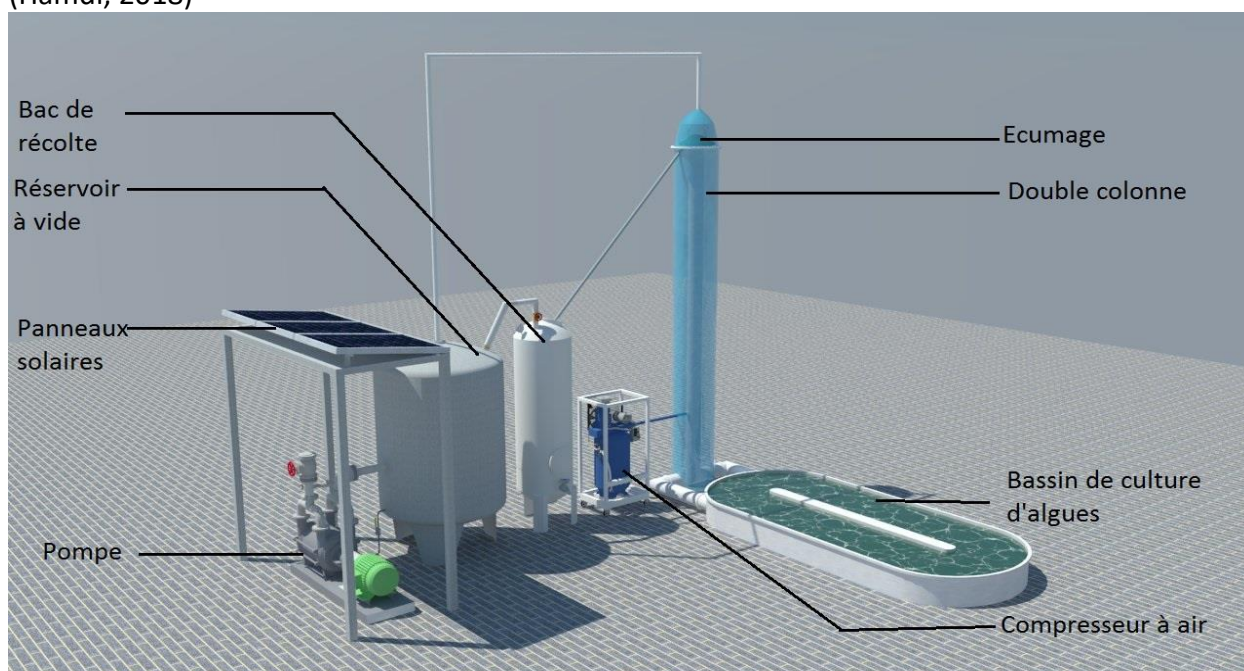


Figure III 10 : nouveau procédé d'élevage aquacole muni de bassin ovale pour algues (Hamdi, 2018).

Il est important de noter que ce procédé innovant a été développé et breveté pour la première fois par COLDEP –IFREMER (couvert par les brevets N° 07/02308 et N°09 57898) basé sur un air-lift sous dépression, alimenté par des microbulles qui assurent à la fois l'hydrodynamisme, les échanges de gaz et la séparation des microparticules, micro-algues et des colloïdes dissous, par la mise en flottation de celles-ci.

L'équipe de Mr Hamdi a pu expérimenter à l'échelle laboratoire ce procédé et a apporté des modifications sur le plan énergétique introduction de matériaux composites dans la conception des colonnes airlift.

La maquette du projet est donnée sur le schéma de la figure suivante :



Figure III 11 : prototype du projet à l'échelle réduite (Hamdi, 2018).

1-1 Fonctionnement du procédé

Ce procédé est basé sur des colonnes à air-lift sous dépression, Ce procédé physique à lui seul, assure trois fonctions :

1.1.1 Circulation hydraulique

Il permet intrinsèquement d'assurer la fonction de circulation hydraulique à faible pression nécessaire sur la plupart des installations aquacoles et de traitement des eaux avec des performances énergétiques n'est jamais atteinte. Ce procédé se substitue ainsi non seulement aux systèmes de traitements habituels, mais aussi aux systèmes de pompage : une solution tout en un économique.

Pour la seule fonction de circulation hydraulique, cette technologie consomme 40 % d'énergie en moins que des pompes hydrauliques centrifuge Il est également possible d'atteindre des débits de 20 à 500m³/h. Le traitement à passage libre supprime tout risque de colmatage (Barrut, 2011).

1.1.2 Régularisation des gaz dissous

Le procédé de colonne à dépression permet selon les besoins d'augmenter ou de diminuer la teneur en gaz des eaux traitées : gaz carbonique, azote, oxygène... les applications sont nombreuses. Cette technologie innovante apporte une nouvelle solution très performante et peu consommatrice en énergie (Barrut, 2011):

- En mode dégazage, des valeurs inférieures à 30 ppm peuvent être atteintes assez rapidement dans le milieu
- En mode injection de gaz par micro-bullage, on peut facilement dissoudre plusieurs litres par minute sans aucune perte d'oxygène.
- Les deux fonctions peuvent être cumulées pour dégazer avant d'injecter le gaz de remplacement (Barrut, 2011).

1.1.3 Micro-flottation : extraction de matières en suspension

Selon Barrut (2011), ce procédé peut également séparer les matières en suspension (MES) présentes dans l'eau. Il est non seulement possible d'extraire jusqu'à 99 % de MES du volume traité et dont la taille est comprise entre 0,3 et 100 µm, mais aussi les huiles et les hydrocarbures.

La colonne à airlift sous dépression utilise les principes d'adsorption et de flottation régis par les lois de Stokes, permettant ainsi la soustraction de MES du milieu traité. Toujours avec une faible consommation énergétique la colonne est donc capable de :

- Filtrer l'eau de mer, allant jusqu'à obtenir une concentration de MES inférieure à 1mg/L. Ce résultat signifie que l'eau peut être utilisée directement sans traitement spécifique.
- Obtenir un récoltât jusqu'à 100 x plus concentré en MES que le volume traité.

- Obtenir ces résultats sans aucun additif chimique, simplement par des processus physiques. Ce dispositif permet de concentrer et de récolter les micro-algues, en consommant de faible coût énergétique, contrairement aux procédés classiques de récolte par centrifugation mécanique.

