



N° Ref :.....

## Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf-Mila

Institut des Sciences et de la Technologie

Département des Sciences de la Nature et de la Vie

### Mémoire préparé En vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biochimie / biotechnologie / protection des éco-systèmes

### Thème :

*Valorisation des poissons du barrage beni haroun  
pour préparation des compléments alimentaire et  
des produits cosmétique*

Présenté par :

- Boufelika Laid
- Bendjdou nour elhouda
- Bouketa akila
- Chariaa rajaa
- Bechar roumaissa

Devant le jury composé de :

Encadreur : **BOUKERIA.S**

M.C.A Centre Universitaire de Mila.

Sous encadreur : **BOUZEGAG**

M.C.A centre universitaire de Mila

Examinatrice : **BENMEKHLOUF**

M.C.A. Centre Universitaire de Mila.

Présidente : **MERZOUKI**

M.C.B. Centre Universitaire de Mila.

Année Universitaire : 2022/2023

## *Dédicace*

Tout d'abord, je remercie Dieu de m'avoir accordé la capacité  
d'accomplir ce travail.

Tout merci aux parents généreux pour tous les efforts et tout ce  
qu'ils m'ont donné.

Tout merci à mes frères et sœurs, chacun en son nom, mon  
épouse bien-aimée, pour tout le soutien que ma chère fille Jana  
m'a donné à tous les amis, et je mentionne particulièrement les  
deux collègues, Amina et Zina.

## *Laid*





## *Dédicace*



Je remercie Dieu Tout-Puissant tout d'abord pour la grande bénédiction qu'il m'a  
accordée,

Puis je remercie ceux qui sont généreux. Mes parents bien-aimés ne m'empêchent pas  
de tous leurs efforts depuis ma naissance jusqu'à ces moments bénis.



Je remercie également mes frères et sœurs, chacun en son nom, de m'avoir toujours  
soutenu.

À tous ceux qui m'ont conseillé, guidé ou guidé avec moi dans la préparation de cette  
recherche et m'ont mis en relation avec les références et les sources requises à toutes les  
étapes qu'elle a traversées,

et je remercie tout particulièrement les distingués professeurs et superviseurs de  
m'avoir aidé à soutenir et me guider.

*Romaïssa*





## *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail*

*À mes chers parents pour leurs*

*Encouragements et leur patience*

*À mon très cher père*

*À mes chers frères*

*À mes chères sœurs*

*À la mémoire de ma mère*

*À tous ceux que j'aime*

*À tous ceux qui m'ont aidé à réussir*

*Sans oublier les professeurs qui m'ont enseigné durant*

*mon parcours universitaire*

**Akila b**

# Dédicace

*Je dédie ce mémoire*

*À ma très chère mère «LUIZA», qui me donne toujours l'espoir de vivre et  
qui n'a jamais cessé de prier pour moi.*

*À mon très cher père «Tahar», pour ses encouragements, son soutien,  
surtout pour son amour et son sacrifice afin que rien n'entrave le  
déroulement de mes études.*

*Mes dédicaces s'adressent également à mes sœurs «Ibtisem ,nedjoua ,Sana,  
Abir» et mes chers frères «Ayoub et Mohammed»*

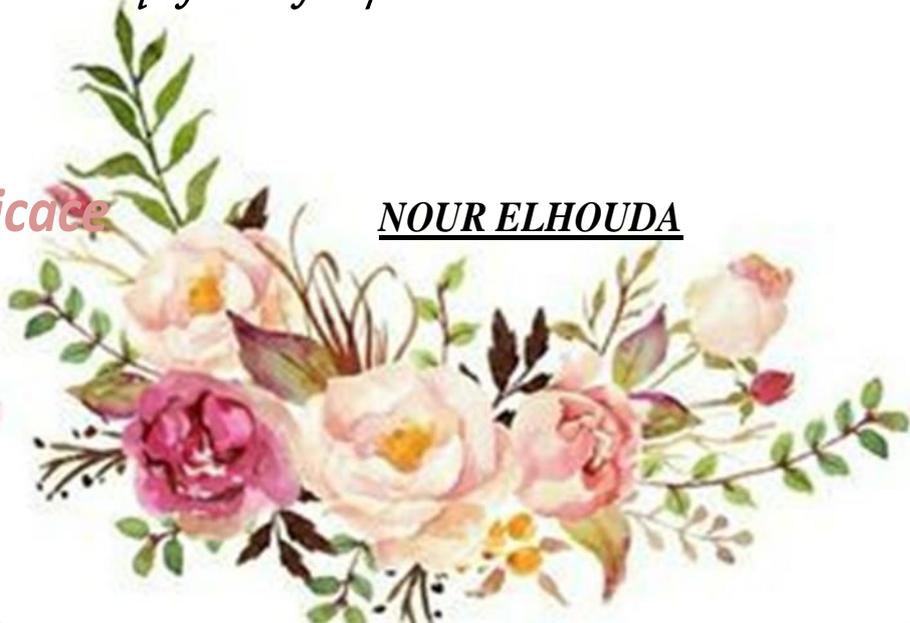
*À mon amie et ma chère sœur, Aya pour m'avoir apporté son soutien*

