

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

MINISTRY OF HIGHER EDUCATION

AND SCIENTIFIC RESEARCH

HIGHER SCHOOL IN APPLIED SCIENCES



المدرسة العليا في العلوم التطبيقية
École Supérieure en
Sciences Appliquées

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

المدرسة العليا في العلوم التطبيقية

تلمسان

Mémoire de fin d'étude

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur

Filière : Electrotechnique

Spécialité : Énergie et environnement

Présenté par : *BERRABH Razika*

HAMZA CHERIF Nadir

Proposition d'un système de détection des pannes des cages flottantes

Soutenu publiquement, le 6 / 07 / 2023 , devant le jury composé de :

Mme FARADJI Djamila née KHERBOUCHE	MCA	ESSA Tlemcen	Présidente
Mme GHOMRI Amina	Professeur	ESSA Tlemcen	Directrice de mémoire
M BOUKLI HACENE Fouad	Professeur	ESSA Tlemcen	Examineur 1
M MEGNAFI Hicham	MCA	ESSA Tlemcen	Examineur 2
M KAZI TANI Nabil	Professeur	ESSA Tlemcen	Invité

Année universitaire : 2022 / 2023

Remerciement

*Nous remercions **Dieu ALLAH** tous puissant qui nous a donné le courage de confronter ce nouveau domaine, et la force de terminer ce mémoire*

*Nous tenant à remercier **Mme. GHOMRI Amina** en tant que Encadreur, qui a toujours été à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire.*

*Nous remercions **Mme. KHERBOUCHE Djamila** d'avoir accepté de présider le jury de ce mémoire.*

*Nous remercions aussi les membres de jury notamment **M BOUKLI HACENE Fouad** et **M MEGNAFI Hichem** de nous avoir fait l'honneur par leur présence et d'avoir accepté d'évaluer ce travail qui nous l'espérons, répondra à leurs attentes.*

*Nous sincères remerciement vont à tous ceux et celle, qui de près ou de loin, ont permis par leurs conseils et leurs compétences, et **M KAZI TANI Nabil** d'avoir accepté d'être présent avec nous.*

Enfin, nous remercions tout le corps professoral de l'école supérieur en sciences appliqué de Tlemcen ESSAT pour le travail énorme qu'il effectue pour nous créer les conditions les plus favorables pour le déroulement de nos études

Dédicace

Mon cher père, source de joie et de bonheur, Aucune dédicace ne peut vous exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez accomplis pour mon éducation et mon bien-être

À la source de mes efforts ma mère, je te remercie pour tout le soutien et l'amour que tu m'as donné depuis mon enfance et j'espère que ta grâce m'accompagnera toujours

À mes chères sœur Amina, zahira, Rahima, mon frère Mohamed & Amine, mes chère amies Asmaa, fedwa, Salima, pour leur amour, conseils, aides et encouragements.

À toutes les personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé, qui étaient toujours à mes côtés, les encouragements et le soutien moral que vous m'avez apportés.

Berrabah Razika

Dédicace

Avant tous, je remercie Dieu le tout puissant de m' avoir donné le courage et la patience pour réaliser ce travail, avec un grand bonheur et un grand plaisir que je tiens à dédier ce travail à:

toute ma famille.

tout particulièrement mes parents et mes freres

qui m' ont toujours aidés, soutenus

et encouragés au cours de mes études

et, bien évidemment, de cet mémoire

qui sans leur soutien n' aurait

pu être réalisée.

À mon binôme

À tous mes chers amis

À la fin merci À chaque être qui a été là pour moi, à tous ceux qui m' ont encouragé, soutenu et conseillé tout le long de mes études.

À tous les étudiants en Master et Ingénieur en

Électrotechnique, Automatique et Génie

Industriel Promotion 2022-2023.

.

Kamza cherif Nadir

Résumé

Dans ce travail nous avons proposé un nouveau mode de système de détection des coupures de filets des cages flottantes, le système est basé sur la détection de coupure d'électricité de fils électriques injectés dans les filets des cages, le circuit est alimenté avec une énergie à source photovoltaïque. L'objectif de cette réalisation est de faciliter la maintenance des cages flottantes ainsi que leur contrôle. Les résultats de notre travail montrent bien que la méthode proposée est beaucoup plus pratique et elle facilitera bien le contrôle des cages.

Mots clés : Cages flottantes, circuits électriques, énergie photovoltaïque, LED.

Summary:

In this work we have proposed a new system mode for detecting the cuts of the nets of the floating cages, the system is based on the detection of cuts in the electricity of electric wires injected into the nets of the cages, the circuit is supplied with energy at photovoltaic source. the objective of this achievement is to facilitate the maintenance of the floating cages as well as their control. Our results show that the proposed method is most practical and it make the floating cages control most easy.

Key words: floating cages, electrical circuit, photovoltaic energy, LED.

ملخص

في هذا العمل قمنا باقتراح وضع نظام جديد لكشف الشقوق لشبكات الأقفاس العائمة ، النظام يقوم على كشف الانقطاعات في الكهرباء من الأسلاك الكهربائية المحقونة في شبكات الأقفاس ، ويتم تزويد الدائرة بشبكات الأقفاس العائمة. طاقة من مصدر ضوئي. الهدف من هذا الإنجاز هو تسهيل صيانة الأقفاس العائمة ومكافحتها.النتائج المتحصل عليها تثبت أن الطريقة المقترحة أكثر عملية وتجعل من مراقبة الأقفاس العائمة أكثر سهولة.

الكلمات المفتاحية: الأقفاس العائمة, الدوائر الكهربائية, الطاقة الكهروضوئية, المصابيح

Table de matière

Table des matières

Introduction générale.....	1
Chapitre I : Généralité sur l'énergie photovoltaïque.....	Erreur ! Signet non défini.
I.1 Introduction.....	5
I.2 Potentiel solaire en Algérie.....	5
I.3 L'énergie solaire.....	6
I.3.1 Définition.....	6
I.4 L'énergie photovoltaïque.....	6
I.4.1 Définition.....	6
I.4.2 Effet photovoltaïque.....	6
I.4.3 Cellule solaire.....	7
I.4.3.1 Définition.....	7
I.4.3.2 Technologies des cellules.....	7
I.4.3.3 Caractéristiques cellule solaire.....	8
I.5 Module photovoltaïque.....	9
I.5.1Caractéristiques du panneau photovoltaïque.....	9
I.6 Le système photovoltaïque.....	10
I.6.1 Panneaux solaires.....	10
I.6.2 Batterie.....	10
I.6.3 Convertisseur.....	10
I.6.4 Régulateur de charge (ou contrôleur de charge).....	10
I.6.5 Charges (ou consommateurs).....	10
I.7 Types de Systèmes PV.....	11
I.7.1 Systèmes PV autonomes (ou hors réseau).....	11
I.7.1.1 systèmes avec accumulateurs.....	11
I.7.1.2 Système sans accumulateurs.....	11
I.7.2 Systèmes PV hybrides.....	11
I.7.3 Systèmes PV raccordés au réseau (ou systèmes en réseau).....	11
I.8 les Avantages des systèmes PV.....	11
I.8.1 les avantages des systèmes PV.....	11
I.8.2Inconvénients des systèmes PV :.....	12
I.9 Conclusion.....	12
Chapitre II : généralité sur les cages flottantes.....	Erreur ! Signet non défini.
II.1 Introduction.....	15
II.2 l'aquaculture en cage.....	16

Table de matière

II.2.1 Définition de l'aquaculture en cage	16
II.2.2 les types d'aquaculture en cage.....	16
II.2.2.1 L'aquaculture extensive.....	16
II.2.2.2 L'aquaculture semi-intensive	16
II.2.2.3L'aquaculture intensive	16
II.2.3 L'aquaculture en Algérie	16
II.3 Définition de la cage flottante.....	17
II.3.1 les types des cages flottantes.....	18
II.3.2 Modèles des cages flottantes utilisée dans la méditerrané.....	19
II.3.2.1 Farmocecan (figureII.4).....	19
II.3.2.2. Cages en polyéthylène à haute densité.....	20
II.3.2.3. REFA tensions legs (figure II.6)	21
II.3.2.4. Plate-forme flottantes (figure II.7).....	21
II.3.2.5. Bridgestone et Dunlop (figure II.8).....	22
II.3.2.6. Système Jetfloat (figure II.9)	22
II.3.2.7. Sadco Shelf (figure II.10)	23
II.4 les étapes d'installation des cages flottantes.....	24
II.4.1 Critères de choix d'un site	24
II.5 les composants des cages.....	25
II.5.1 Collier de cage (le ponton)	25
II.5.1.1 Définition.....	25
II.5.1.2 les méthodes de construction les armatures de cages.....	26
II.5.1.3 La construction des cages	26
II.5.2 Les flotteurs	27
II.5.3 Les lests	27
II.5.4 Sacs en filet (La poche)	28
II.5.4.1 Définition.....	28
II.5.4.2 les fonctions principales des filets	28
II.5.4.3 Le maillage du filet.....	28
II.5.4.4 Les types de matériaux de construction des secs	29
II.5.5 Systèmes d'amarrage.....	30
II.5.5.1 le rôle d'un système d'amarrage.....	30
II.5.5.2 les types systèmes d'amarrages	30
II.5.5.4 Bouées.....	31
II.5.5.5 Ancrage.....	32

Table de matière

II.6 Les avantages et les inconvénients	33
II.6.1 Avantages des cages flottantes	33
II.6.2 Inconvénients des cages flottantes	33
II.7 Les défis structurels des cages flottantes dans l'élevage aquacole	34
II.7.1. Déchirures du filet	34
II.7.2 Usure et détérioration	34
II.7.3 Accumulation de biofouling.....	34
II.7.4 Problèmes liés aux systèmes d'amarrage	34
II.7.5. Problèmes de maintenance et de réparation	34
II.8 Conclusion.....	34
Chapitre III : simulation et prototype de systèmes	Erreur ! Signet non défini.
III.1 Introduction.....	37
III.2.1 Conception du système.....	37
III.2.1.1 Circuit de détection.....	37
III.2.1.2 Source d'énergie renouvelable	38
III.2.1.3 Réseau de transmission à distance	38
III.3 Conception de circuit.....	39
III.3.1 Alimentation	39
III.3.2 circuit de détection du système	39
III.4 Les objectives de partie pratique.....	39
III.5 Partie simulation.....	40
III.5.1 la simulation sous ISIS Proteus	41
III.5.1.1 présentation de l'interface ISIS Proteus (figure III.3).....	41
III.5.1.2 simulation de circuit de schéma fonctionnel sous ISIS Proteus	41
III.6 Le schéma de câblage	44
III.6.1 Explication du schéma de câblage.....	44
III.6.1.1 Deviseur de tension	45
III.7 le programme de l'arduino	46
III.7.1 Explication du programme	46
III.8 La Simulation	47
III.9 Réalisation du prototype	48
III.9.1 Interprétation.....	49
III.10 Etude comparatif entre le système classique et le système proposé.....	49
III.10.1 Le système classique	49
III.10.2 Le système proposé	50

Table de matière

III.10 Conclusion	51
Conclusion général	Erreur ! Signet non défini.

Table de figures

Tables des figure

Figure I. 1:Ensoleillement reçu annuellement en Algérie par région climatique	Erreur ! Signet non défini.
Figure I. 2:Moyenne annuelle de l'irradiation globale reçue sur une surface horizontale	Erreur ! Signet non défini.
Figure I. 3: Caractéristique courant – tension d'une cellule photovoltaïque.	Erreur ! Signet non défini.
Figure I. 4: Caractéristique puissance-tension.	Erreur ! Signet non défini.
Figure II. 1: cage flottante	18
Figure II. 2 : Montage du bord d'une nappe de filet	18
Figure II. 3 : Démonstration d'une cage Farmocean (Farmocean International).	20
Figure II. 4:Image démontrant les principaux composants d'une cage PE-HD (FAO).....	21
Figure II. 5: Démonstration d'une cage REFA tensions legs. (Refamed)	21
Figure II. 6: La plateforme flottante dans le golfe de Pozzuoli (Naples), l'un des six filets de 5 500 mètres cube chacun.....	22
Figure II. 7: Une cage Bridgestone et Dunlop lors de sa mise en mer (MSI)	22
Figure II. 8: Modèle d'une cage de système Jetfloat (JETfloat INTERNATIONAL)	23
Figure II. 9 : Démonstration d'une cage Sadco Shelf. (Sadco-Shelf ltd).....	24
Figure II. 10: les principaux composants d'une cage traditionnelle en plein mer	25
Figure II. 11: les méthodes de construction les armatures de cages.....	26
Figure II. 12: Passerelle d'une cage flottante traditionnelle.....	27
Figure II. 13: collier circulaire des cages flottantes	27
Figure II. 14 : les dimensions d'une maille	29
Figure II. 15: les différent taux d'accrochages d'une maille.....	29
Figure II. 16: Les systèmes d'amarrage (précontraint et mou)	30
Figure II. 17:Différentes ancrs sont utilisées pour l'amarrage des cages à la mer : bloc (poids mort) (A), ancre de reflux (B), pieu (C), boulon(D).	33
Figure III. 1:L'architecteur de systéme	38
Figure III. 2: schéma de principe de système de surveillance.....	39
Figure III. 3: interface de logiciel ISIS Proteus	41
Figure III. 4: la carte électronique Arduino uno	42
Figure III. 5:Résistance	43
Figure III. 6: led électroluminescente	43
Figure III. 7: interrupteur	43
Figure III. 8:schéma de câblage sous Isis Proteus.....	44
Figure III. 9: schéma de deviseur de tension.....	45
Figure III. 10: le code d'arduino	46
Figure III. 11: simulation de l'états normal des sections	47
Figure III. 12:détruire la section 3.....	48
Figure III. 13: la réalisation de circuit.....	489

Introduction générale

Introduction générale

L'industrie de l'aquaculture joue un rôle de plus en plus important dans la production alimentaire mondiale. Les cages flottantes sont largement utilisées dans ce domaine pour l'élevage de poissons en milieu marin. Cependant, ces cages sont soumises à divers problèmes, tels que la rupture du filet, qui peuvent entraîner des pertes de poissons et des dommages économiques considérables. Pour prévenir ces pannes et minimiser leurs conséquences, il est crucial de mettre en place un système de détection des pannes fiable et efficace.

Le système de détection des pannes dans les cages flottantes repose sur un circuit de détection spécialement conçu pour surveiller en permanence l'état du filet de la cage. La principale fonction de ce circuit est de détecter les dommages, en particulier la rupture du filet de la cage. Pour cela, des fils métalliques sont intégrés dans la ficelle traditionnelle du filet. Lorsqu'un dommage est détecté, le circuit de détection envoie un signal pour activer les indicateurs correspondants, tels que des LED, afin d'alerter rapidement les opérateurs sur la zone endommagée.

Pour alimenter ce système de détection, une source d'énergie renouvelable est utilisée, notamment des panneaux photovoltaïques. Les panneaux solaires captent la lumière du soleil et la convertissent en électricité utilisable. Cette alimentation solaire offre plusieurs avantages, notamment une autonomie énergétique et une réduction de l'impact environnemental. En s'appuyant sur une source d'énergie propre et durable, le système peut fonctionner de manière continue sans dépendre de sources d'énergie conventionnelles.

Ce mémoire se concentre sur l'amélioration de la détection des pannes dans les cages flottantes grâce à l'utilisation de l'énergie solaire et du circuit de détection. Il examine également d'autres aspects essentiels, tels que les composants du système de détection, les dimensions de la maille du filet, les systèmes d'amarrage, les avantages et les inconvénients des cages flottantes, ainsi que les défis structurels rencontrés dans l'élevage de poissons en cages flottantes.

L'objectif de cette recherche est de proposer des solutions innovantes et pratiques pour améliorer la détection des pannes dans les cages flottantes, afin de garantir la durabilité de l'aquaculture et de réduire les pertes économiques. En combinant l'énergie solaire et les technologies de détection avancées, ce système offre de nouvelles possibilités pour surveiller et prévenir les pannes de filet, assurant ainsi un élevage de poissons plus sûr et plus efficace dans les cages flottantes.

Le premier chapitre de ce mémoire se concentre sur l'énergie solaire et son utilisation dans l'industrie de l'aquaculture. Il débute en examinant le gisement solaire en Algérie, mettant en évidence le potentiel élevé d'énergie solaire disponible dans la région. Ensuite, la définition de l'énergie photovoltaïque est donnée, expliquant comment cette forme d'énergie renouvelable utilise la lumière du soleil pour produire de l'électricité. L'importance de choisir le bon type de cellule photovoltaïque pour une application spécifique, telle que l'alimentation d'un système de détection dans les cages flottantes, est soulignée.

Introduction générale

Le deuxième chapitre est consacré à l'aquaculture et aux différentes formes d'élevage utilisées dans ce domaine. Une définition approfondie de l'aquaculture est donnée, mettant en évidence son rôle croissant dans la production alimentaire mondiale. Les types d'élevage, tels que l'élevage en étangs, en cages et en enclos, sont explorés, avec un accent particulier sur l'élevage en cages flottantes. Le chapitre aborde ensuite les problèmes structurels rencontrés dans les cages flottantes, tels que la rupture du filet, les déchirures et les effets des conditions météorologiques.

Le troisième chapitre propose une solution novatrice pour la détection de la rupture des filets dans les cages flottantes en utilisant un système de détection alimenté par l'énergie photovoltaïque. Une description détaillée du fonctionnement de ce système est fournie, mettant en évidence le rôle crucial de l'énergie solaire pour son alimentation autonome.

Des exemples concrets d'implémentation du système de détection de la rupture des filets dans les cages flottantes sont présentés, mettant en évidence les avantages de cette approche en termes de facilité de maintenance, de réduction des coûts et d'amélioration de l'efficacité opérationnelle. Les défis potentiels et les limites de cette technologie sont également discutés.

En conclusion, ce mémoire met en évidence l'importance de l'énergie solaire et des systèmes de détection dans les cages flottantes de l'aquaculture. En utilisant l'énergie photovoltaïque pour alimenter un système de détection avancé, il est possible de surveiller efficacement les dommages des cages flottantes et de prendre des mesures préventives appropriées. Ces avancées technologiques contribuent à la durabilité de l'élevage de poissons, réduisent les pertes économiques et préservent les ressources marines pour les générations futures.

I.1 Introduction

L'énergie photovoltaïque (PV) est une forme d'énergie renouvelable qui tire parti de la lumière du soleil pour produire de l'électricité. Les systèmes photovoltaïques, également connus sous le nom de panneaux solaires, sont conçus pour capturer les photons de la lumière solaire et les convertir en électricité utilisable. Ces systèmes sont devenus de plus en plus populaires en raison de leur capacité à fournir une source d'énergie propre et durable. Les applications de l'énergie photovoltaïque sont vastes, l'un des domaines les plus importants de l'utilisation de cette dernière est son application pour alimenter des circuits électroniques.