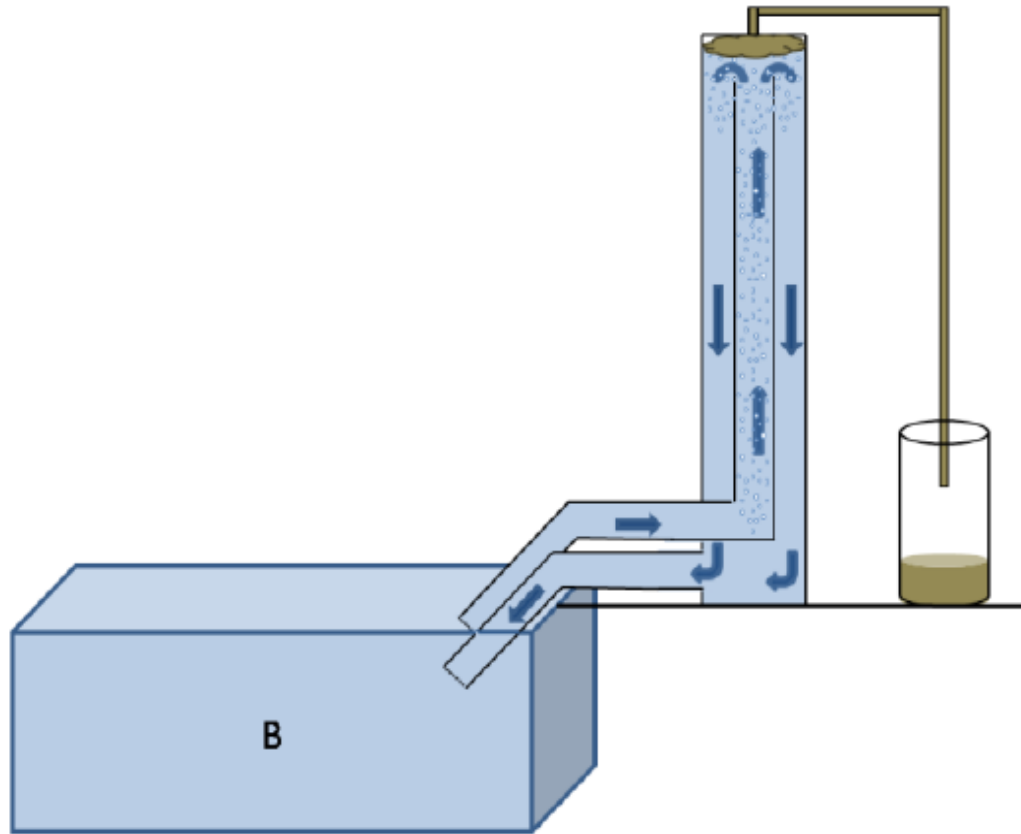


Figure III 12 : système de circulation air lift (Grimaldi, 2018)

Dans le cadre de cette proposition, les différentes fonctions de la colonne air-lift à dépression seront utilisées :

- Mise en circulation pour créer un courant dans les bassins
- Dégazage et dissolution des gaz (O_2 et CO_2) à travers la colonne
- Extraction des particules fines et des colloïdes en suspension

En conclusion Ce procédé a une fiabilité et un rendement remarquable :

- Le traitement à passage libre (sans filtre) supprime tout risque de colmatage
- La perte de charge est très faible donc le rendement énergétique excellent
- La consommation d'énergie est très faible, le plus souvent $< 2 \text{ kW}$
- Le procédé purement physique n'engage aucun additif et ne provoque aucun rejet dans le circuit.

- Aucune pièce mobile susceptible d'usure ou métallique susceptible de corrosion n'entrant en jeu dans le fonctionnement de la colonne, l'appareil qui présente une certaine stabilité.
- La simplicité des matériaux utilisés et la facilité de maintenance garantissent une utilisation peu coûteuse.
- La conception même permet de séparer les unités moteurs (électriques) dans un bâtiment hors zone humide ce qui accroît d'autant la fiabilité du système.

2- Plan de masse du projet

Le projet de la ferme expérimentale aquacole est représenté sur la figure 15, a été obtenu par l'utilisation du logiciel AUTOCAD .Le schéma à 03 dimensions de la ferme expérimentale est représenté sur la figure ci-dessous :

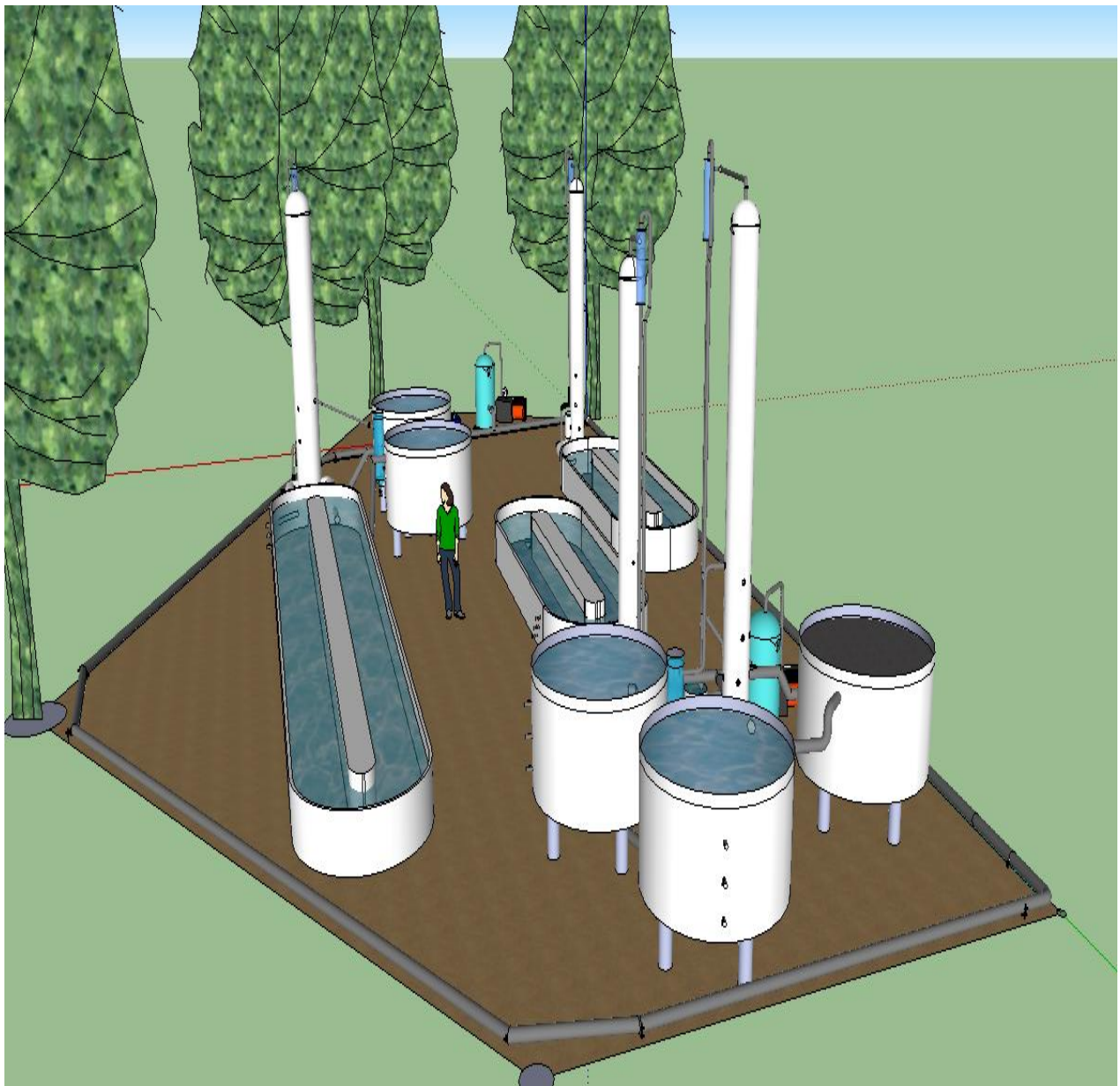


Figure III 13 : présentation de la ferme aquacole (Hamdi .2021).