*À tous mes amis de l'université avec qui j'ai partagé les meilleurs moments de Ma  
vie d'étude.*

*À Tous ceux que j'aime et je respecte*

**Dédicace**

**NOUR ELHOUDA**



# Dédicace

*Je dédie ce travail et cet événement marquant de ma vie à mes parents, qu'ils trouvent ici toute ma gratitude pour leur soutien tout au long de mes études.*

*A la mémoire de ma chère mère qui a béni mon désir d'apprendre et m'a toujours encouragé, avec tout mon amour et ma reconnaissance pour être devenue ce qui je suis.*

*A mon très cher père que j'aime très fort qui m'a tout appris, pour toutes les peines et les sacrifices qu'il s'est donné pour me voir réussir dans la vie.*

*A mes très chers enfants qui ont contribué à ma réussite à qui je leur souhaite beaucoup de bonheur et de réussite dans leur vie sociale et professionnelle.*

*A ma très chère et unique sœur, A mes chers frères et leurs épouses qu'ils trouvent ici le témoignage de ma profonde tendresse.*

*A ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste travail.*

*Et enfin A tous les collègues de la promotion de 2ème année master de Biochimie appliquée.*

*Raja.*

# *Remerciement*

Tout d'abord nous devons remercier Dieu qui nous a donné la santé et la volonté durant la réalisation de ce présent mémoire.

Nous tenons à exprimer nos remerciements avec un grand plaisir et grand respect à notre encadreur Dr BOUKRIA SABAH pour ses conseils, sa patience, sa gentillesse et sa disponibilité tout au long de réalisation de ce mémoire.

Nous tenons à remercier vivement Mr BOUZEGUEG Abdelaziz pour sa contribution considérable dans ce travaille et pour toutes facilités ayant permis la réalisation de cette étude.

Nous exprimons notre gratitude à l'ensemble des membres du jury :

Abdelhafid boussof. Mila qui nous a honoré par sa présence et d'avoir accepté de présider le jury de notre soutenance.

Nous remercions vivement

Madame BEN MEKHELOUF ZOUBIDA

Madam MERZOUKI SORIA

Pour leur gentillesse d'avoir accepté d'examiner ce manuscrit.

Vos remarques et critiques nous serviront surement dans l'enrichissement du fruit de notre travail. Nous tenons à exprimer nos sincère remerciement et notre profond respect à : Mr le directeur pour nous avoir accueillir au sein de leur organisme CNBT et nous avoir permet de réaliser notre travail. Enfin à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail puissent trouver ici toute notre reconnaissance.

## *Résumé*

L'objectif principal de ce travail de recherche est d'établir une étude de valorisation des poissons de barrage de beni Haroun, wilaya de Mila par l'utilisation de leurs huiles extraites par la méthode de pressage humide dans la fabrication des compléments alimentaires et des produits cosmétiques. Durant notre étude nous avons comparé l'huile extraite de la carpe royale avec deux types de huiles le premier est extraite de sardine et le deuxième extraite des graines de lin (par la méthode de pressage à froid). On a effectué également une analyse qualitative et quantitative de nos trois huiles et les résultats nous montrent que : le rendement d'extraction d'huile de sardine est plus important que celui de la carpe (5,05%). Les caractéristiques organoleptiques sont légèrement différentes entre les espèces de poissons. Contrairement à ceux des graines de lin qui reflètent une différence très remarquable. Les valeurs de l'indice d'acide (1,40- 2,62 mg KOH/g), l'indice de saponification (190-199,05 mg KOH/g) et l'indice de peroxyde (1,77- 4,05 milli équivalents d'oxygène actif/Kg) sont inclus dans les normes de Codex Alimentarius, 2017. Le test de toxicité des huiles sur les larves de la farine provoque un taux de mortalité faible et ne dépassant pas 20%. Ce qui explique que nos huiles sont de bonne qualité.