I.2 Potentiel solaire en Algérie

En raison de sa situation géographique, l'Algérie bénéficie d'un des niveaux d'ensoleillement les plus élevés au monde, avec une irradiation directe variant de 1700 à 2900 kWh/m²/an (Figure I.1). Ces chiffres fournissent largement la surface nécessaire pour une production massive d'énergie à partir de panneaux solaires [1]

La durée d'ensoleillement moyenne est d'au moins 2600 heures par an et peut atteindre 3900 heures dans les régions des hauts plateaux et du Sahara. (Tableau I.1)

En comparaison, les meilleurs taux d'irradiation solaire en Europe se situent autour de 800 kWh/m²/an, limités à la partie sud du continent. L'Agence Spatiale Allemande (ASA), suite à une évaluation par satellites, a conclu que l'Algérie possède un potentiel solaire considérable, représentant 13,9 TWh/an pour l'énergie solaire photovoltaïque [2]

Régions	Littoral	Hauts Plateaux	Sahara
Superficie (%)	4	10	86
Ensoleillement (h/an)	2650	3000	3500
Energie moyenne reçue (kWh/m ² /an)	1700	1900	2650

Tableau I. 1: Ensoleillement reçu annuellement en Algérie par région climatique

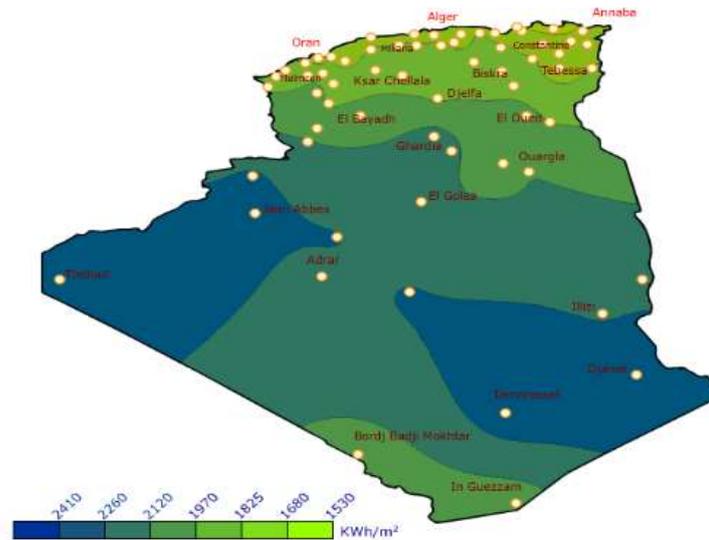


Figure I. 1: Moyenne annuelle de l'irradiation globale reçue sur une surface horizontale

I.3 L'énergie solaire

I.3.1 Définition

Ce type d'énergie renouvelable est issu directement de la captation du rayonnement solaire. On utilise des capteurs spécifiques afin d'absorber l'énergie des rayons du soleil et de la rediffuser selon deux principaux modes de fonctionnement [3]

- ❖ Solaire photovoltaïque (panneaux solaires photovoltaïques) : l'énergie solaire est captée en vue de la production d'électricité.
- ❖ Solaire thermique (chauffe-eau solaire, chauffage, panneaux solaires thermiques) : la chaleur des rayons solaires est captée et rediffusée, et plus rarement sert à produire de l'électricité.

I.4 L'énergie photovoltaïque

I.4.1 Définition

L'énergie photovoltaïque est une forme d'énergie renouvelable qui convertit la lumière du soleil en électricité. Les panneaux solaires, composés de cellules solaires, captent la lumière et génèrent un courant électrique. C'est une source d'énergie propre, sans émissions de gaz à effet de serre, largement disponible. Elle est utilisée pour alimenter diverses applications, des systèmes résidentiels aux installations commerciales. L'énergie photovoltaïque contribue à la transition vers une économie durable.

I.4.2 Effet photovoltaïque

La découverte de l'effet photovoltaïque par Alexandre-Edmond Becquerel est en 1839. L'effet photovoltaïque est fondé sur le principe de l'interaction des ondes électromagnétiques avec les semi-conducteurs. Il est présenté dans la section suivante. Le terme photovoltaïque provient de « photo » qui signifie lumière, et de « volta » qui signifie électricité, désignant donc la production d'électricité à partir de lumière. L'effet photovoltaïque est un processus de

transformation de l'énergie émise par le soleil, sous forme de photons en énergie électrique à l'aide de cellules solaires. L'émission d'électrons d'un matériau traduit l'effet photoélectrique, qui peut être un métal ou un semi-conducteur, lorsqu'il est éclairé. Les électrons ne sont émis que si la fréquence de la lumière est suffisamment élevée (la fréquence limite dépend du matériau), alors que leur nombre, qui détermine l'intensité du courant, est proportionnel à l'intensité de la source lumineuse. Deux effets sont à distinguer : l'émission d'électrons proprement dite et la modification de la conductivité du matériau qui donne l'effet photovoltaïque [4].

I.4.3 Cellule solaire

I.4.3.1 Définition

Une cellule solaire, également appelée photopile ou photovoltaïque, est un dispositif électronique qui convertit directement la lumière du soleil en électricité utilisable. Elle est composée de couches minces de matériaux semi-conducteurs, généralement du silicium, qui présentent des propriétés électriques particulières.

La cellule solaire fonctionne selon le principe de l'effet photovoltaïque. Lorsque la lumière du soleil frappe la surface de la cellule solaire, elle excite les électrons présents dans le matériau semi-conducteur. Ces électrons sont alors libérés et mis en mouvement, créant ainsi un courant électrique. Ce courant peut être collecté à l'aide de contacts métalliques sur la cellule solaire et utilisé pour alimenter des appareils électriques ou stocké dans des batteries pour une utilisation ultérieure.

I.4.3.2 Technologies des cellules

Il existe différents types de cellules solaires photovoltaïques, et chaque type de cellules à un rendement et un coût qui lui est propre. Cependant, quel que soit leur type, leur rendement reste assez faible : de 5 à 22% de l'énergie qu'elles reçoivent [5].

➤ **Cellules solaires monocristallines**

Ces cellules sont fabriquées à partir d'un seul cristal de silicium. Elles ont un rendement élevé et offrent une excellente performance même dans des conditions de faible luminosité. Les panneaux monocristallins ont une couleur uniforme et sont souvent considérés comme plus esthétiques.

➤ **Cellules solaires polycristallines**

Contrairement aux monocristallines, les cellules polycristallines sont fabriquées à partir de plusieurs cristaux de silicium. Elles sont moins coûteuses à produire que les monocristallines, mais leur rendement est légèrement inférieur. Les panneaux polycristallins ont une couleur bleuâtre caractéristique en raison de la structure cristalline.

➤ **Cellules solaires à couches minces**

Ces cellules sont fabriquées en déposant une fine couche de matériau semi-conducteur sur un substrat, comme le silicium amorphe, le tellure de cadmium ou le sulfure de cuivre-indium-gallium (CIGS). Elles sont flexibles, légères et peuvent être intégrées dans des surfaces courbes. Cependant, elles ont généralement un rendement inférieur aux cellules monocristallines et polycristallines.

I.4.3.3 Caractéristiques cellule solaire

➤ Caractéristique courant – tension (I-V) d'une cellule photovoltaïque

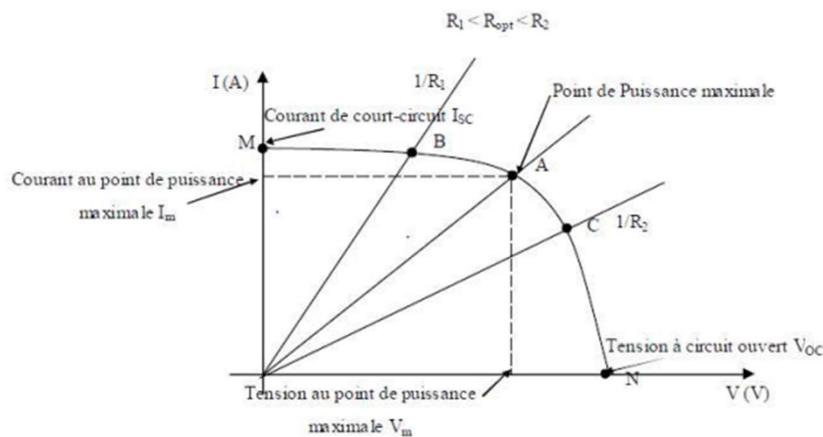


Figure I. 2: Caractéristique courant – tension d'une cellule photovoltaïque.

Comme nous le voyons sur la (figure I.2), la cellule solaire PV est caractérisée par la courbe $I(V)$ non linéaire qui dépend particulièrement des conditions d'ensoleillement et de température. Cette courbe nous informe sur trois points importants [6]

- Le point de fonctionnement optimal PPM (la puissance maximale de la cellule).
- Le point du courant maximal ($I S C$).
- Il se produit lorsque les bornes de la cellule sont court-circuitées. Il est appelé courant de court-circuit ($I S C$).
- Le point de la tension maximale de la cellule ($V o c$), (environ 0.6 V) pour un courant nul. Cette tension est nommée tension de circuit ouvert ($V o c$).

➤ Caractéristique puissance – tension (P-V) d'une cellule photovoltaïque

La caractéristique puissance-tension (P-V) d'une cellule solaire représente la relation entre la puissance électrique produite par la cellule et la tension à ses bornes (figure I.3). Elle permet de déterminer la puissance maximale (P_{max}) et la tension maximale de puissance (V_{mp}) que la cellule peut fournir. En ajustant la résistance de charge, on peut trouver le point de fonctionnement optimal de la cellule, correspondant à la résistance de charge maximale (R_{load}). La caractéristique P-V est essentielle pour évaluer les performances de la cellule et dimensionner les systèmes photovoltaïques.

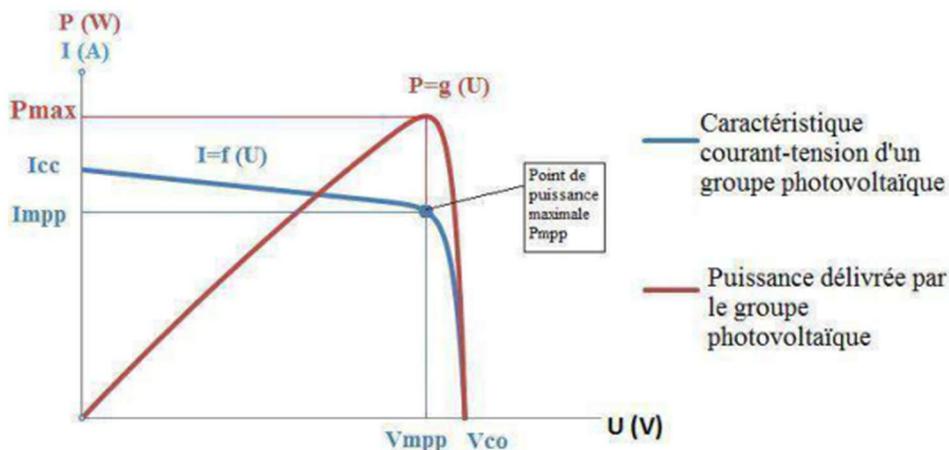


Figure I. 3: Caractéristique puissance-tension.

I.5 Module photovoltaïque

Un module photovoltaïque est constitué d'un ensemble de cellules photovoltaïques élémentaires montées en série et en parallèle [7], elles produisent de l'électricité du moment où elles sont exposées au rayonnement solaire, elles ne polluent pas, n'ont aucune pièce mobile, ne nécessitent pratiquement aucun entretien et ne produisent aucun bruit [8].

I.5.1 Caractéristiques du panneau photovoltaïque

❖ Puissance nominale

La puissance nominale d'un panneau solaire est exprimée en watts crête (W_c) et indique la quantité maximale d'énergie que le panneau peut produire dans des conditions idéales. Par exemple, un panneau solaire de 250 W_c peut générer jusqu'à 250 watts d'électricité sous un ensoleillement optimal.

❖ Efficacité

L'efficacité d'un panneau solaire représente le pourcentage de lumière solaire captée qui est converti en électricité. Les panneaux solaires les plus efficaces ont une efficacité supérieure à 20 %, ce qui signifie qu'ils convertissent plus de 20 % de l'énergie solaire en électricité.

❖ Dimensions et poids

Les panneaux solaires sont disponibles dans différentes tailles et dimensions. Les dimensions standard des panneaux solaires pour les installations résidentielles sont généralement d'environ 1,6 mètre sur 1 mètre, bien que cela puisse varier. Le poids des panneaux solaires varie également en fonction de leur taille et de leur technologie, mais en général, ils pèsent entre 15 et 20 kilogrammes par mètre carré.

❖ Durée de vie

Les panneaux solaires ont généralement une durée de vie de plus de 25 ans. La plupart des fabricants garantissent une performance minimale de leurs panneaux pendant une période

spécifiée, par exemple 25 ans, où ils garantissent que le panneau produira au moins 80 % de sa puissance nominale.

❖ Facteur de forme

Rapport entre la puissance optimale P_m et la puissance maximale que peut avoir la cellule : V_{co} . I_{cc} [9]

I.6 Le système photovoltaïque

Un système PV (photovoltaïque) est un système qui utilise des panneaux solaires pour convertir l'énergie lumineuse du soleil en électricité. Les composantes du système PV sont présentées dans ce qui suit:

I.6.1 Panneaux solaires

Les panneaux solaires, également appelés modules photovoltaïques, sont constitués de cellules photovoltaïques qui convertissent la lumière du soleil en électricité. Les panneaux solaires sont généralement installés sur le toit ou dans un endroit exposé au soleil pour capturer l'énergie solaire.

I.6.2 Batterie

Une batterie peut être utilisée pour stocker l'excédent d'électricité produite par les panneaux solaires. Cela permet d'utiliser cette énergie plus tard lorsque les panneaux solaires ne produisent pas suffisamment d'électricité, comme la nuit ou lors de journées nuageuses. Les batteries sont particulièrement utiles dans les systèmes autonomes (hors réseau) qui ne sont pas connectés au réseau électrique.

I.6.3 Convertisseur

Les panneaux solaires produisent de l'électricité en courant continu (CC), tandis que la plupart des appareils domestiques et du réseau électrique fonctionnent avec du courant alternatif (CA). Le convertisseur, également appelé onduleur, convertit le courant continu en courant alternatif pour alimenter les appareils électriques. Il existe différents types d'onduleurs, tels que les onduleurs à onde sinusoïdale pure, les onduleurs à onde modifiée, et les micro-onduleurs (qui sont intégrés à chaque panneau solaire).

I.6.4 Régulateur de charge (ou contrôleur de charge)

Un régulateur de charge est utilisé pour contrôler le flux d'électricité entre les panneaux solaires et la batterie. Il protège la batterie contre la surcharge ou la décharge excessive et prolonge sa durée de vie en maintenant une charge optimale.

I.6.5 Charges (ou consommateurs)

Les charges dans un système PV sont les appareils électriques qui utilisent l'électricité produite par les panneaux solaires ou stockée dans la batterie. Cela peut inclure l'éclairage, les appareils électroménagers, les systèmes de chauffage ou de refroidissement, les pompes à eau, les systèmes de communication, etc. Les charges peuvent être alimentées directement par les panneaux solaires ou par le biais de la batterie et du convertisseur.

I.7 Types de Systèmes PV

Les systèmes PV sont classés en fonction de trois types: autonomes, hybrides et reliés au réseau. Le type choisi dépendra des besoins énergétiques et de l'emplacement. [10]

I.7.1 Systèmes PV autonomes (ou hors réseau)

Ces systèmes fonctionnent de manière indépendante et ne sont pas connectés au réseau électrique public. Ils sont généralement utilisés dans des endroits éloignés où l'accès à l'électricité du réseau est limité ou inexistant. Les systèmes autonomes sont souvent équipés de batteries de stockage pour stocker l'électricité produite pendant les périodes ensoleillées et la fournir lorsque le soleil n'est pas disponible. Ils peuvent alimenter des maisons isolées, des installations agricoles, des tours de télécommunication, etc.

On peut classer ces systèmes en deux catégories

I.7.1.1 systèmes avec accumulateurs

L'excédent de l'énergie produite est stocké dans des batteries. Le schéma synoptique de la figure suivante décrit ce système [11].

I.7.1.2 Système sans accumulateurs

Dans ces systèmes sans batterie, il y a possibilité d'avoir recours à une forme de stockage qui ne soit pas de nature électrochimique. Par exemples : Pompage : stockage par réservoir d'eau, Réfrigération : stockage de froid (stockage de glace ou eutectique), Électrolyse de l'eau : stockage d'hydrogène [12] ; [13].

I.7.2 Systèmes PV hybrides

Ces systèmes combinent l'énergie solaire avec d'autres sources d'énergie, telles que l'énergie éolienne ou l'énergie hydroélectrique. L'idée est de maximiser la production d'énergie en utilisant différentes sources renouvelables. Les systèmes hybrides peuvent être autonomes ou raccordés au réseau, selon les besoins et les conditions locales. Ils sont souvent utilisés dans des régions où les ressources solaires peuvent varier considérablement au fil des saisons.

I.7.3 Systèmes PV raccordés au réseau (ou systèmes en réseau)

Ces systèmes sont connectés au réseau électrique public. L'électricité produite par les panneaux solaires est utilisée directement dans le bâtiment ou est injectée dans le réseau électrique, permettant au propriétaire du système de bénéficier de tarifs de rachat de l'électricité ou de réductions sur sa facture d'électricité. En cas de production excédentaire d'électricité, celle-ci peut être vendue au réseau, et en cas de besoin supplémentaire, l'électricité peut être tirée du réseau. Les systèmes PV raccordés au réseau sont couramment utilisés dans les maisons résidentielles, les bâtiments commerciaux et industriels.

I.8 les Avantages des systèmes PV

I.8.1 les avantages des systèmes PV

Les systèmes photovoltaïques (PV) présentent plusieurs avantages et inconvénients.

- ✓ Énergie renouvelable : Les systèmes PV utilisent l'énergie du soleil, une ressource renouvelable abondante, ce qui réduit la dépendance aux combustibles fossiles et contribue à la réduction des émissions de gaz à effet de serre.
- ✓ Faibles émissions de carbone : Les systèmes PV produisent de l'électricité sans émissions directes de CO₂, contribuant ainsi à la lutte contre le changement climatique et à la réduction de la pollution de l'air.
- ✓ Réduction des coûts d'énergie à long terme : Une fois installés, les systèmes PV peuvent réduire considérablement les factures d'électricité à long terme, car l'énergie solaire est gratuite. Cela peut être particulièrement avantageux dans les régions où les prix de l'électricité sont élevés.
- ✓ Fiabilité et durabilité : Les systèmes PV sont robustes et ont une durée de vie moyenne de 25 à 30 ans. Ils nécessitent peu d'entretien, ce qui en fait une source d'énergie fiable.
- ✓ Flexibilité d'installation : Les panneaux solaires peuvent être installés sur différents types de surfaces, tels que les toits, les murs ou les structures au sol. Ils peuvent être dimensionnés pour répondre aux besoins spécifiques d'une résidence, d'un bâtiment commercial ou d'un système hors réseau. Le risque de choc électrique est réduit en 12 ou 24 Vcc et le risque d'incendie est moindre qu'avec les groupes électrogènes alimentés au kérosène ou au fuel [14].