La ferme expérimentale est située sur le site de la station expérimentale de Sidi Fredj sur une superficie de 200 m²

- 5 bassins circulaires pour poissons de 3m³ chacun
- 4 bassins ovales d'une surface de 12 m² pour algues
- 4 colonnes airlift de diamètre 40 cm chacune

L'entrée d'eau de mer est réalisée par une pompe hydraulique jusqu'au réservoir. L'eau est désinfectée par UV pour éviter l'introduction des micro-organismes dans les bassins.

Les bassins sont remplis par une eau propre et le système d'hydraulique est mis en marche par une pompe. Une fois que l'eau se trouve au niveau maximum de la colonne, le compresseur à air est enclenché grâce à un bulleur à l'intérieur de la colonne interne. L'écumage est formé à l'extrémité de la colonne, récupéré grâce à un bac de récupération.

Une fois les eaux saturées par les déchets et après analyse, ces quantités d'eau sont déversées dans le milieu naturel



Figure III 14: plan de masse.

L'organigramme suivant illustre les étapes du nouveau procédé de la ferme expérimentale aquacole :

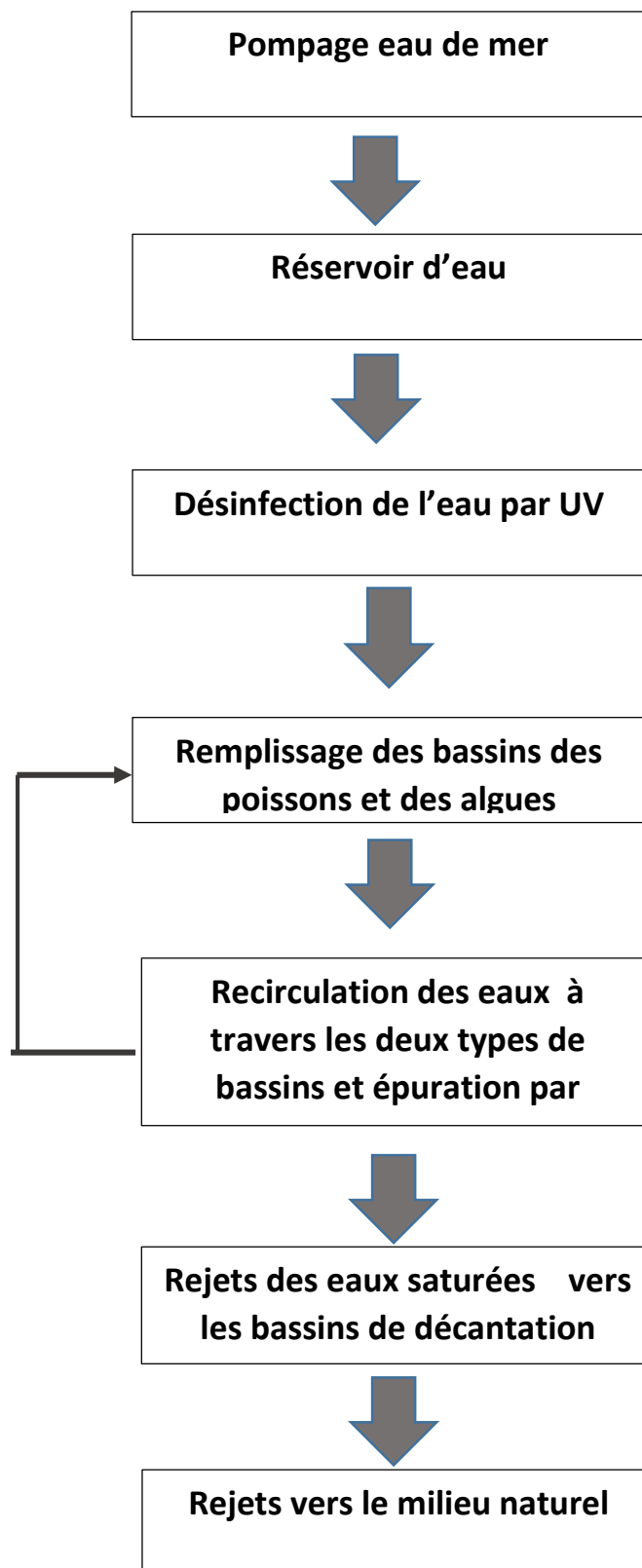


Figure III 15 : organigramme du nouveau procédé aquacole.

3-Système multitrophique poisson-microalgue

Au sein d'un même écosystème, l'ensemble des chaînes alimentaires, où chaque être vivant est proie, représente un réseau trophique par lequel l'énergie et la biomasse circulent. À chaque niveau, les organismes vivants engendrent des déchets qui sont susceptibles d'être utilisés par d'autres espèces, sachant que rien ne se perd dans la nature. Ainsi le concept d'aquaculture multi-trophique intégrée (AMTI) s'inspire du fonctionnement trophique en milieu naturel. On propose d'élever simultanément des poissons, des mollusques et/ou des crustacés, des algues et/ou des plantes aquatiques, pour aboutir finalement à un meilleur rendement environnemental et économique.

Dans notre cas, nous proposons l'élevage du poisson (Dorade) et des micros algues

Le schéma est représenté par la figure ci-dessous :