Mots clés : valorisation, poissons, complément alimentaire, extraction, huile.

## *Abstract*

The main objective of this research is to conduct a valuation study on fish from the Beni Haroun dam in the Mila region by utilizing their oils extracted through the wet pressing method for the production of food supplements and cosmetic products. During our study, we compared the oil extracted from royal carp with two other types of oils: sardine oil extracted through the cold pressing method, and flaxseed oil. We performed qualitative and quantitative analyses on these three oils, and the results indicate the following: the yield of sardine oil extraction is higher than that of carp (5.05%). The organoleptic characteristics show slight differences between fish species, whereas flaxseed oil exhibits distinct differences. The acid value (1.40-2.62 mg KOH/g), saponification value (190-199.05 mg KOH/g), and peroxide value (1.77-4.05 milliequivalents of active oxygen/Kg) of the oils fall within the standards of Codex Alimentarius, 2017. The toxicity test conducted on flour larvae revealed a low mortality rate of no more than 20%, indicating the good quality of our oils.

Keywords: valuation, fish, food supplements, extraction, oil.

## Table des matières

<i>Résumé</i> .....	
<b>Abstract</b> .....	
<i>Table des matières</i> .....	
<i>Liste des abréviations</i> .....	
<i>Liste des tableaux</i> .....	
<i>Liste des figures</i> .....	
Introduction générale.....	
<b>Chapitre I: Généralités sur l'élevage des poissons</b>	
1. Définition de l'aquaculture : .....	5
2. Définition de la pisciculture : .....	5
3. Les différents systèmes de lapisciculture .....	6
2.2. Selon les critères socio-économiques : .....	9
2.2.1. Pisciculture d'autoconsommation .....	9
2.2.2 Pisciculture artisanale.....	9
2.2.3. Pisciculture de type filière.....	9
2.2.4. Pisciculture industrielle .....	9
3. Les espèces les plus utilisées en pisciculture : .....	9
4. Critères de choix d'un poisson de pisciculture.....	10
<b>Chapitre II : les espèces étudiées</b>	
1. la Sardine <i>Sardina pilchardus</i> (Walbaum, 1792).....	11
1.1. Morphologie : .....	11
2. Position systématique : .....	12
3. Ecologie de <i>Sardina pilchardus</i> : .....	12
3.1. Régime alimentaire : .....	12
3.2. Répartition géographique .....	13
4. Biologie de la reproduction de la sardine : .....	14
5. Composition chimique et valeur nutritionnelle : .....	16
II. La carpe royale ( <i>Cyprinus carpio</i> ).....	17
1. Morphologie : .....	18
2. Physiologie de reproduction : .....	19
3. Régime alimentaire : .....	19
4. Distribution géographique.....	19
5. Intérêt économique .....	20

III. Espèce végétale .....	21
1 Linum usitatissimum ( le lin) .....	21
1.1. Historique .....	21
1.2. Définition .....	21
1.3. Classification.....	22
1.4. Culture et récolte .....	22
1.5. Composition : .....	22
1.6. Utilisation :.....	23

### **Chapitre III : huiles de poisson et méthodes d'étude et d'obtention**

1. Description : .....	26
2. Caractéristiques et intérêt médical des huiles de poisson : .....	26
3. Phénomènes de dégradations des corps gras : .....	28
1.Oxydation :.....	28
2. Les Facteurs influençant l'oxydation des lipides :.....	29
3. Notions de qualité des huiles alimentaires : .....	30
4. Valorisation de l'huile de poisson :.....	31
5. Méthodes d'extraction de l'huile de poisson : .....	32

### **Chapitre IV : partie expérimentale**

1. Cadre d'étude : .....	36
2. L'objectif de l'étude : .....	36
3. Extraction d'huile de poisson et d'huile de graines de Lin : .....	36
4. Étude des paramètres chimiques : .....	42
5. Étude des paramètres physiques : .....	48