I.8.2 Inconvénients des systèmes PV :

- ✓ Coût initial élevé : L'installation d'un système PV peut représenter un investissement initial important. Cependant, les coûts des panneaux solaires ont considérablement baissé ces dernières années, rendant l'énergie solaire plus accessible.
- ✓ Dépendance aux conditions météorologiques : Les systèmes PV dépendent de l'ensoleillement pour produire de l'électricité. Par conséquent, leur production peut varier en fonction des conditions météorologiques, ce qui peut affecter leur performance dans certaines régions ou pendant certaines saisons.
- ✓ Espace requis : Les systèmes PV nécessitent une certaine surface pour installer les panneaux solaires. Cela peut poser un défi dans les zones urbaines densément peuplées où l'espace est limité.
- ✓ Intermittence de l'énergie solaire : L'énergie solaire est une source d'énergie intermittente, car elle n'est pas disponible pendant la nuit et sa disponibilité peut varier en fonction des saisons. Cependant, les systèmes PV autonomes peuvent être équipés de batteries de stockage pour compenser cette intermittence. Malgré ces inconvénients, les avantages des systèmes PV en termes de durabilité, de réduction des émissions et de coûts à long terme en font une option attrayante pour l'approvisionnement en énergie dans de nombreux contextes [14]

I.9 Conclusion

En conclusion, l'énergie photovoltaïque est une source d'énergie renouvelable qui offre de nombreux avantages et joue un rôle important dans la transition énergétique vers un avenir plus durable.

Chapitre I **Généralités sur l'énergie photovoltaïque**

L'utilisation de l'énergie photovoltaïque présente des avantages significatifs. Tout d'abord, elle permet de réduire les émissions de gaz à effet de serre, contribuant ainsi à la lutte contre le changement climatique. En convertissant directement la lumière du soleil en électricité, elle évite les émissions de polluants atmosphériques associées aux combustibles fossiles. De plus, l'énergie photovoltaïque est une source d'énergie propre et silencieuse, ne produisant pas de bruit ni de déchets dangereux.

L'énergie photovoltaïque présente également des avantages économiques. Les coûts de production des panneaux solaires ont considérablement diminué au fil des années, rendant cette technologie de plus en plus accessible et compétitive par rapport aux sources d'énergie conventionnelles. L'installation de systèmes photovoltaïques peut permettre de réduire les factures d'électricité à long terme, offrant ainsi des économies financières aux utilisateurs.

Chapitre II :

Généralités sur les cages flottantes

II.1 Introduction

Le secteur de l'aquaculture joue un rôle de plus en plus important dans la production alimentaire mondiale. L'aquaculture, qui consiste à élever et à cultiver des organismes aquatiques, offre de nombreuses opportunités pour répondre à la demande croissante en produits aquatiques. Parmi les différentes méthodes d'élevage aquacole, l'utilisation de cages flottantes s'est révélée être une solution polyvalente et efficace

Ce chapitre se penche sur les aspects essentiels des cages flottantes dans l'élevage aquacole. Tout d'abord, nous commencerons par définir l'aquaculture et ses différents types, mettant en évidence l'importance de cette pratique pour la production durable de poissons et d'autres organismes aquatiques.

Ensuite, nous nous concentrerons sur les structures des cages flottantes et leurs différentes variantes. Nous explorerons les matériaux utilisés, les techniques de construction et les différentes formes de cages flottantes telles que les cages rondes, cylindriques et polygonales. Nous discuterons également des composants clés des cages flottantes, tels que les flotteurs, les filets, les systèmes de fixation et les dispositifs de contrôle de la qualité de l'eau.

La dimension de la maille du filet est un élément crucial dans la conception des cages flottantes. Nous examinerons donc les facteurs à prendre en compte pour déterminer la taille optimale de la maille du filet, en tenant compte des besoins des espèces élevées et des considérations environnementales.

Les systèmes d'amarrage sont également d'une importance capitale pour assurer la stabilité et la sécurité des cages flottantes. Nous passerons en revue les différents types de systèmes d'amarrage utilisés, tels que les blocs (poids mort), les ancrs de reflux, les pieux et les boulons, en soulignant leurs avantages et leurs limitations.

En poursuivant notre exploration, nous aborderons les avantages et les inconvénients des cages flottantes dans l'élevage aquacole. Nous analyserons les aspects positifs tels que l'évolutivité, la mobilité, le contrôle environnemental, la surveillance facilitée et les coûts réduits, ainsi que les défis auxquels sont confrontées ces structures, tels que la sensibilité aux conditions environnementales, les risques de pollution, les problèmes de santé des poissons et les contraintes réglementaires.

Enfin, nous mettrons l'accent sur les défis structurels spécifiques auxquels sont confrontées les cages flottantes dans l'élevage de poissons. Nous examinerons les problèmes tels que les déchirures du filet, l'usure et la détérioration, l'accumulation de biofouling et les problèmes liés aux systèmes d'amarrage. Nous discuterons des mesures préventives et des pratiques de maintenance pour atténuer ces problèmes et assurer la durabilité des opérations d'élevage en cages flottantes.

Ce chapitre offre un aperçu complet des cages flottantes dans l'élevage aquacole, en examinant leur structure, leurs composants, les considérations de dimensionnement, les systèmes d'amarrage, les avantages et les inconvénients, ainsi que les défis structurels

auxquels elles sont confrontées. Une compréhension approfondie de ces aspects est essentielle pour assurer le succès et la durabilité des opérations d'élevage aquacole en cages flottantes.

II.2 l'aquaculture en cage

II.2.1 Définition de l'aquaculture en cage

L'aquaculture en cage implique l'élevage de poissons dans les ressources en eau existantes tout en étant enfermé dans une cage en filet qui permet la libre circulation de l'eau. C'est un système de production aquacole composé d'un cadre flottant, de matériaux de filet et d'un système d'amarrage (avec corde, bouée, ancre etc.) avec un filet flottant de forme ronde ou carrée pour tenir et peut être installé dans un réservoir, une rivière, un lac ou la mer. Sur le plan économique, la culture en cage est une pratique agricole à faible impact avec des rendements élevés et une activité émettant le moins de carbone. L'élevage de poissons dans un plan d'eau existant élimine l'une des plus grandes contraintes de la pisciculture sur terre, la nécessité d'un débit constant d'eau propre et oxygénée. Les cages sont positionnées pour utiliser les courants naturels, qui privaient les poissons d'oxygène et d'autres conditions naturelles appropriées tout en éliminant les déchets [15].

II.2.2 les types d'aquaculture en cage

II.2.2.1 L'aquaculture extensive

Il s'agit d'un élevage pour lequel aucun apport d'aliment n'est nécessaire, le produit d'élevage se nourrit sur le milieu dans lequel il évolue. Corollaire à ce principe les productions seront limitées par les capacités naturelles du site. Dans ce type d'exploitation, on utilise une grande surface d'eau, pour lequel un aménagement, artificiel onéreux ne peut être envisagé [16]

II.2.2.2 L'aquaculture semi-intensive

Les systèmes semi-intensifs sont des systèmes d'élevage nécessitant des Interventions de l'homme [17] Elle consiste à compléter la nourriture naturelle que les poissons trouvent dans les étangs d'élevage avec des nourritures préparées, des déchets de l'agriculture ou de l'alimentation animale ou des activités humaines [18]

II.2.2.3 L'aquaculture intensive

Ce type d'élevage concerne le cas le plus élaboré, le plus évolué techniquement [19]. Les poissons sont élevés à haute densité dans des bassins ou cages dans lesquels toute la nourriture qu'ils consomment a été produite ailleurs (origine exogène): c'est l'élevage dit intensif, dans lequel l'eau sert de support physique pour le poisson, les coûts de production sont élevés et la nourriture en constitue jusqu'à 60% [18]

II.2.3 L'aquaculture en Algérie

L'aquaculture algérienne connaît actuellement un grand essor en matière de production. Depuis la création du Ministère de la Pêche et des Ressources Halieutiques en 2000, plusieurs plans et programmes de développement ont été élaborés permettant ainsi le démarrage de plusieurs projets privés d'aquaculture dans différentes filières d'activité. La production aquacole actuelle provient de :

- La pisciculture marine en bassin et en cages flottantes pratiquée par des opérateurs privés.

- La conchyliculture pratiquée par des opérateurs privés produisant quelques dizaines de tonnes de moules méditerranéennes et d'huîtres creuses.
- La pêche continentale exercée par des concessionnaires privés au niveau des barrages et des retenues collinaires, pour des espèces telles que la carpe commune, les carpes chinoises, le sandre, le black bass et le barbeau
- La pisciculture intégrée à l'agriculture exercée au niveau des exploitations agricoles par des agriculteurs, pour des espèces telle que le Tilapia 10.
- La pêche lagunaire en eau saumâtre et en eau douce dans l'Est du pays est pratiquée par un concessionnaire privé, selon le cahier des charges signé par ce dernier, dans le cadre d'une préservation de la zone qui a un statut particulier. Les espèces capturées sont diverses (dorades royales, mullets, anguille, sole, bar européen, sar, palourde, huître, marbré, crevette caramote, carpes commune et chinoise).

La production aquacole annuelle a augmenté régulièrement depuis 2004 (641 tonnes), jusqu'à ce qu'en 2012 la production totale de tous les secteurs ait dépassé 2 600 tonnes. Cette production est constituée à 90% de poissons d'eau douce et est en grande partie le résultat d'une campagne gouvernementale régulière de stockage de carpes, de carpes chinoises (provenant des importations) et de larves et d'alevins de mullets à tête noire dans les réservoirs et barrages Shan pour développer la pêche commerciale.

Dans le cadre de la politique sectorielle de recherche, le Centre National de Recherche pour le développement de la Pêche et de l'Aquaculture (CNRDPA) a été créé. La recherche aquacole est dirigée par un directeur et cinq chefs de division. Les travaux de recherche du centre seront davantage orientés vers la recherche appliquée et serviront d'outil d'aide à la décision pour l'administration en charge des pêches. Avec des instruments institutionnels, juridiques et financiers, l'aquaculture bénéficie désormais d'un environnement pour répondre aux besoins présentés par le développement durable de l'aquaculture, permettant le processus d'intégration des différents secteurs de l'aquaculture et des activités connexes dans l'économie nationale.[20]

II.3 Définition de la cage flottante

Les cages flottantes (figure II.1-II.2) sont des enclos semi-mobiles pratiquées en plein eau pour la pisciculture intensive, Chacun de ces cages s'agit d'une structure relativement simple constituée d'un ponton flottant rigide supportant une poche en filet souple contenant le poisson. L'ensemble est amarré par des systèmes d'ancrage placés sur le fond. Leur surface horizontale varie de 1 à 100 m² selon le type d'élevage considéré. Le regroupement des cages en réseaux de plusieurs unités (souvent 4 jusqu'à 10) simplifie l'entretien et l'alimentation des poissons [21].

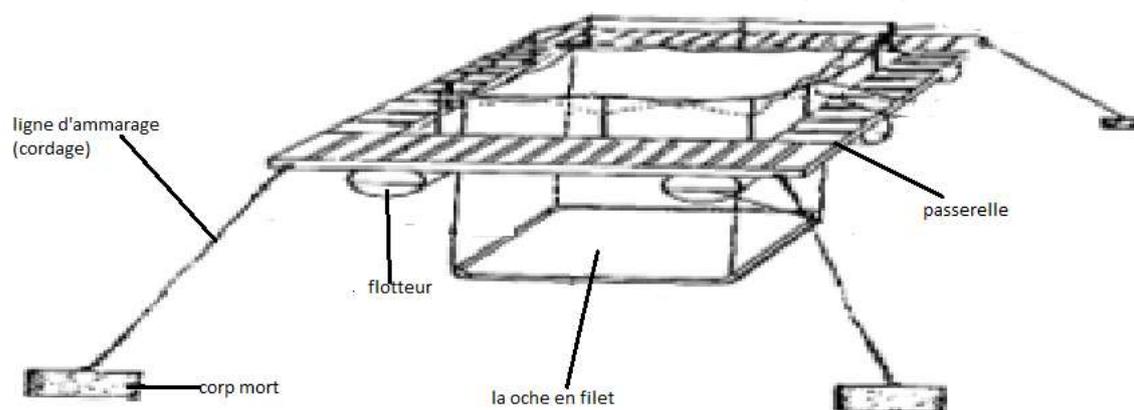


Figure II. 1: cage flottante

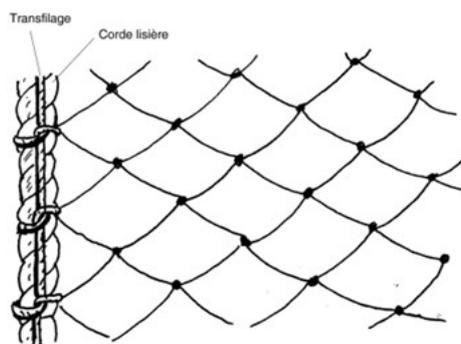


Figure II. 2 : Montage du bord d'une nappe de filet

II.3.1 les types des cages flottantes

Les cages flottantes en aquaculture peuvent être classées en trois types distincts (figure II.3):

Immergées, mixtes et flottantes. Elles présentent également deux structures différentes : souples et rigides. De plus, ces cages peuvent adopter différentes formes telles que circulaires, carrées, rectangulaires et polygonales. Chaque type de cage et structure a ses propres matériaux de construction spécifiques. Comme montre la figure si dessous

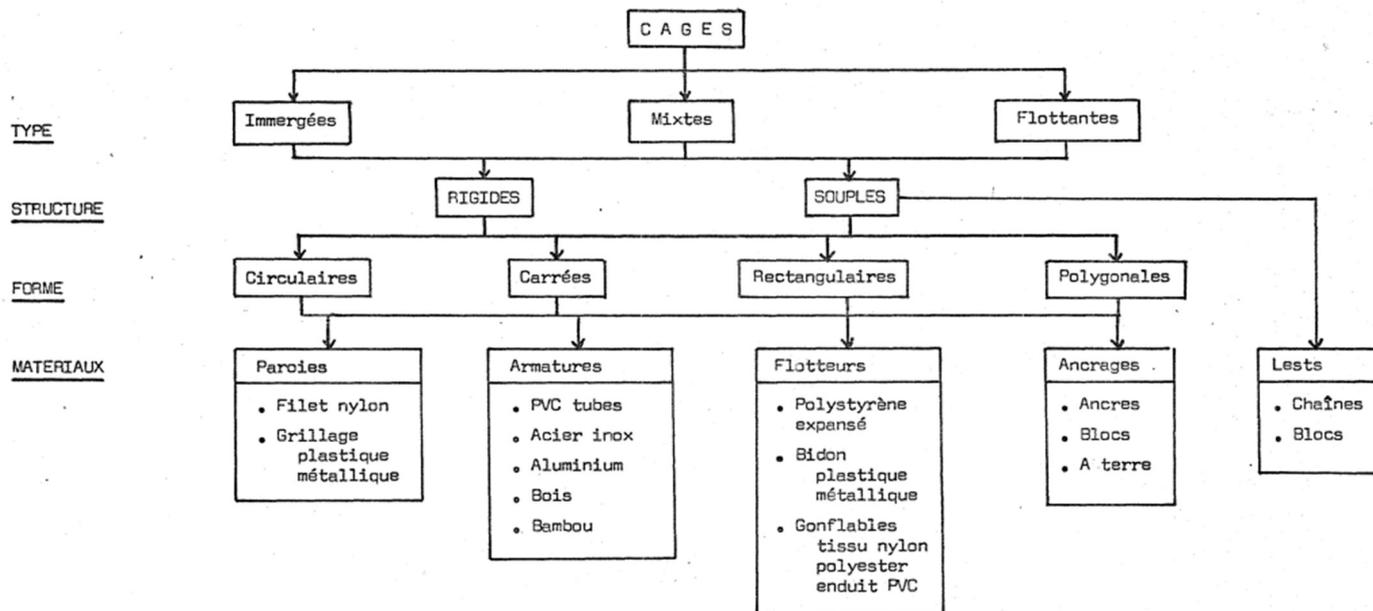


Figure II. 3 les types des cages flottantes

II.3.2 Modèles des cages flottantes utilisée dans la méditerrané

Les différents types et systèmes de cages sont utilisés actuellement par les fermes méditerranéennes de poissons sont :

II.3.2.1 Farmocean (figureII.4)

Ces cages sont des structures semi-submersibles rigides conçues dans les années 1980 en Suède pour l'élevage en mer ouverte. Elles sont composées d'un cadre rigide en acier, et le filet est fixé à l'intérieur de ce cadre principal hexagonal flottant. Pour maintenir sa forme, un plomb en forme de tube est attaché au fond du filet. La capacité de la cage peut varier de 2 500 m³ à 5 000 m³, et elle est amarrée à travers trois cordes radiales.

Un système d'alimentation est généralement positionné sur le dessus du cadre flottant, avec une capacité de stockage pouvant atteindre 3 000 kg d'alimentation. L'énergie est fournie par des panneaux solaires. Un treuil situé sur le dessus du cadre en acier permet de soulever le plomb en forme de tube avec le fond du filet, facilitant ainsi le processus de récolte.