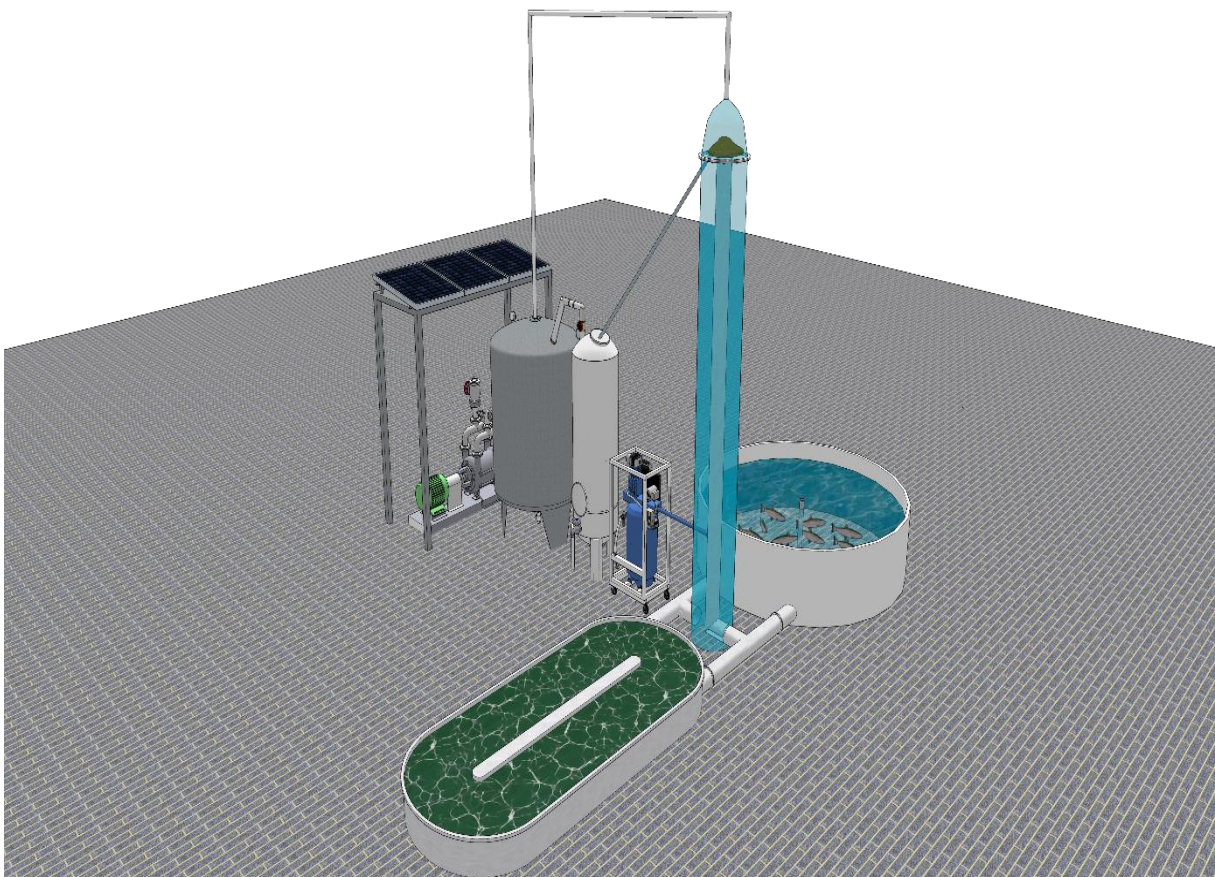


Figure III 16: schéma combinant la culture des algues et l'élevage du poisson (Hamdi .2020).

3.1-Production de microalgue seule

- Les paramètres nécessaires pour la culture d'algue :
 - Bassin 12 m^2
 - Diamètre des colonnes airlift 40 cm
- Assurer le suivi de :
 - La circulation d'eau
 - Le nettoyage de la culture en discontinue (Séparateur)

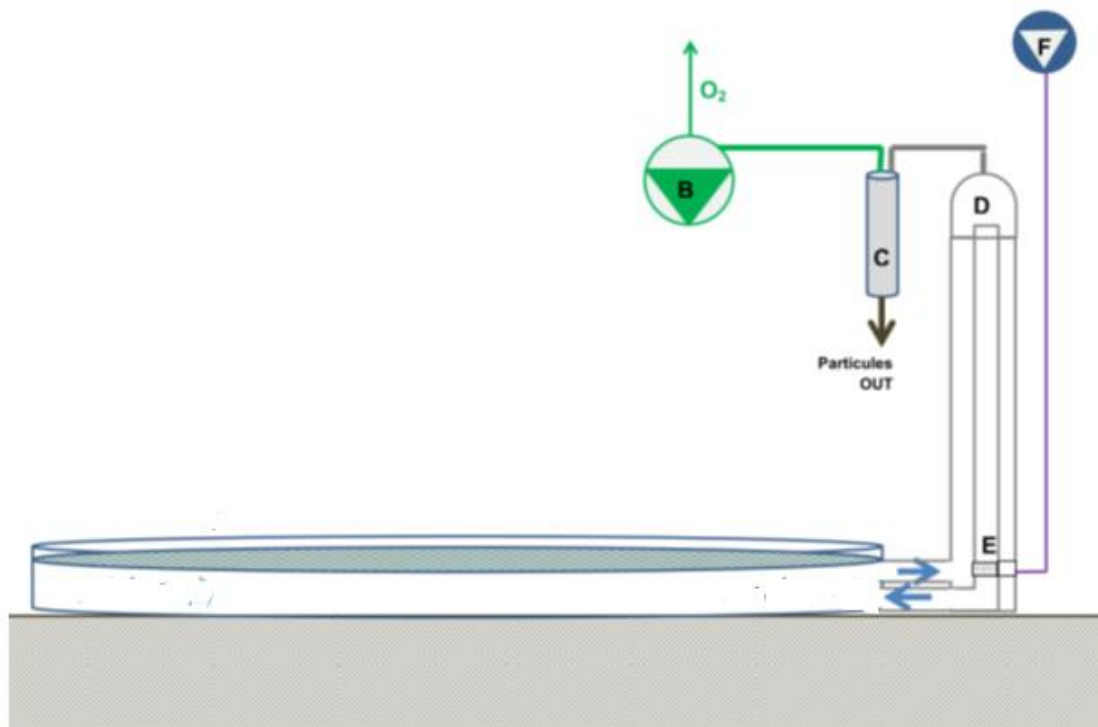


Figure III 17 : Procédé de culture de micro-algues seules (Grimaldi, 2018)

3.2-Combinaison de la culture de microalgue-poisson (dorade)

- Les paramètres nécessaires pour la culture d'algue-poisson :
 - Algue en boucle secondaire avec bio-remédiation des nitrates.
 - Bassin d'algue de 12 m^2 / colonne de diamètre 40cm
 - Bassin de poisson de 3 m^3 / colonne de diamètre 40 cm

10% à 20% par jour du volume bassin poisson est transféré vers de bassin d'algue
10 à 20% du bassin poisson est renouvelé tous les jours avec de l'eau propre.

- Il importe le suivi :

Bassin d'algue/colonne diamètre 40 cm

Circulation en continue / épuration (séparation) discontinue (Séparateur) Bassin

poisson/colonne 40 cm de diamètre

- Épuration et dégazage en continue (Séparateur)

le schéma de la figure ci-dessous représente le fonctionnement du système de l'élevage de poisson et la culture des micro algues en système airlift

4. Dimensionnement et modélisation du système de l'aquaculture multi trophique :

La densité dans les bassins varie en fonction du stade de l'élevage entre 10 et 40 kg par mètre cube (bassin de 3m³)

Pour la boucle directe les 24 m² de micro algue permettent de bio-remédier les rejets azotés de 50 kg de poisson en prenant en compte une production journalière de micro algue minimale de 20 g/m²/j et un apport 1 kg d'aliment par jour pour les poissons.

La production de micro algue attendue étant plus importante, On devrait pouvoir mettre 2 fois plus de poisson en fonction de la production de micro algue

La mise en place d'un réseau multi-trophique va permettre de réduire les coûts de production de micro algue et du poisson.