### **Chapitre V : Résultats et discussions**

1. Les rendements d'extraction d'huile : .....	53
2. Les propriétés physicochimiques des huiles obtenues : .....	53
3. Les paramètres physiques des huiles de poisson : .....	56
4. Résultats du test de toxicité :.....	57
<b>Conclusion</b> .....	58

## *Liste des abréviations*

**AGPI:** Acide Gras Poly Insaturés.

**CRBT:** Centre De Recherche En Biotechnologie

**EPA:** Acide Eicosapentaénoïque

**DHA :** Acide Docosahexaénoïque.

**IA:** Indice D'acide

**IS:** Indice De Saponification

**IP:** Indice De Peroxyde

**N:** Normalité

**M:** Mass Molaire.

**PNUE:** Programme des Nations Unies pour l'Environnement.

**SFE:** Extraction par Fluides Supercritiques

**R (%):** Rendement

## *Liste des tableaux*

<b>N</b>	<b>Le titre de tableau</b>	<b>Page</b>
01	Différents niveaux d'intensification des systèmes d'élevage piscicole	08
02	Liste des poissons les plus utilisée sen pisciculture	09
03	Composition et valeur nutritionnelle de la sardine de l'atlantique en conserve dans l'eau, égouttée avec arêtes	17
04	Les principales espèces de cyprinidés faisant l'objet d'élevage et régime alimentaire dominant des adultes.	19
05	Les rendements d'extraction d'huile	57
06	Les Caractéristiques organoleptiques des huiles.	57
07	Paramètres chimiques de l'huile de poisson et de l'huile végétale	58
08	Les résultats de la densité des huiles utilisées dans notre étude	60
09	Les résultats de la masse volumique des trois échantillons d'huiles	60
10	Taux de mortalité des larves de farine après injection de 0,04 g et 0,004g d'huile	61

## *Liste des figures*

N	Le titre de figure	page
01	La pisciculture	05
02	Systèmes extensives	06
03	Systèmes semi-intensives	07
04	Système intensive	08
05	Morphologie externe de <i>Sardina Pilchardus</i>	12
06	Aire de répartition de la Sardine commune ( <i>Sardina Pilchardus</i> )	14
07	Cycle de vie de la Sardine, <i>Sardina Pilchardus</i>	15
08	La carpe royale	19
09	Fleurs , capsulesavec graines de lin	22
10	Diagramme d'utilisation de laine	26
11	Les huiles de poisson	28
12	Schéma de l'extraction de l'huile de poisson (pressage humide)	34
13	Extraction par fluides supercritiques ( CO2 )	36
14	Matériel animal	40
15	Graines de Lin	40
16	Préparation de l'échantillon animal A : le carpe royale, B : la sardine	42
17	Extraction des huiles dePoisson (Sardines et Carpes Royales)par pressage humide	43
18	Extraction de l'huile de graines de Lin par pressage à froid	44
19	Détermination de l'indice d'acide	47
20	Détermination de l'indice de saponification	50
21	Protocole de la cytotoxicité	54
22	Les étapes de réalisation du protocole de cytotoxicité	55

## **Introduction générale**

Le poisson représente un aliment de haute valeur nutritionnelle vue sa richesse exceptionnelle en éléments nutritifs essentiels (protéines, lipides, vitamines liposolubles, éléments minéraux, ...etc.), et sa haute teneur en acide gras polyinsaturés à effets bénéfiques sur la santé humaine. **(Ackman,1989 ; ocl-journal-org,2010).**

L'huile de poisson qui faisait l'objet depuis des décennies de recherches et d'applications intensives en raison de son intérêt en tant que complément alimentaire susceptible d'apporter un bénéfice pour la santé humaine et animale est devenu également un ingrédient précieux dans l'industrie des produits cosmétiques en raison de ses nombreux bienfaits dans le cadre de la beauté **(Lie kenjie et al, 1998)**. La valorisation de l'huile de poisson dans la préparation de compléments alimentaires repose sur sa teneur élevée en acides gras oméga-3, plus particulièrement en acide eicosapentaénoïque (EPA) et acide docosahexaénoïque (DHA) ; essentiels pour la santé cardiovasculaire, le développement du cerveau, la réduction de l'inflammation et le soutien du système immunitaire.