Ces cages rigides semi-submersibles représentent une avancée dans les techniques d'élevage en mer ouverte et offrent un environnement contrôlé pour l'élevage des poissons. Grâce à leur conception robuste et à leur système d'alimentation intégré, elles permettent une gestion plus efficace et une récolte simplifiée [20]

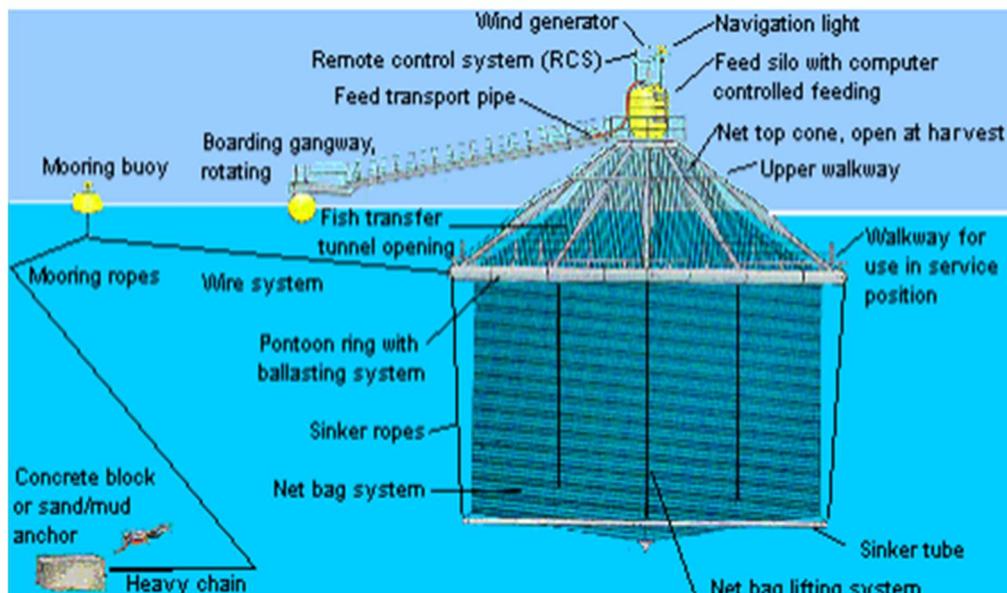


Figure II. 4 : Démonstration d'une cage Farmocean (Farmocean International).

II.3.2.2. Cages en polyéthylène à haute densité

Les cages en polyéthylène à haute densité (PE-HD) sont les plus populaires dans les fermes méditerranéennes (figures II.5). Les tubes en PE-HD peuvent s'assembler de diverses manières afin de produire des bagues de tailles et de formes différentes, toutefois, des cages « faites maison » sont aussi utilisées fréquemment. Ces cages sont souvent composées de deux (parfois trois) bagues faites de tubes en PE-HD de 15–35 cm de diamètre, et maintenues ensemble à la base par plusieurs étançons disposés tout au long de la circonférence. Les bagues peuvent être flottantes (remplies de polystyrène) ou immergées (c.-à-d. munies de tuyaux d'air/d'eau submergés). Le filet est fixé à la base de chaque étançon et est entièrement fermé à l'aide d'un couvercle. Le fond d'une cage submersible possède des poids et parfois un plomb en forme de tube. Les filets, pouvant être aussi profonds que le requiert le site, sont fixés sur les bagues, qui sont quant à elles disponibles dans différents diamètres. Le système d'amarrage peut être assez compliqué et celui qui est le plus fréquemment utilisé est une grille carrée de 14 câbles, de plaques d'acier et de bouées. Les cages sont amarrées sur les plaques, tandis que la grille est amarrée à l'aide d'encres à travers plusieurs câbles d'amarrage orthogonaux [20.22]

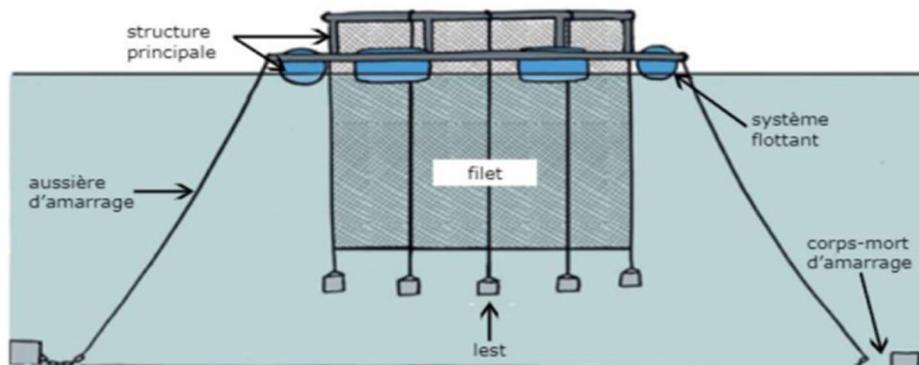


Figure II. 5 : Image démontrant les principaux composants d'une cage PE-HD (FAO)

II.3.2.3. REFA tensions legs (figure II.6)

Ces cages sont faites d'un filet dont la forme est maintenue à l'aide de bouées submergées et d'un cadre rigide inférieur. Le système d'amarrage est composé de six blocs de ciment au fond et situés verticalement au-dessous de chaque cage (figure 06). Sur la partie supérieure de la cage, une bague circulaire en PE-HD est installée visant à assurer l'accès et l'alimentation. En cas de mauvaises conditions météorologiques, la cage est entièrement submergée, ce qui provoque une perte de volume d'élevage. Les filets sont équipés d'une fermeture à glissière permettant de retirer la partie supérieure de la cage pendant la récolte des poissons et permettant également de positionner le filet sur une bague flottante en PE-HD plus large.[22]

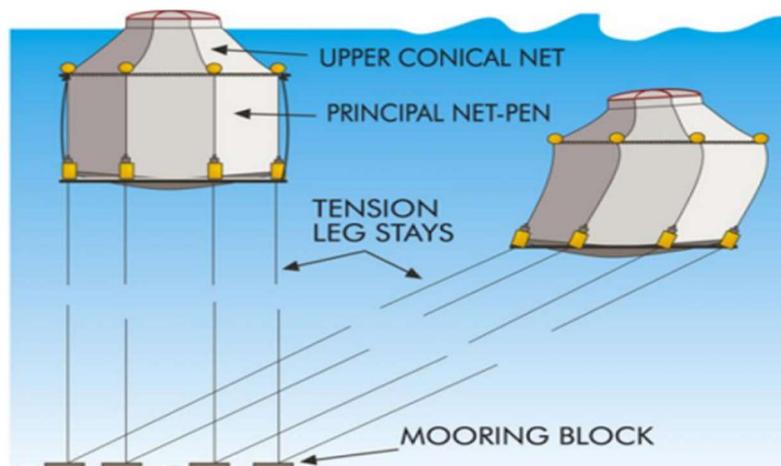


Figure II. 6: Démonstration d'une cage REFA tensions legs. (Refamed)

II.3.2.4. Plate-forme flottantes (figure II.7)

Ces structures ont été installées en Espagne et en Italie. Les premières ont été construites en Espagne par Marina System Iberica (MSI). Deux de ces structures sont amarrées près de Barcelone, une près de Cadix et une autre près de Tarragone. Ces structures sont de forme carrée ou hexagonale et maintiennent 7-8 cages à filet. Le système d'amarrage est composé de plusieurs câbles d'amarrage (cordes - chaîne - bloc de ciment) fixés aux coins. Les

plateformes sont équipées d'un système pouvant couler et permettant de contrôler le degré de flottaison.[23]



Figure II. 7: La plateforme flottante dans le golfe de Pozzuoli (Naples), l'un des six filets de 5 500 mètres cube chacun.

II.3.2.5. Bridgestone et Dunlop (figure II.8)

Ces types de cages flottantes sont conçus pour de très mauvaises conditions en mer ouverte. La société Bridgestone et Dunlop fournit des cages Placées « face à face ». Des étaçons en acier sont serrés aux tuyaux de façon à ce que le filet puisse pendre (Figure 09). Les cages sont de forme carrée, hexagonale ou octogonale. Les cages carrées peuvent être assemblées en des modules de cages multiples. Différents volumes sont disponibles, et ce jusqu'à (théoriquement) 60 000 m³. Ces cages sont utilisées en Espagne, en France et à Chypre.[23]



Figure II. 8: Une cage Bridgestone et Dunlop lors de sa mise en mer (MSI)

II.3.2.6. Système Jetfloat (figure II.9)

C'est un système aux composantes modulaires: des cubes de plastique peuvent être assemblés pour créer une structure flottante sur laquelle des filets sont fixés (figure 16). Conçu à l'origine pour une utilisation dans des ports ou des jetées, ce système peut être utilisé dans des sites protégés où des cages carrées peuvent être construites grâce à plusieurs accessoires

produits exclusivement à des fins aquacoles (à savoir des étançons et des dispositifs d'amarrage). Cette technologie spécifique est principalement utilisée en France, en Grèce et à Malte. Comme il a été mentionné, ces structures sont principalement utilisées dans des sites protégés et sont également utilisées comme des unités de pré-grossissement [24]



Figure II. 9: Modèle d'une cage de système Jetfloat (JETfloat INTERNATIONAL)

II.3.2.7. Sadco Shelf (figure II.10)

Cette société russe produit et distribue deux types de cages d'acier, tous deux submersibles. La série Sadco (1200, 2000 et 4000) s'est développée à partir des années 1980. Une structure tubulaire maintient un filet entièrement fermé et dont la forme est maintenue à l'aide d'un plomb en forme de tube relié à la structure principale par des câbles d'acier. Sur le dessus de la cage, un système d'alimentation intégré et étanche est installé et équipé d'un système vidéo sous-marin contrôlé à distance. Ce type de cage est disponible en plusieurs modèles et tailles qui varient de 1 200 à 4 000 m³. Un nouveau type de cage sous-marine (Sadco-SG) a été développé au cours des dernières années. Cette cage est constituée d'un cadre tubulaire en acier polygonal, d'un tube de plomb et d'un réservoir submergé pour le contrôle de la flottaison. La cage peut être submergée à travers l'arrivée d'eau à l'intérieur du réservoir. La cage ne contient pas de système d'alimentation pouvant stocker les aliments mais peut fonctionner grâce à un tube d'alimentation manuel ou un système d'alimentation centralisé. Ces cages sont conçues pour des sites exposés dans des conditions de mer ouverte. Les cages Sadco sont principalement installées en Italie. [24]

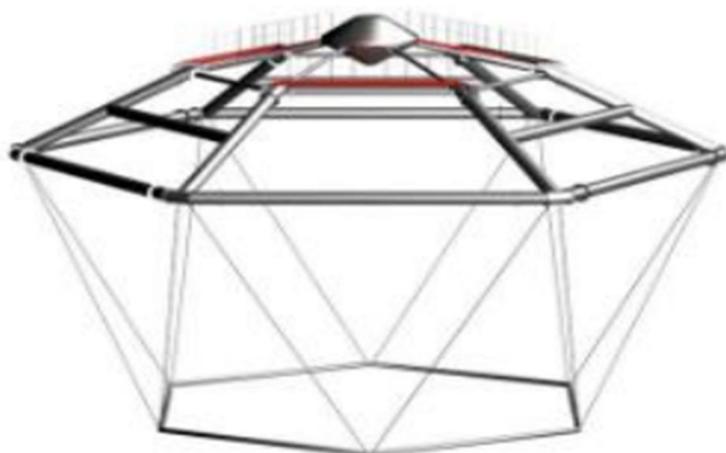


Figure II. 10 : Démonstration d'une cage Sadco Shelf. (Sadco-Shelf ltd)

II.4 les étapes d'installation des cages flottantes

Lors du choix de la technologie et des systèmes d'élevage dans des cages traditionnellement en pleine mer, de nombreuses conditions doivent être évaluées :

- Choisissez un site adapté à l'élevage.
- Décrire et calculer les conditions environnementales sur le site.
- Choisir des systèmes d'élevage (le système de cage et d'amarrage) adaptés aux conditions du site
- Concevoir les cages (normalement réalisées par le fabricant de cages) et le système d'amarrage
- Disposer les cages et le système d'amarrage
- Établir les exigences pour le contrôle opérationnel du système.[25]

II.4.1 Critères de choix d'un site

Le facteur principal est, bien sûr, la qualité de l'eau. Celle-ci doit être satisfaisante pour les espèces cultivées, y compris la température, la salinité et la teneur en oxygène. Un apport continu d'oxygène nécessite un courant pour échanger l'eau. Cela est également nécessaire pour éliminer les excréments de poisson. Cependant, les courants d'eau doivent être inférieurs à 1 m/s car des vitesses supérieures à cette valeur entraînent des forces très importantes sur les structures des cages et le système d'amarrage. [25]

Les zones où l'eau peut être polluée par des substances toxiques doivent également être évitées ; certaines zones sont également plus exposées aux efflorescences algues et certains sites sont particulièrement exposés aux salissures ; cela doit être pris en considération lors de la sélection d'un site.

Il faut éviter les zones à forte houle, même s'il est théoriquement possible de construire des fermes et des systèmes d'amarrage pouvant tolérer de très grosses vagues. Cependant, ces

fermes sont difficiles et coûteuses à exploiter lorsque les vagues sont importantes et que l'accès opérationnel est réduit.

- Un autre facteur inclus dans les conditions géographiques sur le site concerne la profondeur de l'eau : une distance de plus de 5 m entre le bas du filet et le fond marin est recommandée à cause d'éloigner les poissons du fond, des parasites qui s'y trouvent et de la pollution organique due à l'accumulation et à la décomposition des aliments perdus ; Des profondeurs supérieures augmenteront considérablement les coûts du système d'amarrage car de longues lignes d'amarrage seront nécessaires.
- Les zones où le trafic maritime est fréquent doivent être évitées en raison de la perturbation des poissons et de la création de vagues.
- Les exigences légales pour la pisciculture dans une zone doivent être satisfaites.
- Avant de choisir un site, les conditions environnementales doivent être clairement connues.
- Éviter toute forme de pollution (industrielle, agricole, etc.) ;
- Options d'approvisionnement assurées régulièrement en alevins et, si possible, dans les stations d'alevinage

II.5 les composants des cages

Une cage ouverte traditionnelle comprend les parties principales suivantes (figure II.11) :

- Collier de cage (ou le ponton) pour étaler le sac filet et donner de la flottabilité pour maintenir le sac dans la bonne position dans la colonne d'eau.
- Sac filet ou la poche avec poids au fond pour étaler le sac
- Un filet de saut au-dessus de la surface fixé au sac filet pour empêcher les poissons de s'échapper
- Système d'amarrage [25]

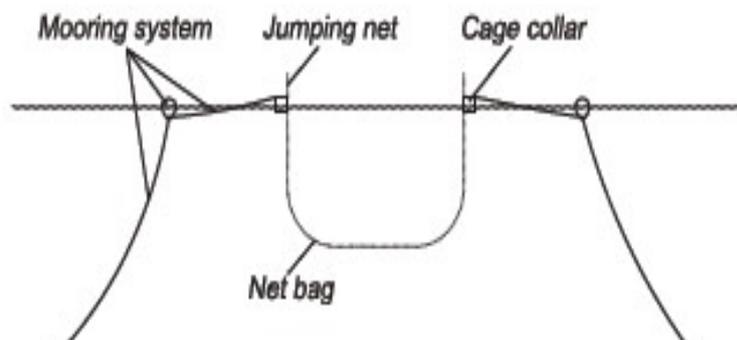


Figure II. 11: les principaux composants d'une cage traditionnelle en pleine mer

II.5.1 Collier de cage (le ponton)

II.5.1.1 Définition

Le collier de la cage, également connu sous le nom de cadre ou de structure de la cage, est un élément clé des cages flottantes utilisées dans l'élevage aquacole. Il s'agit d'une structure rigide généralement en métal, en plastique renforcé ou en acier, qui entoure la cage et lui

confère sa forme et sa stabilité. Le collier de la cage peut être composé de poutres horizontales et verticales interconnectées pour former une structure solide [26]

II.5.1.2 les méthodes de construction les armatures de cages

Pour la construction les cadres (les colliers) de cages ou le ponton, il existe trois méthodes :

II.5.1.2.1 La première méthode

Le cadre rigide : ce cadre ne suit pas les mouvements des vagues, la construction est caractérisée par des forces importantes transmises à l'ossature.

II.5.1.2.2 La deuxième méthode

Le cadre avec des joints mobiles : l'armature suivra dans certaine mesure le mouvement des vagues

II.5.1.2.3 La troisième Méthode

Le cadre flexible (figure II.12): suivra bien le mouvement des vagues, il s'agit notamment des cadres en plastique par exemple le polyéthylène) et ceux en caoutchouc [26]

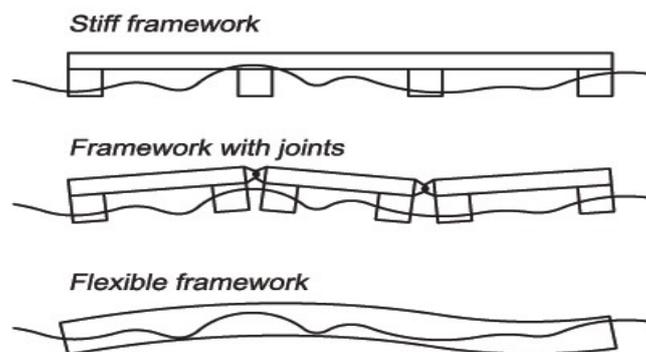


Figure II. 12: les méthodes de construction les armatures de cages

II.5.1.3 La construction des cages

La construction de cadre pour étirer le sac filet peut être utilisée comme des flotteurs, comme on le voit dans les cages à anneaux flottants en plastique (tuyaux PE ou polypropylène (PP)). Alternativement, le flotteur peut être Indépendant du collier de la cage comme on peut le voir lors de l'utilisation de bois ou d'acier pour les systèmes de support avec des blocs de polystyrène expansé (PS) comme le Styrofoam.

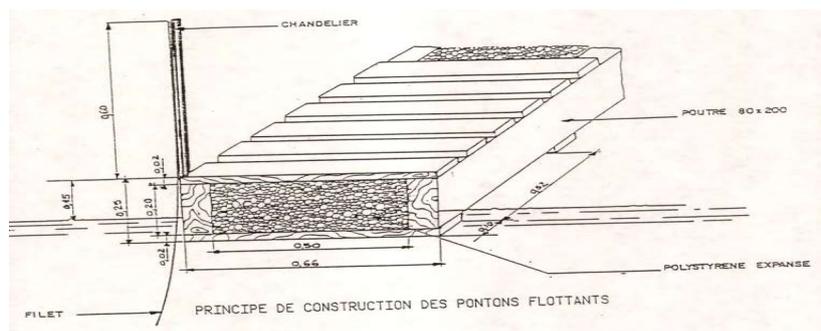


Figure II. 13: Passerelle d'une cage flottante traditionnelle

Le cadre ou le collier peut être de construction circulaire (figure II.14), polygonale ou carrée. Il est préférable d'utiliser un cadre rond car les forces sont égales tout autour de la circonférence contrairement aux cadres polygonaux ou carrés qui auront de grandes forces dans les coins et éventuellement des ruptures dans la construction. Pour cette raison, de bonnes connexions à ces points sont importantes. [27]



Figure II. 14: collier circulaire des cages flottantes

II.5.2 Les flotteurs

Les flotteurs sont nécessaires pour maintenir le sac de la cage dans la bonne position. Le polystyrène expansé est couramment utilisé comme flotteur ; s'il n'est pas recouvert de PE, l'exposition au soleil le fait vieillir. Il jaunit et devient cassant. Le polystyrène non recouvert sera également très susceptible à l'encrassement, car la surface devient très rugueuse. L'utilisation de polystyrène non recouvert au soleil n'est pas recommandée ; pour augmenter sa durabilité, il est assez courant de le mettre dans des cylindres ou des losanges en PE. Les flotteurs parfois constitués de bidons réutilisables remplis d'air ou de mousse sont progressivement remplacés dans les installations modernes par des flotteurs en plastique ou en frigolite (polystyrène expansé).[28]

II.5.3 Les lests

Sont des poids au fond du sac en filet sont utilisés pour maintenir le sac en filet vers le bas et pour maintenir autant de volume effectif que possible pour le poisson. Une corde de plomb peut être utilisée pour la ligne de fond dans le sac en filet avec des poids forfaitaires. Les

poids forfaitaires sont normalement ajoutés aux coins et au centre. Par exemple, sur une cage carrée de 15 m × 15 m, la quantité totale de poids peut être de 150 à 200 kg, divisée en poids forfaitaires de 25 kg dans chaque coin et au centre, et le reste réparti uniformément le long de la ligne inférieure comme corde de plomb. L'utilisation de poids augmentera également les forces dynamiques sur le sac en filet causées par les vagues.[28]

II.5.4 Sacs en filet (La poche)

II.5.4.1 Définition

Une partie spécifique de la structure d'une cage flottante utilisée dans l'élevage aquacole. Il s'agit d'une section ou d'un compartiment de la cage qui est entièrement entouré de filets. Le sac en filets agit comme un espace confiné à l'intérieur de la cage, offrant un environnement de croissance et de confinement pour les poissons ou les organismes aquatiques élevé [29]

II.5.4.2 les fonctions principales des filets

Le filet a deux fonctions principales comme suit :

- Garder le stock de poisson ensemble.
- protéger les stocks contre les influences extérieures néfastes permettant un libre échange d'eau entre l'intérieur et l'extérieur de l'eau.