Production journalière: jusqu'à 20 g/m²/j en PS (poids sec)

L'ensemble des bassins: 24 m² 0,5 kg/j PS de micro-algue (conditions classiques)

Avantage de l'utilisation des colonnes airlift :

L'utilisation de la colonne air-lift à dépression va permettre une meilleure production:

- *Nettoyage du milieu de culture (meilleure pénétration de la lumière)
- *Dégazage de l'O₂ en excès qui peut ralentir et inhiber la photosynthèse
- *Bon brassage permettant de travailler sur un plus grand volume (0,5 au lieu de 0,2 m de hauteur d'eau)

5.Composante de la ferme expérimentale aquacole

Les composantes de la ferme expérimentale aquacole à terre peuvent se subdiviser en deux parties :

- 1- Equipements
- 2- Matériel de laboratoire

Cette plateforme est constituée de 3 éléments majeurs:

P1 : La station de pompage

P2 : Le hall d'expérimentation multi-

Elevage d'espèces marine, en eau recirculée (RAS) sur les systèmes intégrés (IMTA), permettant l'élevage simultané d'au moins 3 à 4 compartiments (poissons nourris, mollusques, algues, poissons herbivores), et les analyses de flux de matière entre les différents compartiments

P3 : Le hall technique de valorisation des productions algales et fabrication des aliments poissons

Description sommaire des infrastructures

P1 : La station de pompage débit souhaité 30m³/h

- Enrochement + création de crépine
- VRD (voirie réseaux divers)
- Bâche de reprise (château d'eau en eau de mer)
- Electricité
- Pompes immergée
- Electricité
- Filtration EDM neuve :

P2 : Hall d'expérimentation multi-systèmes constitué de 6 bassins poisson/algues équipés et instrumenté.

Cette plate-forme regroupe une partie couverte en intérieur comprenant 6 bassins poisson équipés en système RAS (recirculé) et des dispositifs air-lift à dépression et une partie en extérieure pour la production d'algue composée de 6 bassins hippodromes équipés aussi de colonnes air-lift à dépression.

- Réseau Eau de Mer Froide (EDMF) et Eau de Mer Chaude (EDMC)
- Réseau eau douce
- Réseau Eau Recirculée (aller pression et retour gravitaire)
- Réseau pompe
- Réseau de vide
- Réseau d'O₂ (normal et secours)
- Réseau d'air sur pressé

Equipement par circuit

- Filtre à tambour
- Filtre biologique à lit fluidisé
- Piège à fèces
- Décanteur
- Colonne à dépression (400), instrumentée et régulée + récolteur
- Pompe centrifuge de circulation
- lampe UV
- débit mètre électromagnétique

- système de régulation et d'alarme
- armoire électrique
- bac d'élevage de 5m³

- **Equipements en extérieur pour l'algoculture**

- Circuit de culture d'algue
(6 bacs polyester hippodrome) de 40m² (13 x 3 x 0,5)
- Colonne à dépression (40 cm) instrumentée, régulée, récolteur

- **Equipements mutualisés et les services généraux**

- pompe à vide (x 2)
- compresseurs (2 et 10 bars)
- armoire de régulation du vide
- rack oxygène

P3 : Le hall technique de valorisation des productions algales et fabrication des aliments poissons

- Centrifugeuse grand format
- Lyophilisateur
- Broyeur

Le tableau ci-dessous résume les équipements nécessaires pour le montage de cette ferme expérimentale.

Tableau III .3 : équipements de la ferme expérimentale aquacole à terre

Equipement
instrumentation et régulation
VRD (voirie réseaux divers)
Bâche de reprise (château d'eau en eau de mer)
Electricité
Pompes immergées
Filtration EDM neuve
Total Gros Œuvre
Pompe à vide Mink MM 1502 AV (500m ³ /h) - 9,2kW
Compresseur à vis 250m ³ /h
Armoire de régulation
Réseaux (vide, air, eau, oxygène...)
Total Equipement mutualisé
Colonne à dépression 40 cm

Pompe centrifuge de circulation
Filtre à tambour
Filtre biologique à lit fluidisé
Décanteur
Lampe UV
Bac élevage 5m ³
Piège à fèces
Instrumentation et régulation
Armoire électrique
Forfait installation - petit matériel - formation
Total RAS poissons
Colonne à dépression 40 cm
Bassin raceway 13x3x0,5
Forfait installation - petit matériel - formation
Total micro-algues
Gros œuvre réseau d'eau douce
Pompe à vide Mink MM 200m ³ /h
Compresseur à vis 100m ³ /h
Réseaux (vide, air, eau, oxygène...)
Total Equipement mutualisé
Colonne à dépression VAL400
Bac élevage 5m ³
Piège à fèces
Instrumentation et régulation
Armoire électrique
Forfait installation - petit matériel - formation
Total RAS poissons
Colonne à dépression VAL600
Bassin raceway 13x3x0,5
Colonne à dépression VAL400
Bassin raceway 6x2x0,5
Forfait installation - petit matériel - formation

La ferme aquacole nécessite un laboratoire équipé de matériel adéquat :

Tableau III .4 : Matériel de laboratoire nécessaire au bon fonctionnement de la ferme

Localisation/Activités	Besoins
LABO	Spectrophotomètre production d'eau ultra pure four à moufle
Microbiologie	Autoclave Unité de filtration + pompe à vide
salle prépa échantillons	lyophilisateur grand volume (20-50 l) broyeur pulvérisateur billes quelque 10aine de g gros broyeur (cf. GD)
Imagerie	microscope +EPI fluorescence microscope inversé loupe binoculaire diascopique caméra numérique haute résolution (photo)
Plateforme Micro algues/IMTA	3 * Auto préleveurs Jar Test 2 Pompes péristaltiques régulation pH/soude (lagunage) régulation CO2 centri-séparateur algues Centrifugeuse continue à bol centrifugeuse grand volume (env:1000ml)
Instrumentation	7 * sonde multi température, o2, pH, sal

6. Devis estimatif et quantitatif

Le tableau suivant donne un devis estimatif de la ferme expérimentale :

Tableau III .5 : devis estimatif de la ferme

Equipement	Prix Unitaire KDA	Quantité	Total KDA
instrumentation et régulation	200	01	200
VRD (voirie réseaux divers)	500	01	500
Bâche de reprise (château d'eau en eau de mer)	2000	01	2000
Electricité	300	01	300
Pompes immergées	300	02	600
Filtration EDM neuve	100	03	300
Hangar pour 200 ²	2000	01	2000

Total Gros Œuvre			5900
Pompe à vide Mink MM 1502 AV (500m ³ /h)	200	1	200
Compresseur à vis 250m ³ /h	200	1	200
Armoire de régulation	80	1	80
Réseaux (vide, air, eau, oxygène...)	100	6	600
Total Equipement mutualisé			1080
Colonne à dépression VAL400	300	6	1800
Pompe centrifuge de circulation	200	6	1200
Filtre à tambour	30	6	180
Filtre biologique à lit fluidisé	80	6	480
Décanteur	20	6	120
Lampe UV	30	6	180
Piège à fèces	5	6	30
Instrumentation et régulation	30	6	180
Armoire électrique	10	6	60
Forfait installation - petit matériel – formation	20	6	120
Bassin raceway 13x3x0,5	100	4	400
Bassin circulaire pour poisson 3 m ³	5	200	1000
Forfait installation - petit matériel – formation	20	6	120
Gros œuvre réseau d'eau douce	200	1	200
Pompe à vide Mink MM 200m ³ /h	200	1	200
Compresseur à vis 100m ³ /h	200	1	200
Réseaux (vide, air, eau, oxygène...)	100	4	400
Froid et conditionnement			6870
Chambre froide 50 m3	1000	1	1000
Fabrique glace 500kg/j	300	1	300
Camion frigorifique	2000	1	2000
Caisse en plastique	200	0.5	100
Balance	100	1	100
Total froid et conditionnement			3500

Tableau III .6 : Devis estimatif du laboratoire.