Dans l'industrie cosmétique l'huile de poisson est également utilisée pour ses propriétés nourrissantes et régénérantes pour la peau et les cheveux en maintenant l'hydratation de la peau, en renforçant la barrière cutanée et donc en réduisant l'inflammation, ce qui peut contribuer à une peau plus saine et éclatante. De plus, ces acides gras peuvent favoriser la croissance des cheveux, améliorer leur brillance et réduire les problèmes de cuir chevelu tels que les pellicules.

Il est donc important de choisir des produits provenant de sources durables et soumis à des contrôles de qualité rigoureux pour assurer l'efficacité et la sécurité de cette huile de poissons utilisée.

L'objectif général de ce travail est d'exploiter les poissons du barrage de Baní Haroun par l'extraction et l'utilisation de leurs huiles dans la production des compléments alimentaires et de quelques produits cosmétiques et de proposer un procédé de valorisation des têtes, des arrêtes, et de la chair de carpe et de sardine afin de favoriser leur utilisation en alimentation animale sous forme de poudre.

Dans notre travail la valorisation de l'huile de poisson se fait par le biais de procédé d'extraction classique par pressage humide et de purification pour obtenir une huile de haute qualité, débarrassée des contaminants potentiels.

Cette étude s'articule sur quatre chapitres interdépendants :

-Une première partie qui consiste en une synthèse bibliographique présente une vue générale sur les techniques d'élevage, la biologie de l'espèce *Sardina pilchardus*, *Cyprinus carpio* et *Linum usitatissimum*, les caractéristiques de l'huile de poisson et les différents procédés d'extraction de cette huile à partir des deux espèces.

-Pour la deuxième partie nous avons évoqué la partie expérimentale qui traite le matériel et les différentes méthodes utilisées pour la réalisation de ce travail et regroupe l'ensemble des résultats qui seront par la suite suivis d'une discussion.

En fin une conclusion générale sur l'ensemble de cette étude sera donnée et complétée par d'éventuelles perspectives qui seront dégagées.

### 1. Définition de l'aquaculture :

L'aquaculture est définie comme « l'art d'élever et de conserver des plantes et des animaux aquatiques » (**Barnabe, 1991**). L'aquaculture est la production de poissons, de mollusques, de crustacés et d'algues dans des systèmes intensifs ou extensifs. L'aquaculture fait référence aux différents systèmes de culture de plantes et d'élevage d'animaux dans les eaux continentales, côtières et marines qui permettent l'utilisation et la production d'une grande variété d'espèces végétales et animales. (**Benidiri, 2017**).

Elle s'intéresse à plusieurs catégories de produits, principalement :

La conchyliculture concerne l'élevage des mollusques.

La pisciculture qui est l'élevage des poissons.

L'astaciculture définissant l'élevage de l'écrevisse genre astacia.

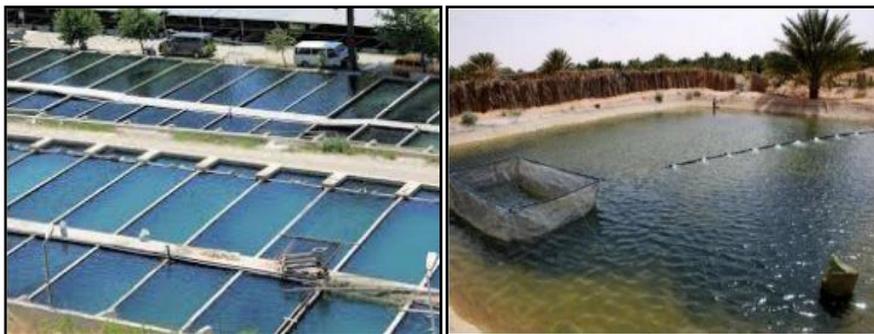
L'algoculture définissant l'élevage des algues.

L'échiniculture concerne l'élevage des oursins.

La carcinoculture concerne l'élevage des crustacés (**Benidiri, 2017**).

### 2. Définition de la pisciculture :

La pisciculture est une branche de l'aquaculture qui précise l'élevage de poissons dans des espaces entièrement ou partiellement clos (bassins, pots en béton ou en plastique, pièges ou cages, etc.) pour protéger les animaux des différents prédateurs, tels que et contrôler Ils (nourrir, soigner, capturer, etc.). (**Benidiri, 2017**)



**Figure1:** la pisciculture

### 3. Les différents systèmes de lapisciculture

#### 1.1. Selon le degré d'intensification :

Le type d'exploitation piscicole dépend principalement de l'investissement, de la production de poisson par unité de surface et de la destination du produit. Ils sont souvent caractérisés par un degré d'intensification, lui-même défini en termes de pratiques alimentaires ; dans les systèmes intensifs, les aliments exogènes représentent souvent plus de 50 % des coûts totaux de production. (Fermon, 2009).