II.5.4.3 Le maillage du filet

Le maillage du filet dépend de la taille du poisson et pour un meilleur renouvellement de l'eau à travers la cage, il est préférable d'utiliser la maille la plus grande possible.

Cependant, il faut faire attention à l'encrassement qui conduit à la détérioration du milieu d'élevage en réduisant l'espace libre par lequel l'eau peut s'écouler, donc le contrôle et la maintenance sont nécessaires.[30]

Pour chaque cage, un jeu de filets avec des mailles différentes doit être prévu, par exemple :

4 mm à 12 mm : alevins jusqu'à 20 g

12 mm à 16 mm : de 20 à 150 g

16 mm à 24 mm : 150 g ou plus. [31]

La forme normale du maillage est carrée, des mailles hexagonales sont également utilisées, mais dans une moindre mesure. Les mailles hexagonales sont plus couramment utilisées pour les sacs de chalutage sur les navires de pêche.

II.5.4.3.1 Dimension de la maille (figure II.15)

Des nombres de dimensions sont utilisés pour décrire le maillage. La longueur de la barre est la distance entre deux nœuds tandis que la taille du maillage est la distance entre les nœuds sur un maillage étiré.

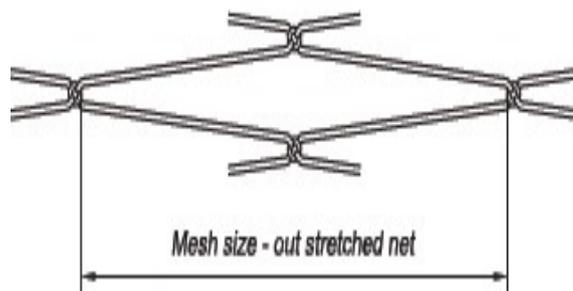


Figure II. 15 : les dimensions d'une maille

Une autre expression qui indique comment le panneau du filet se tient dans la mer est la façon dont le filet est étiré dans les directions x et y. Cela peut être appelé le taux d'accrochage du filet (E). C'est le rapport entre la longueur du panneau de filet tendu (Ly) et la longueur de la ligne où le filet est fixé (ligne du haut) [32] (Lx) :

$$E = Lx/Ly$$

Normalement, le taux pour les sacs en filet est compris entre 0,6 et 0,9, tandis que pour un filet de pêche E est compris entre 0,4 et 0,6 ce qui signifie que les filets de pêche ont des mailles plus étirées. (figure II.16)

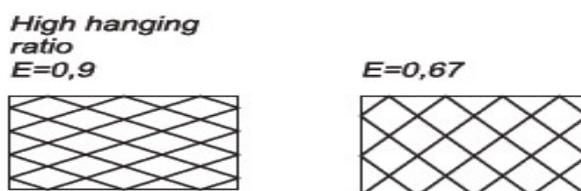


Figure II. 16: les différent taux d'accrochages d'une maille

II.5.4.4 Les types de matériaux de construction des sacs

Les sacs en filet peuvent être construits de différentes manières avec différents matériaux. Dans le passé, des matériaux tels que le coton et le lin étaient utilisés. Ces matériaux deviennent lourds en eau et ils ne sont pas très résistants. Aujourd'hui, les matières plastiques synthétiques, telles que le polyamide (PA ; nylon) prédomine ; Ce matériau est moins cher, solide et pas trop raide pour le travailler. Le PE est également utilisé dans une certaine mesure car il est plus résistant à l'encrassement (la surface est plus lisse) mais il est plus difficile à travailler. Le polyester (PES) a également été testé.

Le nylon utilisé pour les filets est fabriqué sous la forme d'un multi filament composé de plusieurs fils fins filés ensemble pour en faire un plus d'épais, L'avantage est que le fil est facile à plier (facile à travailler, tolère plus de charges et il est plus résistant aux frottements. En revanche, le mono filament est un fil unique utilisé dans une ligne de pêche, Il est peut-

être en PE ; il est plus rigide et plus vulnérable aux frottements qu'un multi filament. Les filets sont soit noués, soit sans nœuds, auquel cas ils sont cousus ensemble [33].

II.5.5 Systèmes d'amarrage

II.5.5.1 le rôle d'un système d'amarrage

La fonction du système d'amarrage est de maintenir la ferme dans une position fixe et d'éviter le transfert d'efforts excessifs aux cages, en particulier les efforts verticaux dans toutes les conditions météorologiques. Différentes méthodes sont utilisées pour l'amarrage selon le type de cage, l'exposition des sites aux intempéries et l'exigence d'exactitude de la position. [34]

II.5.5.2 les types systèmes d'amarrages

Deux grands systèmes sont utilisés pour l'amarrage :

II.5.5.2 .1 Le système d'amarrage mou

Les systèmes d'amarrage mou sont bien adaptés pour des constructions rigides telles que des navires. Peu de systèmes d'élevage en cage sont rigides et c'est pourquoi les systèmes d'amarrage précontraints sont le plus souvent utilisés mais l'amarrage mou a également été essayé.

II.5.5.2 .2 Le système d'amarrage précontraint

Les systèmes précontraints sont bien adaptés pour être utilisés dans des constructions flexibles, et dans des systèmes correctement conçus, les forces seront également réparties sur l'ensemble de la ferme. La précontrainte du système d'amarrage est réalisée à marée haute et les efforts peuvent atteindre plusieurs dizaines de kilo newtons.

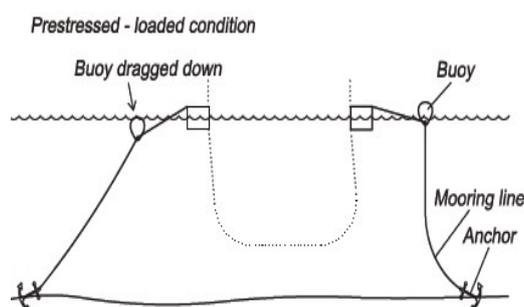


Figure II. 17: Les systèmes d'amarrage (précontraint et mou)

II.5.5.3 Lignes d'amarrage

Différents matériaux et conceptions peuvent être utilisés pour les lignes d'amarrage qui sont souvent en corde synthétique. Lors du choix de la corde, la résistance à la rupture est le facteur le plus important mais le prix et la durée sont également des déterminants majeurs. L'élasticité, donnée par le module E, doit également être pris en compte. Différents matériaux sont utilisés pour les cordes synthétiques, telles que PA (nylon), PE, PES et PP, qui ont toutes des avantages et des inconvénients. PA tolère les forces les plus élevées avec un diamètre donné, tandis que les cordes PP ont le poids le plus faible. [34.35]

II.5.5.4 Bouées**II .5.5.4.1 Définition**

Les bouées des cages flottantes sont des dispositifs utilisés pour maintenir les cages en surface et assurer leur flottabilité. Elles sont généralement placées le long des lignes d'amarrage pour soutenir le poids du système d'amarrage et éviter que les forces verticales ne soient transférées à la cage elle-même.

Les bouées sont essentielles pour maintenir les lignes d'amarrage et éviter les forces verticales sur le collier. Elles supportent le poids du système d'amarrage à une distance de 15 à 20 mètres du collier, évitant ainsi de le transférer à la cage. Lorsque la cage est chargée, la bouée descend et devient moins visible à la surface, mais remonte et flotte à nouveau lorsque la charge est retirée. Les bouées typiques ont une capacité de 200 à 700 litres et peuvent être remplies d'air ou de mousse. Les bouées remplies de mousse en polyuréthane expansé (PU) sont fortement recommandées pour éviter une perte de flottabilité en cas de perforation.

II .5.5.4.2 les types des bouées

Les bouées utilisées dans les cages flottantes peuvent présenter différentes formes, telles que rondes, cylindriques et polygonales. Voici une description détaillée de ces types de bouées :

II .5.5.4.2.1 Bouées rondes

Les bouées rondes sont des bouées de forme circulaire. Elles offrent une flottabilité équilibrée et sont généralement faciles à installer et à maintenir. Leur forme symétrique permet une répartition uniforme de la charge et une stabilité accrue. Elles sont couramment utilisées dans les systèmes d'amarrage de cages flottantes.

II .5.5.4.2.2 Bouées cylindriques

Les bouées cylindriques sont de forme allongée et ressemblent à des tubes. Elles offrent une flottabilité linéaire et sont souvent utilisées pour soutenir de longues sections de lignes d'amarrage ou de structures flottantes. Leur forme permet une bonne résistance à la compression et elles sont bien adaptées pour supporter des charges verticales importantes.

II.5.5.4.2.3 Bouées polygonales

Les bouées polygonales sont des bouées ayant une forme géométrique avec des côtés plats ou angulaires. Elles peuvent avoir différentes formes polygonales, telles que hexagonales, octogonales, ou autres. Ces bouées offrent une stabilité accrue grâce à leurs côtés plats qui permettent une meilleure répartition de la charge. Elles sont souvent utilisées dans les systèmes d'amarrage nécessitant une résistance supérieure aux forces latérales.

Il convient de noter que ces types de bouées peuvent être utilisés de manière combinée dans les systèmes d'amarrage, en fonction des besoins spécifiques et des conditions environnementales. Le choix du type de bouée dépendra des exigences de flottabilité, de stabilité et de résistance aux forces exercées sur la cage flottante. [35]

II.5.5.5 Ancrage**II.5.5.5.1 Définition**

L'ancrage fait référence au système utilisé pour maintenir la cage en position et empêcher son déplacement causé par les courants, les vagues ou les forces externes. L'ancrage est essentiel pour assurer la stabilité et la sécurité de la cage flottante dans son environnement aquatique.[36]

II.5.5.5.2 les types d'ancrage

Les différents types d'ancrage utilisés dans les cages flottantes sont :

II.5.5.5.2.1 Ancrage par bloc (poids mort)

Ce type d'ancrage utilise un ou plusieurs blocs lourds, tels que des blocs de béton ou des poids, pour maintenir la cage en place. Les blocs sont fixés au fond marin par des lignes d'amarrage. L'ancrage par bloc est souvent utilisé dans des zones où le fond marin est solide et stable, et où les courants et les vagues ne sont pas trop intenses.[35 36]

II.5.5.5.2.2 Ancrage par ancre de reflux

L'ancrage par ancre de reflux, également appelé ancre à flotteur, utilise une ancre sous-marine munie d'un flotteur en surface relié à la cage par des lignes d'amarrage. L'ancre est conçue pour s'enterrer dans le fond marin lorsqu'une force horizontale est exercée sur la cage, tandis que le flotteur en surface maintient la tension des lignes d'amarrage. Cela permet une stabilité accrue de la cage, même dans des conditions de courants forts.

II.5.5.5.2.3 Ancrage par pieu

L'ancrage par pieu consiste à enfoncer des pieux verticaux dans le fond marin et à fixer les lignes d'amarrage à ces pieux. Les pieux peuvent être en bois, en acier ou en béton, et ils fournissent une ancre solide pour maintenir la cage en position. Ce type d'ancrage est couramment utilisé dans les zones où le fond marin est meuble ou sableux.

II.5.5.5.2.4 Ancrage par boulon

L'ancrage par boulon utilise des boulons d'ancrage fixés dans des structures fixes telles que des plates-formes, des quais ou des bouées d'amarrage. Les boulons sont fixés à la cage par des lignes d'amarrage. Ce type d'ancrage est souvent utilisé dans des zones où des structures existantes sont disponibles et peuvent être utilisées pour l'amarrage des cages flottantes.

Il est important de choisir le type d'ancrage approprié en fonction des conditions locales, de la profondeur de l'eau, des caractéristiques du fond marin, des courants et des spécificités de la cage flottante. La conception et l'installation de l'ancrage doivent être réalisées avec soin pour assurer la stabilité, la sécurité et la résistance de la cage dans son environnement aquatique.[36]

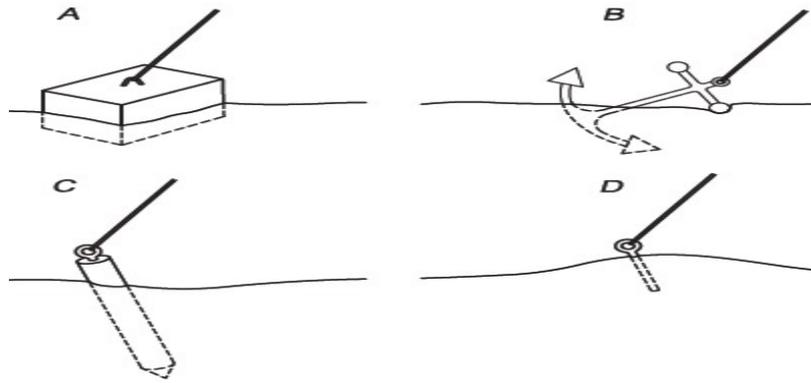


Figure II. 18: Différentes ancrages sont utilisées pour l'amarrage des cages à la mer : bloc (poids mort) (A), ancre de reflux (B), pieu (C), boulon (D).

II.6 Les avantages et les inconvénients

II.6.1 Avantages des cages flottantes

- Évolutivité : Les cages flottantes permettent une expansion facile de l'exploitation aquacole en ajoutant ou en retirant des cages selon les besoins.
- . Mobilité : Les cages flottantes peuvent être déplacées vers des zones offrant des conditions environnementales plus favorables, telles que des eaux plus propres ou des températures plus adaptées.
- Contrôle environnemental : Les cages flottantes permettent un meilleur contrôle des conditions environnementales, notamment en termes de flux d'eau, d'alimentation et de qualité de l'eau.
- Surveillance facilitée : En étant en surface, les cages flottantes sont plus accessibles pour la surveillance, l'alimentation et les soins aux poissons ou aux animaux aquatiques.
- Coûts réduits : Comparées à d'autres systèmes d'élevage aquacole, les cages flottantes peuvent nécessiter des investissements initiaux moins importants et des coûts d'exploitation moins élevés.[37]

II.6.2 Inconvénients des cages flottantes

- Sensibilité aux conditions environnementales : Les cages flottantes peuvent être plus sensibles aux conditions marines, telles que les tempêtes, les vagues et les courants, ce qui peut affecter la stabilité et la sécurité des cages.
- Risques de pollution : Les déchets et les excréments provenant des poissons élevés dans les cages flottantes peuvent entraîner des problèmes de pollution de l'eau environnante.
- Risques de maladies et de parasites : La proximité des poissons élevés dans les cages flottantes peut augmenter les risques de propagation de maladies et de parasites.
- Limitations de densité : Les cages flottantes ont généralement une capacité limitée en termes de densité de population, ce qui peut limiter la quantité de poissons ou d'animaux aquatiques pouvant être élevés dans une cage donnée.

- Besoin d'entretien régulier : Les cages flottantes nécessitent un entretien régulier pour maintenir leur stabilité, réparer les dommages éventuels et assurer le bon fonctionnement des systèmes d'amarrage.[37]

II.7 Les défis structurels des cages flottantes dans l'élevage aquacole

II.7.1. Déchirures du filet

Les cages flottantes sont généralement constituées d'un filet en nylon ou en polyéthylène qui peut être sujet à des déchirures. Les déchirures peuvent être causées par des interactions avec des prédateurs marins, des impacts de vagues ou des conditions météorologiques défavorables. Les déchirures du filet peuvent entraîner des fuites de poissons, une diminution de la capacité de confinement et une augmentation des risques de prédation.

II.7.2 Usure et détérioration

En raison de l'exposition continue aux éléments marins tels que l'eau salée, les rayons UV du soleil et les mouvements constants, les cages flottantes peuvent subir une usure et une détérioration au fil du temps. Cela peut entraîner une diminution de la résistance structurelle de la cage, des problèmes d'étanchéité et des risques accrus de défaillance de la structure.

II.7.3 Accumulation de biofouling

Le biofouling, qui fait référence à la croissance d'organismes tels que les algues, les coquillages et les bactéries sur la surface de la cage, peut entraîner une augmentation de la résistance hydrodynamique, une diminution de l'efficacité des systèmes de circulation d'eau et une augmentation de la charge sur la structure. Cela peut entraîner une surcharge de la cage et une détérioration accélérée de la structure. [38]

II.7.4 Problèmes liés aux systèmes d'amarrage

Les cages flottantes sont amarrées à des points d'ancrage par des lignes d'amarrage ou des câbles. Les systèmes d'amarrage peuvent être sujets à des problèmes tels que des ruptures de lignes, des défaillances des amarres ou des défauts des dispositifs de fixation. Ces problèmes peuvent entraîner une instabilité de la cage et une perte de position, ce qui peut être préjudiciable à la sécurité des poissons et à l'intégrité de la cage.