Localisation/Activités	Besoins	coût approximatif KDA
Analyse	Spectrophotomètre production d'eau ultra pure Four à moufle	2000 200 800
Microbiologie	Autoclave Unité de filtration + pompe à vide	2000 500
salle prépa échantillons	lyophilisateur grand volume (20-50 l) broyeur pulvérisateur billes quelque 10aine de g gros broyeur (cf. GD)	3000 300 500
IMAGERIE	microscope +EPI fluorescence microscope inversé loupe binoculaire diascopique caméra numérique haute résolution (photo)	3000
Plateforme Micro algues/IMTA	3 * Auto préleveurs Jar Test 2 Pompes péristaltiques régulation pH/soude (lagunage) régulation CO2 centri-séparateur algues Centrifugeuse continue à bol centrifugeuse grand volume (env:1000ml)	200 500 400 100 200 500 200 400
Instrumentation	7 * sonde multi T, O2, ph, sal monitoring/régule O2 ?	700
Ordinateurs et imprimantes	Modélisation, pilotage des appareils, saisi	500
Totale	/	16000

Frais de fonctionnement :

- Pour démarrer, les frais de fonctionnement peuvent s'élever à :
Importer de l'étranger une quantité de 5000 alevins.

Tableau III .7: Frais de fonctionnement

Produit	Estimation, KDA
Alevins	189
Aliments	35
Electricité	1200
Total Fonctionnement	1424

2.000.000 alevins → 75.946 kDA (8cages) (Saoudi, 2017)

Granulé de < 15 g est 13.757 kDA pour 2000000 alevins (8 cages) (Saoudi, 2017)

- Personnel de la ferme aquacole

Pour gérer cette ferme, il est important de faire un recrutement de :

03 ingénieurs

02 agents polyvalents

01 secrétaire/comptable

01 chauffeur

Tableau III .8: frais de personnel de la ferme aquacole

Personnel	Nombre	Salaire net (Da)	Total mensuel (Da)	Salaire annuel (KDA)
Ingénieurs en aquaculture	02	50 000	100 000	1200
Ingénieur en électrotechnique	01	50 000	50 000	600
Agents polyvalent	02	32 000	640 000	7680
Secrétaire comptable	01	30 000	30 000	360
Chauffeur	01	30 000	30 000	360
Totale	07	/	850 000	10 200

Tableau III. 9 : Coût global de la ferme expérimentale

Equipement	Laboratoire	Fonctionnement	Salaires du Personnel
A	B	C	D
17350	16000	1424	10 200
Total KDA	44974		

Après avoir calculé les frais des différents investissements nous avons déduit que le capital d'investissement nécessaire pour la réalisation du projet est de 44974000 da.

7. Gestion de la ferme expérimentale

La gestion de la ferme doit être confiée à une société commerciale de droit privé. Pour cela, l'établissement peut créer une filiale adossée à l'école en mesure de prendre la gestion commerciale contrôlée par un conseil d'administration dont le président est le directeur de l'école

- **Plan de financement**

L'investissement est important et lourd financièrement, c'est pour cela que les investisseurs peuvent bénéficier des mesures incitatives dans le domaine de l'aquaculture par le biais des dispositifs de soutien à l'investissement, tels que :

- Caisse Nationale d'Assurance Chômage (CNAC) ;
- Agence Nationale de Gestion du Micro-Crédits (ANGEM) ;
- Fonds National de Mises à Niveau des PME (ANDPME) ;
- Agence Nationale de Développement de l'Investissement (ANDI) ;
- Banque de l'Agriculture et du Développement Rural (BADR).

8. Estimation de la durée de réalisation du projet

Au niveau de cette partie, nous essayerons d'estimer la durée des tâches dans l'objectif d'établir la durée totale approximative de la réalisation du projet.

L'ensemble des tâches nécessaires pour la réalisation de ce projet sont les suivantes :

Tableau III .10 : Estimation de la durée de réalisation du projet

Liste des tâches	Durée
Etude	
Faisabilité	06 mois
Constitution de dossier juridique	04 mois
Attente d'autorisation	12 mois
Préparation du local	
Gros Œuvre	
Hydraulique, assainissement, réservoir d'eau et bassin de décantation	06 mois
Hangar	04 mois
Installation du système hydraulique et canalisation	04 mois
Electricité	02 mois
Installation équipements	12 mois
Aménagement et ameublement	06 mois
Formation personnel	1 semaine
Tests de démarrage	1 semaine

La réalisation de ce projet nécessite une durée de **30 mois** minimum .

9.Comparaison des coût d'installation d'une ferme aquacole offshore avec une ferme à terre :

Selon une étude réalisée en Algérie (étude de faisabilité technico-économique d'une ferme aquacole), le coût sera réparti en infrastructure et matériel

- **Estimation des couts des infrastructures**

La charge des infrastructures du projet s'élèvent à **23 millions** de dinars y compris les frais de la main d'œuvres

Tableau III. 11 : Estimation du Matériels et équipements_d'une ferme offshore de 08 cages.

Matériels et équipements	Prix(DA)
Jn catamaran	75.000.000.00
Jne embarcation semi rigide	5.780.000.00
Jne fabrique de glace	1.221.400.00
3 chambres froides négatives	2.400.000.00
Jne machine a lavé des filets	18.000.000.00
4 des tables de tri en inox	500.000.00
20 bacs isothermes de transport de poissons	2.400.000.00
Matériaux de recharge	1.665.715.00
3 bouteilles et équipements de plongée	1.250.000.00
Compresseur	1.500.000.00
Balance de poissons	49.980.00
Jn groupe électrogène	4.150.000.00
8 cages flottantes et système d'amarrage	50.000.000.00
Matériel labo	1.083.389.77
Microscope	118.988.10
Valise multi paramètre AP860	118.811.43
2 pinces fortes rondes 14 cm BC1003	1.241.85
2 pinces fines pointues 11 cm BC1011	732.37
2 pinces ROCHESTER 14 cmLT2411	2.483.70
2 pinces Kocher 14 cm LT2401	2.642.90
100 Barquettes en aluminium	7.291.88
100 sachets fermeture a pression	569.97
100 flacons à vis en polyéthylène haute transparent	5.575.42
100 flacons gradués inviolable col étroit	30.729.00
Réfrigérateurs-congérateurs combinés 2 portes	163.828.42
1 paillasse 750 mm 1200 mm KI8073	34.160.96
2 caissons 2 LM5016	158.401.8
1 Placard muraux 2 KL8623	36.686.45