On distingue quatre types de pisciculture

- La pisciculture extensive.
- La pisciculture semi-intensive.
- La pisciculture intensive.
- La pisciculture super-intensive.

##### 1.1.1. La pisciculture extensive

La pisciculture extensive implique quelques intrants supplémentaires peu coûteux, exploitant la productivité naturelle (algues, plancton, etc.) des masses d'eau qui profitent peu ou pas aux poissons productifs. Contrairement à d'autres systèmes (Tab.1), aucune alimentation des poissons n'est nécessaire. Généralement, il est installé dans un bassin ou un moyen ou grand plan d'eau sous forme de ferme. Les travaux requis pour surveiller et gérer l'eau dans un petit étang de moins de 10 acres ne sont pas très différents des travaux requis pour surveiller et gérer la qualité de l'eau dans un barrage d'un hectare. Cette méthode de pisciculture utilise peu ou pas d'intrants et nécessite peu d'argent. Cependant, la production de poisson par unité de surface n'est pas élevée. (Sohou et al., 2009).



**Figure 2:** système extensive

### 1.1.2. La pisciculture semi-intensive :

Les systèmes de production piscicole semi intensifs reposant sur l'utilisation d'une fertilisation ou sur l'emploi d'une alimentation complémentaire (Tab.1), sachant qu'une part importante de l'alimentation du poisson est fournie in situ par l'aliment naturel. Les élevages associés (volaille-poisson, bovin-poisson) appartiennent typiquement à ce type de pisciculture (Fermon,2009).



**Figure 3:** système semi-intensive

### 1.1.3. La pisciculture intensive :

L'aliment utilisé dans ces systèmes d'élevage est généralement riche en protéines (25 à 40 %), il est par conséquent requis. Dans laquelle tous les besoins nutritionnels des poissons sont satisfaits par l'apport exogène d'aliments complets, avec pas ou très peu d'apports nutritionnels issus de la productivité naturelle du bassin ou du plan d'eau dans lequel le poisson est élevé (lac, rivière). Pour intensifier l'élevage et pour améliorer les conditions, les facteurs de production (aliments, qualité de l'eau, qualité des alevins) doivent être contrôlés. (Fermon,2009).



Figure 4:system intensive

#### 1.1.4. La pisciculture super intensive :

Les systèmes de production selon le degré d'intensification (ITPA El Qoll). Les poissons offrent très vite à se nourrir à la demande (Lacroix, 2004). Dans ce système d'élevage les poissons exigent un contrôle très minutieux : - de l'alimentation : qui doit être équilibrée et satisfaisante en quantité et en qualité selon l'espèce et le stade physiologique des poissons - des différents paramètres de l'eau (PH, température, oxygénation...), avec un renouvellement fréquent. Un exemple de ce type d'élevage en Belgique, ils ont élevé des Tilapias ou Carpes du Nil (*Oreochromis niloticus*) en bacs inoxydables à la densité de 300 poissons par m<sup>3</sup> avec un renouvellement d'eau de 400% par heure.

Tableau1: Différents niveaux d'intensification des systèmes d'élevage piscicole (Fermon,2009)

Niveau D'intensification	<i>Extensif</i>	<i>Semi intensif</i>	<i>Intensif</i>	<i>Super Intensif</i>
Densité de poissons à la mise en charge	< 0,1/m <sup>2</sup> 0,1 à 1/m <sup>2</sup>	1 à 5/ m <sup>2</sup>	5 à 10/ m <sup>2</sup>	10 à 100/ m <sup>2</sup>
Structure de l'élevage	Etang, petit barrage- mare	Etang	Etang, care	Etang, bassin hors sol, raceways enclos
Rendement ( t /ha /an)	0-0,3 0,3-1	1 à 5 5 à 15	15 à 50	50 et plus jusqu'à 200 kg.m <sup>-3</sup>
Empoissonnement	Le plus souvent polyculture	polyculture	En général, Monoculture	Monoculture
Intrants	Peu ou pas d'intrant	Compensation des pertes Aération	Recirculation de l'eau	Aération / oxygénation
Taux journalier de renouvellement de l'eau (%)	Aucun Parfois <5	<5	5 à 30	>30
Modèles	Semi aquaculture	aquaculture	Aquaculture de production	Aquaculture de transformation

## 2.2. Selon les critères socio-économiques :

### 2.2.1. Pisciculture d'autoconsommation

Ses produits sont destinés à approvisionner les pisciculteurs et leurs familles, mais la technologie utilisée est qualifiée d'extensive, mais correspond à un faible niveau technique (Fermon, 2009).