II.7.5. Problèmes de maintenance et de réparation

Les cages flottantes nécessitent une maintenance régulière pour prévenir les problèmes structurels et pour assurer leur bon fonctionnement. Cela comprend le remplacement des filets endommagés, la réparation des déchirures, le nettoyage du biofouling et la vérification des systèmes d'amarrage. Les opérations de maintenance peuvent être coûteuses et nécessiter une main-d'œuvre qualifiée

II.8 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons exposé les cages flottantes dans l'élevage aquacole en examinant divers aspects tels que la définition et les types d'aquaculture, les structures des cages flottantes et leurs composants, la dimension de la maille du filet, les systèmes d'amarrage et leurs types, les avantages et les inconvénients des cages flottantes, ainsi que les défis structurels spécifiques auxquels elles sont confrontées dans l'élevage de poissons. Les cages

flottantes offrent des avantages tels que la flexibilité, la surveillance facilitée et les coûts réduits, mais elles nécessitent une maintenance et une gestion appropriées pour surmonter les problèmes structurels tels que les déchirures de filet. Il est essentiel d'adopter des pratiques responsables et respectueuses de l'environnement pour assurer une aquaculture durable et efficace

Chapitre III :
Simulation et prototype de système

III.1 Introduction

Les ressources de la pêche marine et de la pêche intérieure diminuent chaque année, ce qui pose un défi croissant pour répondre à l'augmentation de la demande de produits marins. Afin de pallier cette situation, il est nécessaire d'augmenter la production d'aquaculture. Cependant, la culture en cage en filet, qui présente de nombreux avantages en termes d'économie de ressources en terre et en eau, est confrontée à des défis majeurs liés aux conditions climatiques et aux risques de pertes dus aux typhons, à la pollution marine et à d'autres facteurs.

De plus, les cages en filet peuvent facilement devenir la cible de voleurs en raison de la valeur monétaire élevée des poissons qu'elles renferment. Les voleurs peuvent profiter des nuits obscures pour voler les poissons et endommager les filets. Pour minimiser ces risques, il est essentiel de placer les cages dans des zones où l'accès peut être contrôlé et où les risques de vol sont réduits. Les entreprises ont donc de plus en plus recours à des techniques de sécurité électroniques pour renforcer la protection de leurs installations aquacoles. Cependant, les pêcheurs font également face à d'autres problèmes tels que les dommages causés par les tempêtes, le vol et le vandalisme.

Dans le but de résoudre l'un de ces problèmes, une solution est proposée : l'utilisation d'un circuit de détection des défauts intégré dans les cages, alimenté par des panneaux photovoltaïques. Ce système envoie des informations en temps réel à l'appareil mobile du responsable, lui permettant ainsi de surveiller l'état des cages et de détecter rapidement tout problème ou défaut. Cette nouvelle technologie de cage en filet présente l'avantage de réduire considérablement les pertes de poissons, en permettant une intervention rapide en cas de situation critique.

III.2 présentation du prototype et de son objectif

III.2.1 Conception du système

L'architecte de ce système proposé pour la détection des pannes des cages d'élevage de poissons comprend trois parties principales :

III.2.1.1 Circuit de détection

Le circuit de détection joue un rôle essentiel dans la surveillance des dommages causés à la cage en filet. L'approche adoptée consiste à intégrer des fils métalliques dans la ficelle traditionnelle utilisée dans la structure de la cage. Lorsqu'un dommage se produit, ce circuit de détection détecte le problème et envoie un signal pour activer un indicateur approprié, tel que des LED lumineuses.

Cette activation permet d'alerter immédiatement les opérateurs de l'emplacement précis de la zone endommagée.

Cette méthode de détection des dommages offre plusieurs avantages. Tout d'abord, elle permet une surveillance continue de l'intégrité de la cage en filet, permettant une intervention rapide en cas de problème. De plus, l'intégration de fils métalliques renforce la résistance de la ficelle traditionnelle, réduisant ainsi les risques de déchirure ou de rupture.

Lorsqu'un dommage est détecté, les indicateurs tels que les LED offrent une signalisation visuelle claire, facilitant la localisation précise de la zone endommagée. Cela permet aux opérateurs d'agir rapidement pour réparer ou remplacer la section endommagée, minimisant ainsi les risques d'évasion des poissons ou d'autres problèmes associés

III.2.1.2 Source d'énergie renouvelable

Cette partie du système fournit l'énergie nécessaire pour alimenter l'ensemble du système de détection et de transmission. Étant donné qu'il est mentionné comme une source d'énergie renouvelable, il est probable que cette source soit alimentée par des ressources durables telles que l'énergie solaire, éolienne ou hydroélectrique. Cette approche permet d'assurer une alimentation continue du système sans dépendre de sources d'énergie conventionnelles et réduit ainsi l'impact environnemental.

III.2.1.3 Réseau de transmission à distance

Le système de transmission des informations joue un rôle essentiel dans la gestion des données émises par le circuit de détection. Sa fonction consiste à transmettre sans fil les informations relatives aux dommages détectés dans la cage en filet vers le gestionnaire du système. Cette transmission se fait sur une certaine distance, permettant au gestionnaire d'être informé en temps réel de l'état de la cage.

Dans l'ensemble, cet architecte de système (figure II.1) propose une approche complète pour la détection des dommages dans les cages d'élevage de poissons en utilisant un circuit de détection, une source d'énergie renouvelable et un réseau de transmission à distance . Cela permet une surveillance plus efficace et une réponse rapide aux dommages, ce qui peut contribuer à améliorer la durabilité et l'efficacité de l'élevage en cage.

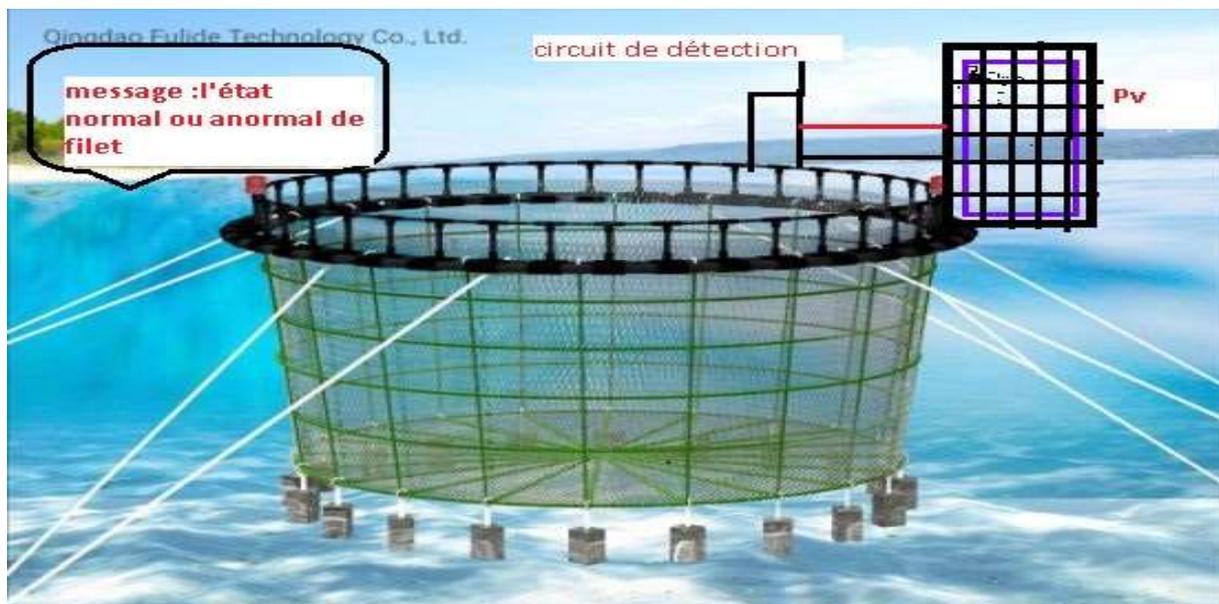


Figure III. 1: L'architecteur de système

III.3 Conception de circuit

III.3.1 Alimentation

Le système bénéficie d'une alimentation autonome grâce à l'utilisation d'un panneau solaire et d'une batterie 12V DC. Cette configuration permet d'utiliser l'énergie solaire pour charger la batterie, assurant ainsi une alimentation continue et durable.

III.3.2 circuit de détection du système

Le système (figure II.2) comprend un réseau de cages grillagées équipées de LED dans chaque section. En temps normal, les LED restent éteintes lorsque la cage est en bon état. Cependant, dès qu'une partie de la cage est endommagée, la LED correspondante de cette section s'allume. Cette fonctionnalité permet une détection visuelle des zones endommagées de la cage, même en cas d'obscurité.

L'utilisation des LED dans chaque section de la cage présente plusieurs avantages. Tout d'abord, cela permet une détection rapide et facile des dommages. Lorsqu'une section de la cage est endommagée, la LED correspondante s'allume, alertant ainsi les opérateurs sur l'emplacement précis de la détérioration

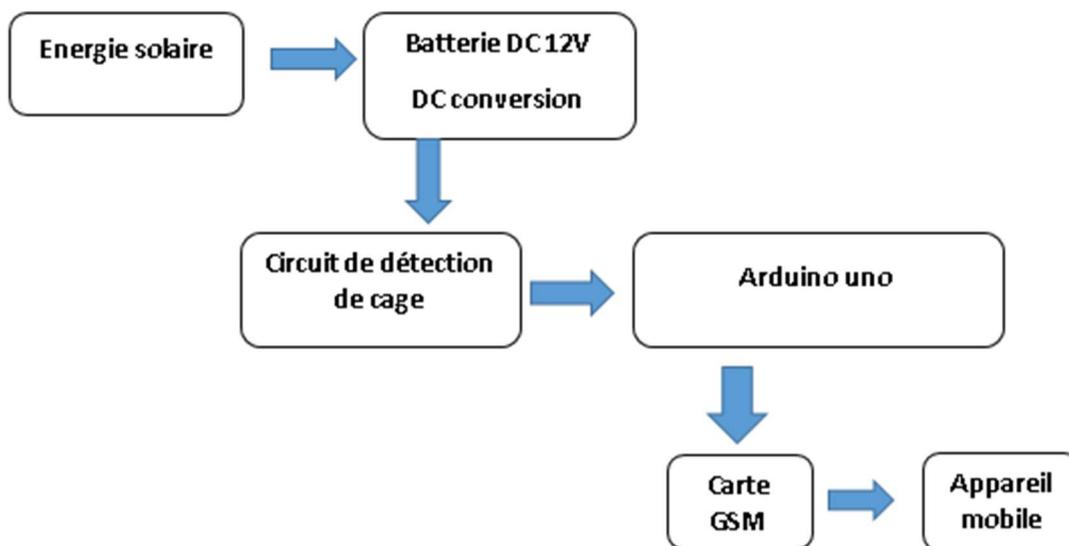


Figure III. 2: schéma de principe de système de surveillance

III.4 Les objectives de partie pratique

- Protection des ressources en eau : Les cages flottantes permettent de contenir les poissons dans des zones spécifiques, réduisant ainsi l'impact sur les ressources naturelles et préservant l'écosystème aquatique environnant.

- Augmentation de la production aquacole : Les cages flottantes offrent un espace supplémentaire pour l'élevage des poissons, ce qui permet d'augmenter la capacité de production et de répondre à la demande croissante en produits aquacoles.
- Facilitation des maintenances des cages endommagées : Les cages flottantes sont conçues pour faciliter les opérations de maintenance et de réparation. Les systèmes de détection intégrés permettent de repérer rapidement les zones endommagées, ce qui facilite les interventions ciblées et minimise les perturbations pour les poissons.
- Simplification du travail d'inspection et d'entretien : Grâce aux technologies de surveillance et de détection, les cages flottantes permettent une inspection régulière et un entretien efficace. Cela réduit la nécessité de vérifications manuelles fréquentes, ce qui permet de gagner du temps et de réduire les coûts de main-d'œuvre.
- Réduction des pertes de poissons : Les cages flottantes offrent un environnement contrôlé pour l'élevage des poissons, réduisant ainsi les risques de pertes causées par des prédateurs ou des maladies. Les systèmes de détection permettent également une réponse rapide en cas de problème, minimisant les pertes potentielles.
- Surveillance à distance : Les cages flottantes peuvent être surveillées à distance grâce à des systèmes de communication et de surveillance. Cela permet aux exploitants de suivre en temps réel l'état des cages, les conditions environnementales et les paramètres de production, améliorant ainsi la gestion globale de l'aquaculture.
- Économie d'énergie et réduction des coûts de maintenance : Les systèmes de détection et de surveillance des cages flottantes sont conçus pour optimiser l'utilisation de l'énergie. De plus, les technologies avancées permettent de détecter précisément les problèmes, ce qui réduit les coûts de maintenance et évite les interventions inutiles.
- Réduction des pertes économiques : En minimisant les pertes de poissons, en améliorant la gestion de l'aquaculture et en optimisant les opérations, les cages flottantes contribuent à réduire les pertes économiques pour les exploitants.
- Élimination des vérifications quotidiennes par les plongeurs : Les systèmes de détection des cages flottantes permettent d'identifier les zones de panne sans la nécessité de vérifications manuelles fréquentes par les plongeurs. Cela réduit les risques pour les plongeurs et optimise l'utilisation des ressources humaine.

III.5 Partie simulation

L'utilisation de la simulation est un outil essentiel dans le domaine de l'électronique et de la conception de systèmes embarqués. Dans le cadre de ce mémoire de fin d'étude, nous nous intéressons à la simulation sous ISIS Proteus en conjonction avec Arduino.

L'utilisation d'une plateforme de simulation telle qu'ISIS Proteus offre de nombreux avantages dans le processus de développement de ces systèmes. Elle permet aux concepteurs et aux ingénieurs de tester et de valider leurs conceptions avant de les mettre en œuvre dans des prototypes réels.

Cela permet de réduire les coûts de développement, d'optimiser les performances et de minimiser les risques d'erreurs coûteuses.

L'intégration d'Arduino dans la simulation sous ISIS Proteus ajoute une dimension supplémentaire à la conception de systèmes embarqués. Arduino est une plateforme de prototypage électronique open-source largement utilisée pour la réalisation de projets électroniques interactifs. En combinant les capacités d'Arduino avec la simulation sous ISIS Proteus, il est possible de créer et de tester des projets complexes comportant des capteurs, des actionneurs et une interface utilisateur.

III.5.1 la simulation sous ISIS Proteus

III.5.1.1 présentation de l'interface ISIS Proteus (figure III.3)

Isis Proteus est un logiciel de développement et de simulation d'application via un environnement graphique simple et interactif (M.lakhdari.F, 2016/2017)

Ce logiciel est un éditeur de schéma qui intègre un simulateur analogique, logique ou mixte. Toutes les opérations se passent dans cet environnement, aussi bien la configuration des différentes sources que le placement des sondes et le tracé des courbes. La simulation permet d'ajuster et de modifier le circuit comme si on manipuler un montage réel. Ceci permet d'accélérer le prototypage et réduire le cout

Il faut toujours prend en considération que les résultats obtenus de la simulation sont un peu différents de celle du monde réelle, et cela dépend des modèles, des composants et de complication de montage (FADI, 2021/2022)

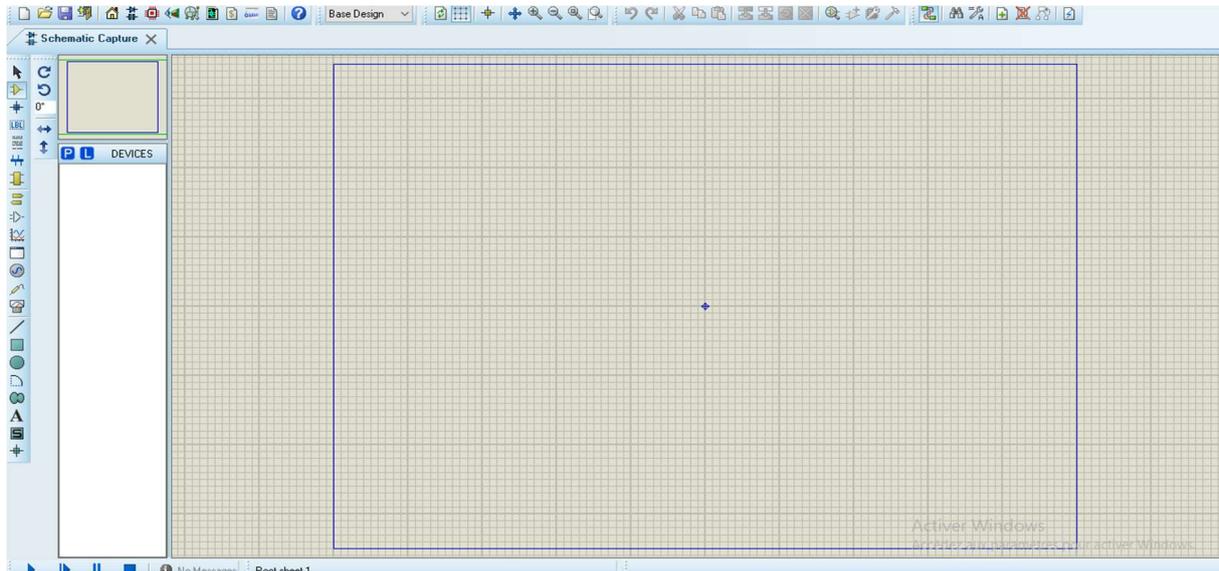


Figure III. 3: interface de logiciel ISIS Proteus

III.5.1.2 simulation de circuit de schéma fonctionnel sous ISIS Proteus

Dans cette simulation on utilise les composants suivant

- Arduino uno
- Alimentation 12V

- Résistances de 1kohm et 2kohm
- Résistances de 220 ohms pour la protection des LED
- Des Led
- Des interrupteurs

III.5.1.2.1 Arduino uno (figure III.4)

La carte Arduino uno est basée sur un ATmega 328 cadencé à 16 MHz. C'est la plus récente et la plus économique carte microcontrôleur d'Arduino. Des connecteurs situés sur les bords extérieurs du circuit imprimé permettent d'enficher une série de modules complémentaires

Elle peut se programmer avec logiciel Arduino. Le contrôleur ATmega 328 contient un bootloader qui permet de modifier le programme sans passer par un programmeur, le logiciel est téléchargeable gratuitement. (Montagné, novembre 2006)

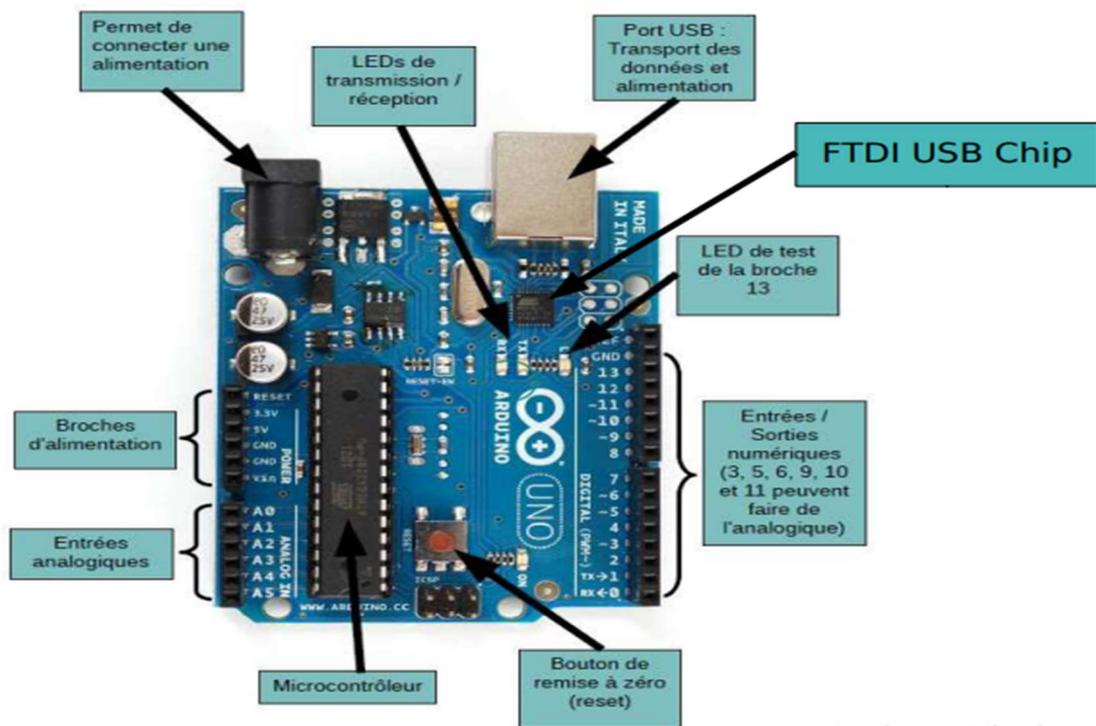


Figure III. 4: la carte électronique Arduino uno

III.5.1.2.2 La résistance

Une résistance (mesurée en ohm) est un composant électronique ou électrique dont la principale caractéristique d'opposer une plus ou moins grande résistance plus ou moins une grande résistance au courant qui circule dans le circuit.