2 scalpels a lame fine 40 mm LT2201	1.527.40
Balance	14.952.39
2 chaises confortables	5.236.00
Matériels bureautique	565.443.49
Total	176443791.7

(Saoudi, 2017)

- **Estimation du cout global du projet :**

Le tableau suivant résume l'estimation des coûts en équipements et en infrastructures :

Tableau III .12: estimation global du projet d'une ferme offshore de 08 cages

	Couts Da	Pourcentage
Matériels et Equipements	176.443.791.7	88
infrastructures	2.950.000	12
Totale	200.393.791.7	100

(Saoudi, 2017)

- **Conclusion :**

Nous concluons que le projet d'une ferme aquacole à terre est plus avantageux tant sur le plan financier qu'environnemental. Pour les raisons suivantes :

- Ne nécessite pas de moyen à la mer qui revient à plus de 30 000 000DA
- Ne nécessite pas de travail en mer avec des plongeurs avec les aléas de la nature
- Est moins risqué sur le plan sanitaire (maladie, pollution, ...)
- Est moins risqué sur le plan hydrodynamisme marin
- Est polluante de l'environnement

Intérêt de cette ferme aquacole expérimentale :

Cette ferme aquacole de l'ENSSMAL deviendra le support régional de référence pour la recherche et développement et pour la formation dans ce secteur. Elle deviendra une force d'attraction pour toute équipe désirant renforcer ses collaborations scientifiques, ses actions de formation et de mutualiser ses outils de recherche et Développement dans le secteur ciblé. Fédératrice, elle permettra la collaboration des différents secteurs privés et publics autour de problématiques communes. Cette plateforme, unique en Algérie, mettra à disposition des institutions et des entreprises, un savoir-faire d'excellence, des compétences ciblées et une technologie innovante pour répondre à la stratégie de développement en Aquaculture lancée par le Ministère de la Pêche et des Ressources Halieutiques.

***Conclusion
générale :***

Conclusion :

La demande alimentaire en Algérie et dans le monde, et plus particulièrement la demande de poisson, continue d'augmenter en raison de l'expansion démographique et de l'évolution des habitudes alimentaires. Cette demande devra essentiellement être satisfaite par systèmes de production alimentaire locaux.

L'aquaculture durable va jouer un rôle crucial dans la sécurité alimentaire et nutritionnelle garante des moyens d'existence. Dans cette optique, un plan pêche et de l'aquaculture à l'horizon 2020 «Pêche et des Ressources Halieutiques dans le but de répondre aux défis liés à la sécurité alimentaire en Algérie.

Dans ce cas, le développement des élevages aquacoles passe par la réduction des impacts environnementaux qu'ils génèrent et par le développement de procédés innovants répondant aux exigences de qualité et compatibles avec les contraintes économiques qui pèsent sur la filière.

La colonne airlift à dépression étudiée dans ce travail s'inscrit dans ces objectifs, notamment à travers :

- (1) Sa capacité à combiner dans un seul appareil trois fonctions, habituellement disjointes
- (2) son fonctionnement basé sur l'utilisation d'une phase dispersée d'air comme acteur principal en remplacement de pompe à eau et/ou d'outils mécaniques de transfert et de séparation.

L'objectif de ce travail est de mettre en place une ferme expérimentale à terre au niveau de la station de recherche de Sidi Fredj (Alger).

Cette ferme modulable, et pluri procédés fonctionnant en eau de mer et en eau douce, permettra de développer plus particulièrement :

- ✓ La comparaison, du point de vue énergétique, des systèmes classiques RAS (système Aquacole à recirculation) avec les systèmes utilisant les dispositifs à air-lifts à dépression.
- ✓ la valorisation d'algues produites en systèmes intégrés pour l'alimentation des poissons (optimiser l'usage des ressources en diminuant l'utilisation des farines et les huiles marines et en les substituant par des sources d'origine végétale marine).
- ✓ L'optimisation des cycles d'élevage (poissons, coquillages, algues) pour contribuer au développement d'une activité nationale et répondre à la demande des industriels
- ✓ La limitation des impacts environnementaux et maximiser les services rendus conjointement par les outils de production et les écosystèmes qui les « hébergent » et les populations locales
- ✓ La bioremédiation du CO₂ qui a pour objectif de réutiliser et valoriser le CO₂ anthropique par des cultures d'algues.

Ce procédé écologique et bon marché est en mesure de donner des rendements remarquables grâce :

- Le traitement à passage libre (sans filtre) supprime tout risque de colmatage.
- La perte de charge est très faible donc le rendement énergétique excellent.
- La consommation d'énergie est très faible, le plus souvent < 2 kW.
- Le procédé purement physique n'engage aucun additif et ne provoque aucun rejet dans le circuit.
- Aucune pièce mobile susceptible d'usure ou métallique susceptible de corrosion n'entrant en jeu dans le fonctionnement de la colonne, la durée de vie de l'appareil est durable.
- La simplicité des matériaux utilisés et la facilité de maintenance garantissent une utilisation peu coûteuse.
- La conception même permet de séparer les unités moteurs (électriques) dans un bâtiment hors zone humide ce qui accroît d'autant la fiabilité du système.

Ce procédé a l'avantage de combiner la culture de micro-algues et l'élevage de poissons dans un système intégré avec une économie d'eau et de l'énergie avec des rendements exceptionnels grâce aux échanges des apports de nutriments et de fluides gazeux (CO₂ et O₂).

Ce procédé amovible, modulable et fonctionnant en énergie solaire a l'avantage d'être utilisé dans les eaux douces dans tout endroit géographique.

Perspectives :

- -Mise en place effective de cette plateforme ;
- Essais pilotes ;
- Aquaculture multi-trophique au sud : poissons chat ou tilapia et pour les algues la spiruline.

Références :

Bibliographie:

Abdelguerfi.a, chehat.f, ferrah. A, yahiaoui.s, (2009) - quatrième rapport national sur la mise en œuvre de la convention sur la diversité biologique au niveau national

(Dicentrarchus labrax): mortality and effects on plasma ions. Comp. Biochem. Physiol. Vol 115A, 4, p.p. 323-327.

Belaud, A., (1996). Oxygénation de l'eau en aquaculture intensive. France : Cépaduès, 208 p.

Bertrand, BARRUT, (2011). Etude et optimisation du fonctionnement d'une colonne airlift à dépression - Application à l'aquaculture, thèse de doctorat des Sciences, 2011, Université de Montpellier II, France.

Buck, B., Krause, G., Rosenthal, H., (2004). Extensive open ocean aquaculture development within wind farms in Germany: the prospect of offshore co-management and legal constraints, Ocean and Coastal Management, 47, Issues 3-4, p.p. 95-122

CIHEAM,(2008) Options Méditerranéennes Situation actuelle de l'aquaculture méditerranéenne et nécessité d'une planification sectorielle vers un développement durable », Ph., FERLIN – INRA.

Evans, D.H., Piermarini, P.M., Choe, K.P., (2005). The Multifunctional Fish Gill: Dominant Site of Gas Exchange, Osmoregulation, Acid-Base Regulation, and Excretion of Nitrogenous Waste. Physiol Rev, p.p 85, 97-177.