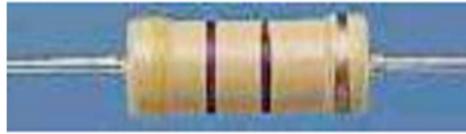


Figure III. 5: Résistance

III.5.1.2.3 Diode électroluminescente DEL

La DEL en français appelée diode électroluminescente est un composant optoélectronique qui émet de la lumière lorsqu'elle est parcourue par un courant électrique dans le sens direct. C'est à dire le courant doit traverser de l'anode ou la tension la plus élevée vers la cathode (KARAMA Abdelbasset, 2015)



Figure III. 6: Led électroluminescente

III.5.1.2.4 Interrupteur

Un interrupteur est un dispositif électrique qui permet de contrôler l'ouverture et la fermeture d'un circuit électrique. Il est conçu pour interrompre ou permettre la circulation du courant électrique dans un circuit, selon sa position (activé ou désactivé). Lorsqu'il est activé, l'interrupteur établit une connexion électrique continue et permet au courant de circuler librement dans le circuit. En revanche, lorsque l'interrupteur est désactivé, il interrompt le flux du courant, empêchant ainsi la circulation électrique.

Le rôle principal de l'interrupteur dans un circuit est de contrôler l'alimentation électrique d'un appareil ou d'un système. En le manipulant, on peut allumer ou éteindre un appareil, une lampe, un moteur ou tout autre dispositif électrique connecté au circuit. L'interrupteur offre donc un moyen pratique et sécurisé de contrôler l'alimentation électrique, permettant ainsi d'économiser de l'énergie et de prévenir les accidents électriques



Figure III. 7: interrupteur

III.6 Le schéma de câblage

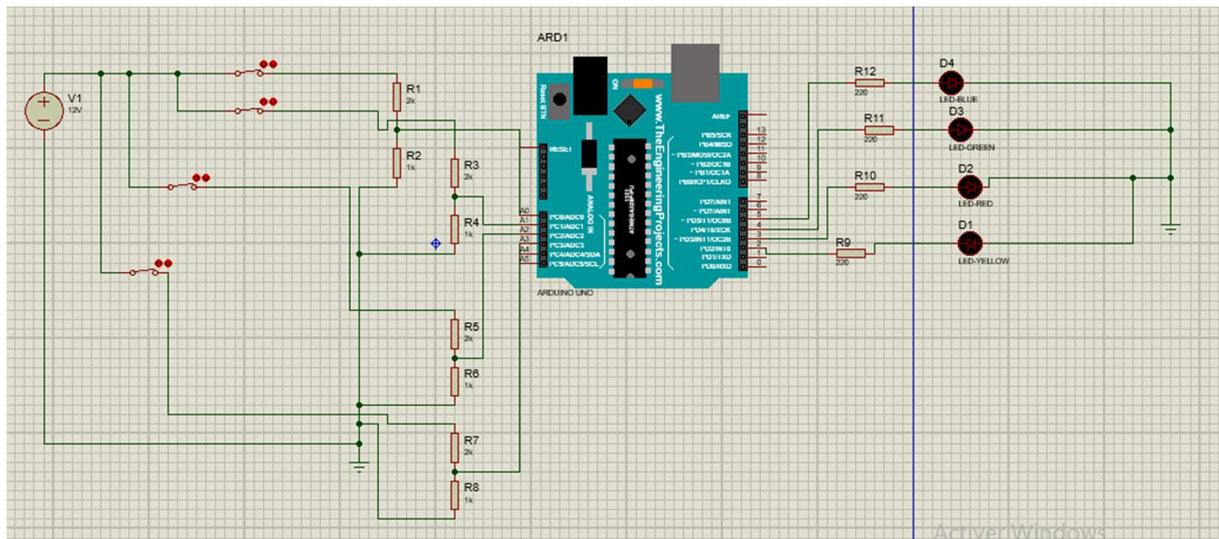


Figure III. 8:schéma de câblage sous Isis Proteus

III.6.1 Explication du schéma de câblage

Le but de la simulation est de comprendre les dommages potentiels dans les sections des cages flottantes. Les cages flottantes sont constituées de filets incorporés par des fils métalliques multibrins. Pour éviter une propagation des dommages à travers toute la cage, celle-ci est divisée en plusieurs sections distinctes. Des isolateurs sont placés entre ces sections pour éviter le court-circuit (dans le cas de réalisation).

Cependant, le système d'alimentation des cages flottantes est alimenté par une seule source d'alimentation. Lorsqu'une section est endommagée, cela signifie qu'il y a une coupure de courant dans cette section spécifique. Pour détecter ces coupures de courant, l'idée proposée consiste à remplacer la coupure par un interrupteur connecté à une entrée de l'Arduino.

Lorsqu'il y a une coupure de courant dans une section, l'interrupteur associé à cette section spécifique sera ouvert. Cela enverra un signal à l'Arduino pour indiquer la coupure de courant. En réponse, l'Arduino activera des LED connectées à ses sorties pour signaler la coupure de courant dans cette section particulière.

L'objectif de la simulation est de détecter les dommages dans les sections des cages flottantes en utilisant des interrupteurs et des LED connectés à un Arduino. Lorsqu'une coupure de courant se produit dans une section, l'Arduino reçoit le signal de l'interrupteur correspondant et allume la LED associée pour indiquer la coupure de courant dans cette section spécifique.

Dans ce qui suit nous exposerons ce qu'on utilise pour détecter les coupures :

III.6.1.1 Diviseur de tension

Est un montage électronique simple qui permet de diminuer une tension d'entrée, constitué par exemple de deux résistances en série. Il est couramment utilisé pour créer une tension de référence ou comme un atténuateur de signal à basse fréquence

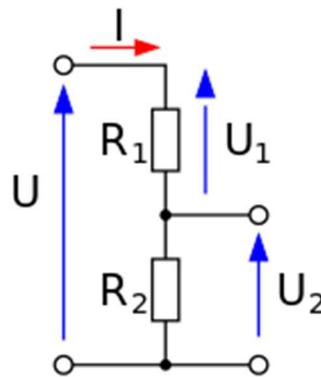


Figure III. 9: schéma de diviseur de tension

Le rôle de diviseur de tension dans le schéma de câblage est de diminuer la tension d'alimentation à une tension qui peut supporter par l'arduino

L'alimentation maximum supportée par arduino est 5 V comme indiqué dans la figure qui représente la carte électronique d'arduino uno, alors en met de résistance en série $R_1=2\text{Kohm}$ et $R_2 = 1\text{Kohm}$

On calcule
$$U_2 = \frac{1000}{1000+2000} * 12 = 4\text{V}$$

La tension d'entrée de l'Arduino, représentée par U_2 , est de 4V, ce qui est inférieur à la tension maximale de 5V généralement utilisée comme référence pour les signaux logiques dans un circuit Arduino.

Lorsqu'une coupure de courant se produit dans une section spécifique des cages flottantes, l'interrupteur est ouvert, ce qui a pour effet d'interrompre le flux de courant vers l'Arduino.

Lorsque l'interrupteur associé à une section est ouvert, la tension d'entrée de l'Arduino, U_2 , chute en dessous de 4V. Cela se produit parce que l'interrupteur ouvert crée une interruption dans le circuit, empêchant le courant de circuler jusqu'à l'Arduino.

Une fois que la tension d'entrée de l'Arduino est strictement inférieure à 4V, cela indique que l'interrupteur de la section correspondante est ouvert, ce qui signifie qu'il y a une coupure de courant dans cette section spécifique des cages flottantes.

Dans ce cas, l'Arduino est programmé pour détecter cette baisse de tension et transmettre un signal en conséquence. Ce signal est utilisé pour allumer la LED appropriée, celle qui est connectée à la section des cages flottantes où la coupure de courant s'est produite. L'allumage de la LED indique visuellement qu'il y a une coupure de courant dans cette section particulière des cages flottante

III.7 le programme de l'arduino

```

sim2
const int pinLED1 = 2; // Broche de commande de la première LED
const int pinLED2 = 3; // Broche de commande de la deuxième LED
const int pinLED3 = 4; // Broche de commande de la troisième LED
const int pinLED4 = 5; // Broche de commande de la quatrième LED

void setup() {
  pinMode(pinLED1, OUTPUT);
  pinMode(pinLED2, OUTPUT);
  pinMode(pinLED3, OUTPUT);
  pinMode(pinLED4, OUTPUT);
}

void loop() {
  float tension1 = analogRead(A0) * (5.0 / 1023.0); // Lire la tension d'entrée 1 sur la broche analogique A0 et la convertir en volts
  float tension2 = analogRead(A1) * (5.0 / 1023.0); // Lire la tension d'entrée 2 sur la broche analogique A1 et la convertir en volts
  float tension3 = analogRead(A2) * (5.0 / 1023.0); // Lire la tension d'entrée 3 sur la broche analogique A2 et la convertir en volts
  float tension4 = analogRead(A3) * (5.0 / 1023.0); // Lire la tension d'entrée 4 sur la broche analogique A3 et la convertir en volts

  if (tension1 < 4.0) {
    digitalWrite(pinLED1, HIGH); // Allumer la LED 1
  } else {
    digitalWrite(pinLED1, LOW); // Éteindre la LED 1
  }

  if (tension2 < 4.0) {
    digitalWrite(pinLED2, HIGH); // Allumer la LED 2
  } else {
    digitalWrite(pinLED2, LOW); // Éteindre la LED 2
  }

  if (tension3 < 4.0) {
    digitalWrite(pinLED3, HIGH); // Allumer la LED 3
  } else {
    digitalWrite(pinLED3, LOW); // Éteindre la LED 3
  }

  if (tension4 < 4.0) {
    digitalWrite(pinLED4, HIGH); // Allumer la LED 4
  } else {
    digitalWrite(pinLED4, LOW); // Éteindre la LED 4
  }
}

```

Figure III. 10: Le code d'arduino

III.7.1 Explication du programme

- Tout d'abord, nous déclarons les broches de commande pour les quatre LED en utilisant les variables pinLED1, pinLED2, pinLED3 et pinLED4.

- Dans la fonction `setup ()`, nous utilisons la commande `pinMode ()` pour définir les broches des LED en tant que sorties. Cela permet de contrôler les LED en les mettant soit à l'état haut (allumées) soit à l'état bas (éteintes).
- La fonction `Loop ()` s'exécute en boucle en continu une fois que la configuration initiale est terminée
- À l'intérieur de la boucle `Loop ()`, nous lisons les tensions d'entrée des quatre broches analogiques A0, A1, A2 et A3 à l'aide de la fonction `analogRead ()`. La fonction `analogRead ()` renvoie une valeur entre 0 et 1023, qui correspond à la tension appliquée à la broche analogique.
- Nous convertissons ensuite les valeurs de lecture en tensions en multipliant par $(5.0 / 1023.0)$. Cela nous donne une tension entre 0V et 5V.
- Pour chaque entrée de tension, nous utilisons une instruction `if` pour vérifier si la tension est inférieure à 4V. Si c'est le cas, cela signifie que la tension est inférieure à la valeur seuil de 4V.
- Si la tension est inférieure à 4V, nous allumons la LED correspondante en utilisant la commande `digitalwrite ()` avec le paramètre `HIGH`. Cela met la broche de commande de la LED à l'état haut, ce qui permet au courant de circuler et d'allumer la LED.
- Si la tension est supérieure ou égale à 4V, nous éteignons la LED correspondante en utilisant la commande `digitalWrite ()` avec le paramètre `LOW`. Cela met la broche de commande de la LED à l'état bas, ce qui arrête le courant et éteint la LED.

Le programme revient ensuite au début de la boucle `Loop ()` et répète les étapes de lecture des tensions et de contrôle des LED en fonction des nouvelles valeurs lues.

III.8 La Simulation

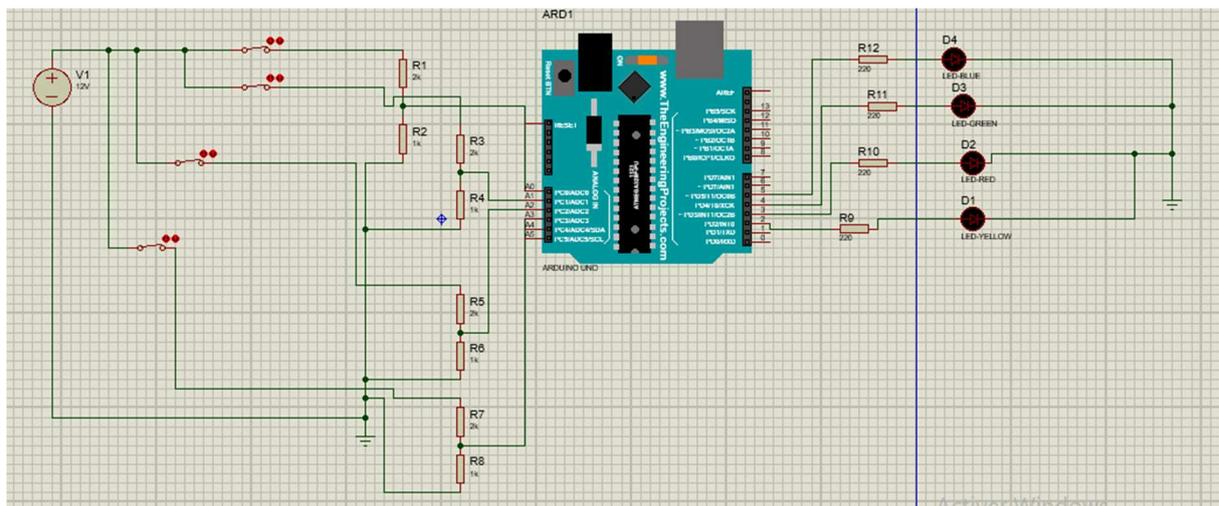


Figure III. 11: simulation de l'état normal des sections

Dans cette figure, les interrupteurs de circuit sont fermés donc le courant est passé et les DEL sont éteintes

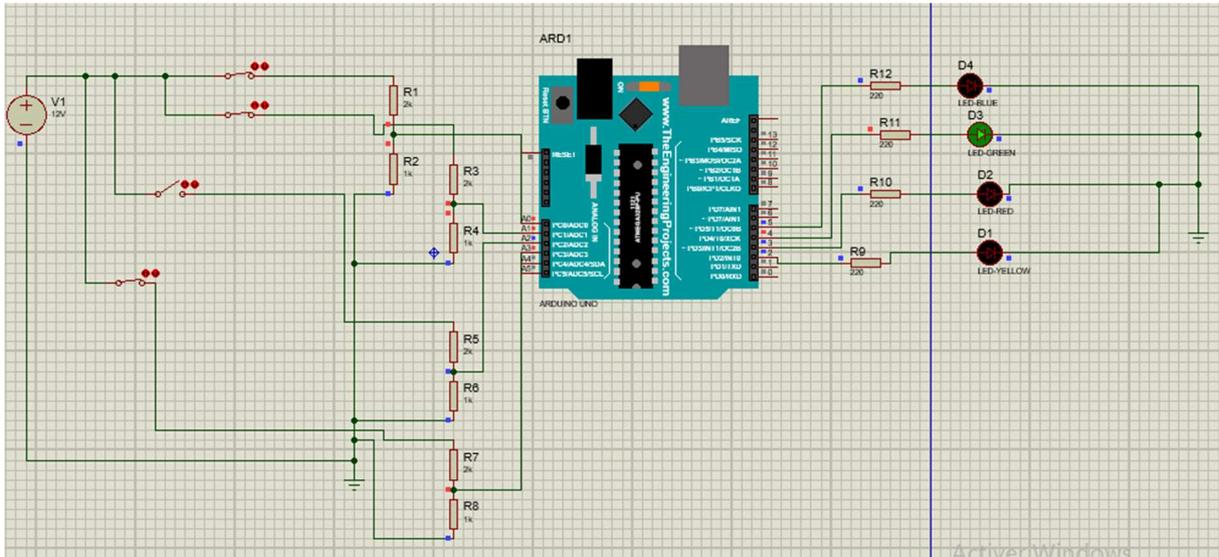


Figure III. 12:détruire la section 3

L'interrupteur qui correspond à led D3 est ouvert donc la led s'allume qui indique qu'il y a une coupure de courant dans cette section

III.9 Réalisation du prototype

Dans la partie réalisation, nous avons réalisé le circuit de détection suivant (figure III.13) selon le matériels disponibles dans le labo :

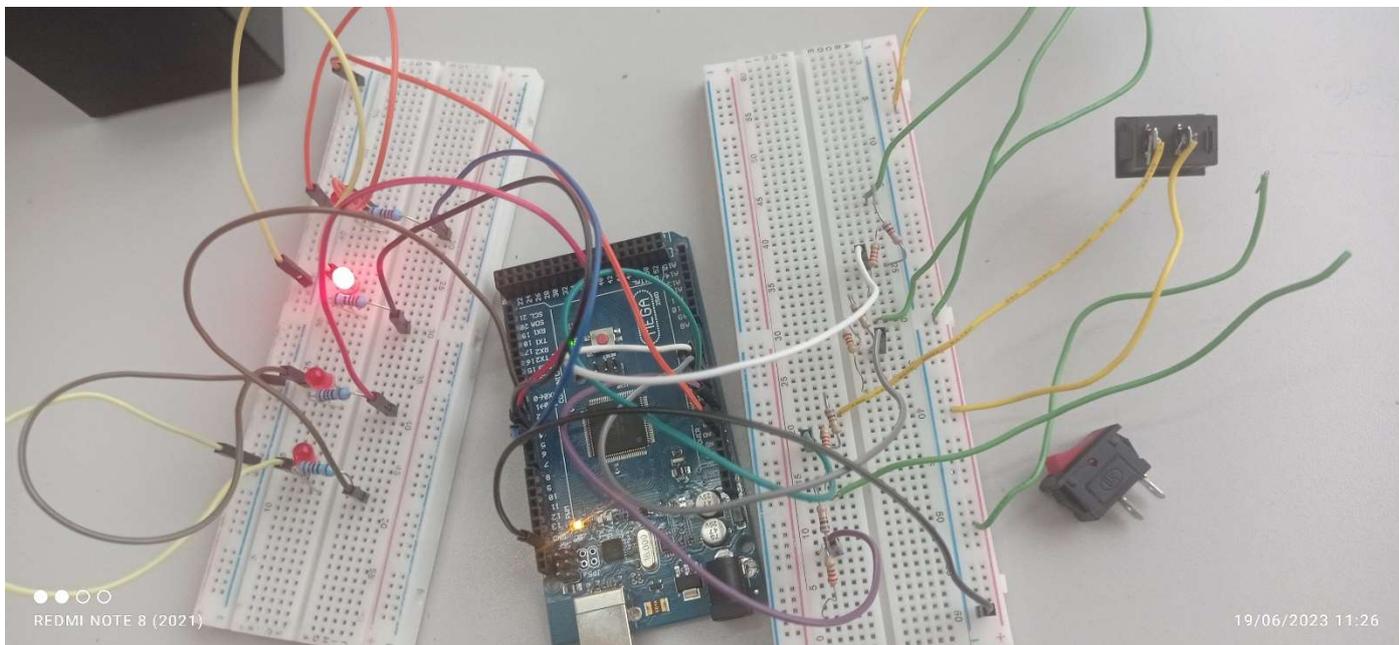


Figure III. 13: la réalisation de circuit

III.9.1 Interprétation

Dans notre réalisation, nous avons conçu un circuit comprenant quatre LED, qui sont connectées aux sorties de l'Arduino. Nous avons également intégré quatre interrupteurs en tant qu'entrées du circuit. Les interrupteurs sont utilisés pour simuler des situations de passage et de coupure de courant.