Grottum, J.A., Sigholt, T., (1996). Acute toxicity of carbon dioxide on European sea bass

Herizi M, Dib M, (2007). Etude de faisabilité technico-économique d'une ferme aquacole (cas de la ferme « AQUATAFNA » Ain Témouchent). Aquaculture. Mémoire d'ingénieur, Dely Brahim :ENSSML : p.p.8-9

KADRI .F., (2008). L'aquaculture en Algérie situation et perspective: cas de la région de Ouargla. Mémoire fin d'étude. Aquaculture .Ourgula : Université Kasdi-Merbah p.p16 et 17

Kara MH, Lacroix D, Sadek S, Blancheton JP, Rey-Valette H, Kraiem M, (2016) Vingt ans d'aquaculture en Afrique du Nord : évolutions, bilan critique et avenir. Cah. Agric. 25: 64004

Lounas R , Kasmi H, Chernai S , Amarni N , Ghebriout L , Meslem N , Hamdi B ., (2019) . Towards Sustainable Mariculture: some Global Trends. Thalassas: An International Journal of Marine Sciences: p 1-5.

Lourguioui H., (2019). Sites marins côtiers à potentialité aquacole en Algérie : adéquation et impact sur environnement .Thèse de doctorat .Dely Brahim :ENSSML : p7.

R Lounas, H Kasmi, S Chernai, N Amarni, L Ghebriout, N Meslem-Haoui, B. Hamdi, (2020) .
Towards Sustainable Mariculture: some Global Trends
Thalassas: An International Journal of Marine Sciences, 36 (2), p.p.447-456

Masood, E., (1997). Aquaculture: A solution, or source of new problems? Nature, 386, p. 109.

René, F., Lemarié, G., Champagne, J.Y., Morel, R., (2007). Procédé et installation de traitement d'un effluent aqueux, en vue d'en extraire au moins un composé gazeux dissous; application à l'aquaculture en milieu aqueux recirculé. Brevet N°07 02308. 29 mars 2007.

Loyless, J.C., Malone, R.F., (1998). Evaluation of air-lift pump capabilities for water delivery, aeration, and degasification for application to recirculating aquaculture systems. Aquacult. Eng. p.p.18, 117-133.

Loyless, J.C., Malone, R.F., (1998). Evaluation of air-lift pump capabilities for water delivery, aeration, and degasification for application to recirculating aquaculture systems. Aquaculture. Eng. p.p.18, 117-133.

Ministere De La Peche Et Des Ressources Halieutiques, (04 Janvier 2005), entretiens directs.

Nejar N, Mansouri M, Khalili E., (2018). Aquaculture marine marocaine: Potentiel et nécessités de développement. Agence nationale pour le développement de l'aquaculture : p 19.

Pichavant, K., Person-Le-Ruyet, J., Le Bayon, N., Severe, A., Le Roux, A., Quemener, L., Maxime, V., Nonnotte, G., (2000). Effects of hypoxia on growth and metabolism of juvenile turbot. Aquaculture, p.p.188, 1-2, 103-114.

Roustan, M., (2003). Coefficient de transfert et modèle de transfert, In : Transferts gaz-liquide dans les procédés de traitement des eaux et des effluents gazeux, Paris : Lavoisier p. p 131-165.

Ryhane L , Kasmi H , Chernai S, Amarni N , Ghebriout L , Hamdi B., (2020). Heavy metal concentrations in wild and farmed gilthead sea bream from southern Mediterranean Sea—human health risk assessment. Environmental Science and Pollution Research: p .p. 7 -8.

Ryhane L , Kasmi H , Chernai S, Amarni N , Hamdi B ., (2020). Assessing the contamination and ecological risk of sediments around the mariculture area in northern Algeria using a multivariate approach. Journal of Applied Aquaculture: p.p. 1-12.

Saoudi R., (2017). Etude de faisabilité technico-économiques d'une ferme aquacole. Mémoire fin d'étude. Aquaculture : ENSSMLp.p.49- 55

Summerfelt, S.T., (2002). An integrated approach to aquaculture waste management in flowing water systems, Proceedings of the 2nd International Conference on Recirculating Aquaculture Hussenot, J., 1987. Le contrôle des gaz dissous en aquaculture marine. In Le traitement d l'eau de mer. Rapport du groupe de travail Ifremer, vol 2 (5), p27.

Watten, B.J., (1994). Aeration and oxygenation. In: Timmons, M.B., Losordo, T.M. (Eds), Aquaculture Water Reuse Systems: Engineering Design and Management. NewYork, Elsevier p.p. 173-208.

Site internet :

Laferriere K., (2020). La situation mondiale des pêches et d'aquaculture. (En ligne).18/10/2021 . Disponible sur le site web :<http://www.fao.org/3/ca9231fr/CA9231FR.pdf>

FAO. (2018). La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2018. Atteindre les objectifs de développement durable. Rome.(En ligne).19/10/2021. Disponible sur le site web :
<http://www.fao.org/3/i9540fr/i9540fr.pdf>

Balarin et Haller,(1982) ; Avantages et inconvénients de techniques de pisciculture en cages .
(En ligne).15/10/2021. Disponible sur le site web :
<http://www.fao.org/3/AD021F/AD021F07.htm>

Résumé

L'objectif de ce travail est de mettre en place une ferme expérimentale à terre au niveau de la station de recherche de Sidi Fredj.

Ce travail vise à développer un système recirculé (RAS) qui permet de réduire la consommation en eau par renouvellement et de réduire les coûts énergétiques et d'autre part, sur un système multi-trophique intégré permettant d'amener à une autonomie partielle et à terme totale en utilisant les algues comme source de nourriture pour les poissons.

Cette ferme modulable et pluri procédés fonctionnant en eau de mer et en eau douce, avec l'énergie solaire à l'avantage d'être utilisé dans tout endroit géographique

Abstract

The objective of this work is to set up an experimental farm on land at the Sidi Fredj research station.

This work aims to develop a recirculated system (RAS) that reduces water consumption through renewal and reduces energy costs and, on the other hand, on a multi-system integrated trophic allowing to bring to a partial autonomy and in full term using the algae as a food source for the fish.

This modular and multi-process farm operating in seawater and fresh water, with solar energy to the advantage of being used in any geographical location

ملخص

الهدف من هذا العمل هو انشاء مزرعة تجريبية على اليابسة على مستوى محطة البحث بسيدي فرج.

ويهدف هذا الأخير إلى تطوير إعادة التدوير الذي يسمح بخفض نسبة استهلاك الماء من خلال التجديد، وخفض تكاليف الطاقة، ومن جهة أخرى هو متعدد التغذية يسمح بالاستغلال الجزئي واستخدام الطحالب كمصدر غذائي للأسماك.

هذه المزرعة النموذجية ومتعددة الاستخدامات، والتي تعمل بمياه البحر والمياه العذبة بالطاقة الشمسية، من ايجابياتها انها يمكن أن تنفذ في اي موقع جغرافي.