Lorsque le circuit est alimenté, nous observons que seule la deuxième LED s'allume, tandis que les autres restent éteintes. Cela indique que la deuxième section du filet est endommagée, tandis que les autres sections sont en bon état.

Cela démontre le fonctionnement du système de détection des pannes dans les cages flottantes. Chaque LED est associée à une section spécifique du filet de la cage. Lorsqu'une section est endommagée, le circuit détecte ce dysfonctionnement et allume la LED correspondante, permettant ainsi d'identifier visuellement la zone endommagée.

Cette approche de détection des pannes dans les cages flottantes offre plusieurs avantages. Elle permet une détection rapide et précise des dommages, ce qui facilite la prise de mesures correctives appropriées. Les opérateurs peuvent être rapidement informés de l'état du filet et agir en conséquence pour réparer ou remplacer la section endommagée.

De plus, l'utilisation de LEDs permet une visualisation claire des zones défectueuses, même dans des conditions de faible luminosité ou d'obscurité totale. Cela simplifie le processus d'inspection et d'entretien, réduisant ainsi les risques d'erreurs ou d'omissions.

En intégrant ce système de détection des pannes avec des interrupteurs et des LEDs dans les cages flottantes, il est possible d'améliorer considérablement la surveillance et la maintenance de ces structures. Cela permet de minimiser les pertes économiques causées par les pannes du filet et de garantir un élevage efficace et durable des poissons.

Il convient de noter que cette réalisation est un exemple concret d'application de la technologie de détection des pannes, et peut être adaptée en fonction des besoins spécifiques de chaque projet. L'utilisation de l'énergie solaire pour alimenter le circuit ajoute une dimension écologique en utilisant une source d'énergie renouvelable et durable.

III.10 Etude comparatif entre le système classique et le système proposé

Dans cette partie nous allons exposer une comparaison entre le système proposé et les méthodes existantes

III.10.1 Le système classique

Dans le cadre du système conventionnel, les cages flottantes font l'objet d'inspections visuelles régulières réalisées par des plongeurs. Ces inspections ont pour but d'évaluer l'état global des cages. Les plongeurs scrutent attentivement différents éléments, notamment les flotteurs, les filets, les attaches, les ancrages et les systèmes d'ancrage, afin de repérer d'éventuels dommages, signes d'usure ou défauts potentiels. Cette étape permet d'identifier

tout problème nécessitant des réparations ou des ajustements ultérieurs pour assurer la sécurité et le bon fonctionnement des cages flottantes.

- Pour un système classique la main d'œuvre nécessaire à l'exploitation. Pour une cage de 20m³, il 'était estimer qu'il faut en moyenne 2 heures / par jours pour l'alimentation des poissons, les pesées de contrôle, l'entretien et les vidange des cages [40]
- Coûts élevés : L'emploi régulier de plongeurs pour inspecter les cages flottantes et détecter les fuites de poissons entraîne des coûts considérables. Les frais liés à la rémunération des plongeurs, à leur équipement spécialisé et aux coûts opérationnels peuvent s'accumuler, ce qui peut impacter la rentabilité de l'exploitation aquacole.
- Temps et main-d'œuvre : L'inspection quotidienne des cages flottantes par des plongeurs prend du temps et nécessite une main-d'œuvre dédiée. Cela peut limiter la capacité de l'exploitation à effectuer d'autres tâches essentielles et peut être contraignant en termes de gestion des ressources humaines.
- Risques pour la sécurité des plongeurs : Les inspections sous-marines impliquent des risques pour la sécurité des plongeurs. Ils sont exposés aux dangers potentiels de la plongée, tels que les accidents de décompression, les rencontres avec des prédateurs marins et les conditions météorologiques difficiles. Assurer la sécurité des plongeurs est une préoccupation majeure.
- Limitations de couverture et de précision : Même avec des inspections régulières, il est possible que certaines fuites de poissons ne soient pas détectées immédiatement. Les plongeurs peuvent manquer des zones spécifiques ou des défauts mineurs qui peuvent conduire à des fuites ultérieures. Cela peut entraîner des pertes de poissons et des impacts environnementaux négatifs.
- Planification logistique complexe : La planification des plongées quotidiennes pour inspecter les cages flottantes peut être complexe. Elle implique la coordination des horaires des plongeurs, de la météo, des marées et d'autres facteurs environnementaux. Les retards ou les interruptions dans les plongées peuvent affecter la régularité des inspections

III.10.2 Le système proposé

- Réduction des pertes de poissons : En identifiant rapidement les dommages aux cages, le système permet d'agir immédiatement pour effectuer les réparations nécessaires. Cela réduit les risques de fuites de poissons, ce qui se traduit par une meilleure conservation du stock et une diminution des pertes économiques.
- Optimisation des ressources humaines : Le système automatisé réduit le besoin de plongeurs pour effectuer des inspections manuelles quotidiennes. Cela permet de réaffecter les ressources humaines à d'autres tâches importantes, améliorant ainsi l'efficacité opérationnelle globale de l'exploitation aquacole.
- Surveillance continue : Le système de surveillance en temps réel offre une couverture constante et une surveillance continue des cages flottantes. Cela permet de détecter les problèmes immédiatement, même en dehors des heures de travail ou en cas de conditions météorologiques défavorables, garantissant ainsi une vigilance permanente.

- Réduction des coûts d'entretien : En détectant rapidement les dommages et en effectuant des réparations précoces, le système contribue à réduire les coûts d'entretien à long terme. Les petites réparations peuvent être effectuées avant qu'elles ne se transforment en problèmes majeurs, réduisant ainsi les dépenses liées aux réparations coûteuses et aux interruptions de l'exploitation.
- Prise de décision basée sur des données : Les données collectées par le système de surveillance en temps réel permettent d'obtenir des informations précises sur l'état des cages flottantes. Cela facilite la prise de décision éclairée en matière d'entretien, de planification des réparations et d'optimisation des opérations aquacoles

III.10 Conclusion

Dans cette simulation nous avons tenté de détecter les coupures de courant dans quatre sections différentes. Pour cela, nous avons utilisé la carte Arduino UNO pour contrôler quatre LED de sortie. L'idée était d'éteindre les LED lorsque le courant passait dans les sections et de les allumer en cas de coupure de courant.

Cette simulation nous a permis d'avoir une idée claire de ce que nous devons faire dans la partie de la réalisation pratique. En utilisant la carte Arduino UNO et les LED comme indicateurs, nous pouvons détecter efficacement les coupures de courant dans les différentes sections. Ce dispositif pourrait être utilisé dans divers contextes où la détection des coupures de courant est cruciale.

En conclusion, grâce à cette simulation, nous avons pu tester notre méthode de détection des coupures de courant en utilisant la carte Arduino UNO et les LED. Cela nous a fourni une compréhension claire de la manière dont nous devons procéder dans la réalisation pratique de notre projet de détection des pannes dans les sections des cages flottantes

Conclusion Générale

Conclusion générale

En conclusion, notre mémoire porte sur la détection des pannes dans les cages flottantes à l'aide d'un système de détection alimenté par l'énergie solaire. Nous avons développé un circuit de détection qui permet de détecter les dommages, en particulier la rupture du filet de la cage. Le système utilise des capteurs et des interrupteurs pour détecter les variations dans l'état du filet et activer les indicateurs appropriés.

L'une des principales caractéristiques de notre système est son alimentation en énergie solaire grâce à des panneaux photovoltaïques. Cela permet d'avoir une source d'énergie propre et renouvelable pour alimenter le circuit de détection, réduisant ainsi l'impact environnemental et assurant une alimentation continue du système.

La détection précoce des pannes, notamment la rupture du filet, est essentielle pour prévenir les fuites de poissons, réduire les pertes économiques et garantir un élevage efficace. Notre système de détection offre une solution fiable et précise pour surveiller l'intégrité du filet des cages flottantes, permettant aux exploitants de réagir rapidement aux dommages et de prendre les mesures nécessaires.

L'utilisation de l'énergie solaire dans notre système présente plusieurs avantages, tels que l'autonomie énergétique, la durabilité et la réduction des coûts d'exploitation. En exploitant une source d'énergie renouvelable, nous contribuons à la préservation de l'environnement et à la promotion d'une aquaculture durable.

En conclusion, notre mémoire démontre l'importance d'un système de détection des pannes dans les cages flottantes et met en évidence les avantages de l'utilisation de l'énergie solaire pour alimenter ce système. Notre travail ouvre la voie à de nouvelles perspectives dans le domaine de l'aquaculture, en offrant des solutions innovantes pour améliorer la gestion et la productivité des cages flottantes tout en préservant les ressources marines.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- [1] [A. Ferriere et G. Flamant, 'Captation, Transformation et Conversion de l'Energie Solaire par les Technologies à Concentration', IMP-CNRS, Centre du Four Solaire, [2004]
- [2] F. Harouadi, B. Mahmah, M. Belhamel, S. Chader , A. M'Raoui et C. Etievant,' Les potentialités d'exploitation d'hydrogène solaire en Algérie dans un cadre euro – maghrébin Partie I : Phase d'étude d'opportunité et de faisabilité' , Revue des Energies Renouvelables Vol. 10 N°2 (2007) 181 – 190]
- [3] TOUMI Nihed, KOUDA Iskandar , « ENERGIE SOLAIRE PHOTOVOLTAIQUE ET SYSTEME PHOTOVOLTAIQUE AUTONOME », PROJET FIN D'ETUDE LICENCE, Université Badji Mokhtar -Annaba ,2021.
- [4] Zouaoui Hayet, « Impact des conditions météorologiques sur le rendement d'un panneau solaire PV », MEMOIRE, Faculté des sciences Exactes et Sciences de la Nature et de La Vie ,2020.
- [5] BERREGUI ABDELFETTAH, « Etude technicoéconomique d'une installation photovoltaïque pour application dans la région de Ouargla », UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA, 2020.
- [6] F. Lasnier, T. G. Ang, « Photovoltaic Engineering Handbook », IOP Publishing Ltd. 1980.ISBN 0-85274-311-4.
- [7] J. F.Reynaud, « Recherches d'optimums d'énergies pour charge/décharge d'une batterie à technologie avancée dédiée à des applications photovoltaïques », Thèse de Doctorat de l'Université de Toulouse, 2011.
- [8] S.Bensmail, «Contribution à La Modélisation Et à l'Optimisation Des Systèmes Photovoltaïques», Mémoire de Magister de l'Université de Béjaia, Algérie, 2012.
- [9] F. Benyarou « Conception assistée par ordinateur des systèmes photovoltaïques modélisation, dimensionnement et simulation », Thèse de Doctorat d'état. Université de Tlemcen Juillet 2004.
- [10] : BOUCHAKOUR ABDELHAK, Modélisation et Simulation d'un Système de Pompage Photovoltaïque, thèse de doctorat. Université Djillali Liabes de Sidi-Bel-Abbes. 2018.
- [11]NDIAYE Papa Amadou et KAWTHER Achar , Production d'énergie électrique à partir d'un système Photovoltaïque , MEMOIRE MASTER Académique, Université 8 Mai 1945 – Guelma , 2019
- [12] GUEDAOURIA H., ‘’ Dimensionnement d'un système photovoltaïque pour alimenter le laboratoire LPDS au sien de l'université de Béchar ‘’, Mémoire de Master, Université Tahri Mohammed Bechar, 2017.
- [13] Ricaud A., ‘’ Systèmes photovoltaïques ’’, Mémoire de Master, Ecole d'ingénieurs 'Polytech' Savoie', octobre 201

Références bibliographiques

- [14] V. Boitier, P. Maussion, C. CABAL, “Recherche du maximum de puissance sur les générateurs photovoltaïques”, université de Toulouse, revue 3E.I, N°54, pp 90-96, septembre 2008.
- [15] (Fishes Extention and Training Center of Banyuwangi, 2018).
- [16] (Chalabi., 1991) vous citez cette référence à la fin du chapitre mais ici vous mettez que le numéro.
- [17] (Ewonkem et al. 2012).**
- [18] Barnabé G., 1991. Bases biologiques et écologiques de l'aquaculture. Ed. Tec & Doc-Lavoisier, Paris, p. 290-294. Ewonkem E.T., Eyango T.M., Mikolasek O., 2012. Evaluation environnementale de la pisciculture en zone tropicale. Ed. Universitaires Européennes. 81 p.
- [19]Chalabi.A., 1991. L'aquaculture Algérie (Techniques et Sciences). Revue maghrébine N° 06.
- [20] Contribution à un essai de conception d'une ferme aquacole sur le littoral d'El Ouardania (Wilaya Ain Témouchent) MÉMOIRE Présenté par NADJI Benamer
- [21]Génie aquacole : Structures d'élevage • Cours L3 aquaculture et Pisciculture • Dr. KHERRAZ CHEMLAL Djazia • Laboratoire Réseau de Surveillance Environnementale • Département de Biotechnologie .p49
- [22]A tension leg cage system for offshore aquaculture in the Mediterranean Lisac D. in Muir J. (ed.), Basurco B. (ed.). Mediterranean offshore mariculture Zaragoza : CIHEAM Options Méditerranéennes : Série B. Etudes et Recherches; n. 30 2000 pages 109-113
- [23]: L'aquaculture en cage en Italie–Aperçu général et considérations techniques
F Cardia - Pisciculture en **cage** en Afrique, 2004 - fao.org p142
- [24] Étude sur l'aquaculture en **cage**: la mer Méditerranée
F Cardia, A Lovatelli - Aquaculture en **cage**, 2009 - fao.o
- [25]Guide pratique de l'hygiène .Entreprises piscicoles marines en cages flottantes p60
- [26]CARACTÉRISTIQUES DE LA PISCICULTURE EN CAGES FLOTTANTES SUR DEUX LACS DE BARRAGE DU SUD DU VIÊT NAM Alain BAILLIER centre de Montpellier
- [27]CONTRIBUTION A L'ETUDE TECHNIQUE ET ECONOMIQUE DE L'ELEVAGE EN CAGE FLOTTANTE D'Oreochromis niloticus cas du lac d'Amboromalandy, Commune rurale d'Ankazomborona, Région Boeny
- [28] INVENTAIRE . DES DIFFERENTS TYPES • Ct DE CAGES A POISSONS J. F. VIRMAUX Département Technologie et Développement Industriel P38
- [29] CONSTRUCTION DE CAGES FLOTTANTES EN TUNISIE ET ALGERIE PAR PAUL J. F VINCKE CONSULTANT PISCICULTURE

Références bibliographiques

- [30] ANALYSE TECHNICO-ECONOMIQUE DE PROJETS D'ELEVAGE D'OMBRINE (Sciaenops ocellata) EN CAGES FLOTTANTES A LA MARTINIQUE Soizic HOUEL, Jean Claude FALGUIERE, Philippe PAQUOTTE p98
- [31] INVENTAIRE DES DIFFERENTS TYPES • Ct DE CAGES A POISSONS J. F. VIRMAUX Département Technologie et Développement Industriel P38
- [32]odd-ivar lekang : aquaculture engineering
- [33] Filets de pêche, ... de la maille jusqu'au filet prêt à pêcher !: Un guide ...
De Roland Becker, Evelyne Beckev p 120
- [34]Réf Impact de la pisciculture en cages flottantes sur des sites littoraux sensibles (la lagune de Khniss et les îles Kuriates) à l'aide de l'outil SIG
- [35] Réf Concevoir des structures pour l'élevage des poissons en mer Daniel Priour p 171
- [36] [CAGES FLOTTANTES EN RADE DE BREST, 'C ~ 'DANIOUX. D'epartem~nt T~D.I. Service Etudes et D'veloppement P37
- [37] Mr. SCHELTZ, Conception des installations d'élevage.
J.-M. COOK, G. CRISTIANI, J.-P. LAMARE.1984, L'aquaculture du bar et des sparidés, p396 Odd-Ivar Lekang. Aquaculture Engineering.183-213
- [38] BIOFOULING ET ANTIFOULING BIOLOGIQUE L'agriculture durable Tome 3 Environnement, nutrition et santé (pp.293-312) Publisher: Presses universitaires d'Aix-Marseille
Robert Bunet
- [39] Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture 1945 , Québec Palazzo FAO 1951]