### 2.2.2 Pisciculture artisanale

La production commerciale à petite échelle est déployée principalement dans les zones suburbaines, offrant les meilleures conditions d'approvisionnement et de vente de matières premières halieutiques. (Fermon, 2009).

### 2.2.3. Pisciculture de type filière

Elle se caractérise par une répartition en différents stades d'élevage, principalement selon la cage et l'étable, le sexe, ou l'alimentation (démarrage, maintien, finition ou engraissement)(Fermon, 2009).

### 2.2.4. Pisciculture industrielle

Contrairement aux trois formes précédentes, où l'aquaculture n'était pas seulement un moyen de production mais aussi un moyen de développement, elle se caractérise par des unités de production à grande échelle avec des objectifs purement économiques voire financiers. (Fermon, 2009).

## 3. Les espèces les plus utilisées en pisciculture :

Le tableau suivant représente les poissons les plus utilisées en pisciculture dans les eaux de la mer et les eaux douces.

Tableau 02 : Liste des poissons les plus utilisées en pisciculture ([www.poisson-aquaculture.fr](http://www.poisson-aquaculture.fr))

Les eaux de la mer	Les eaux douces
Le Loup de mer ( <i>Anarhichas lupus</i> )	Carpe commune ( <i>Cyprinus carpio</i> )
Dorade royale( <i>Sparusaurata</i> )	Carpe Herbivore ( <i>Ctenopharyngodonidella</i> )
Esturgeon ( <i>Acipensersturio</i> )	Carpe argentée ( <i>Hypophtalmichthysmolitrix</i> )
Saumon ( <i>Salmosalar</i> )	Carpe à grande bouche ( <i>Aristichthysnoblis</i> )
	Sandre ( <i>Stizostedionlucioperca</i> )
	Mulet ( <i>MugilCéphalus</i> )
	Blackbass ( <i>Micropterussalmoides</i> )

#### 4. Critères de choix d'un poisson de pisciculture

La pisciculture exige que la sélection des poissons réponde à certaines caractéristiques pour permettre la consommation familiale et faciliter la commercialisation :

- Avoir un corps que les consommateurs peuvent sentir
- Robuste et facile à manipuler : Les poissons doivent être robustes pour supporter des conditions de vie artificielles et résistants pour supporter des concentrations élevées sans maladie. Devrait être pratique, d. H. One sans épines particulièrement dangereuses (**Lacroix, 2004**)
- Facile à élever en captivité : L'élevage peut se produire naturellement ou être induit en éclosion par différents processus (dans le cas du poisson-chat : insémination artificielle ou création de conditions climatiques et environnementales naturelles). (**Sohou. et al., 2009**)
- Croissance rapide : Le taux de croissance dépend de l'espèce, du régime alimentaire et des conditions d'élevage. Chaque poisson peut être amélioré par sélection. D'autre part, les poissons mal nourris, ou les poissons plus nombreux que l'eau, restent rares tout au long de la vie. C'est intéressant d'avoir des poissons carnassiers dans certains bassins car ils se nourrissent inutilement (**Sohou . et al., 2009**)
- Alimentation frugale : Une alimentation frugale nécessite généralement des poissons avec une chaîne alimentaire courte où le plancton et les aliments végétaux sont disponibles. La pisciculture intensive ou semi-intensive n'est pas possible en s'appuyant simplement sur la productivité naturelle des masses d'eau. Il est important d'augmenter le rendement en ajoutant des engrais et divers aliments. Dans ce cas, il faut veiller à ne pas surcharger le plan d'eau avec des déchets. Sinon, vous manquerez rapidement d'oxygène et le poisson mourra. (**Sohou et al., 2009**)

## 1. la Sardine *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792)

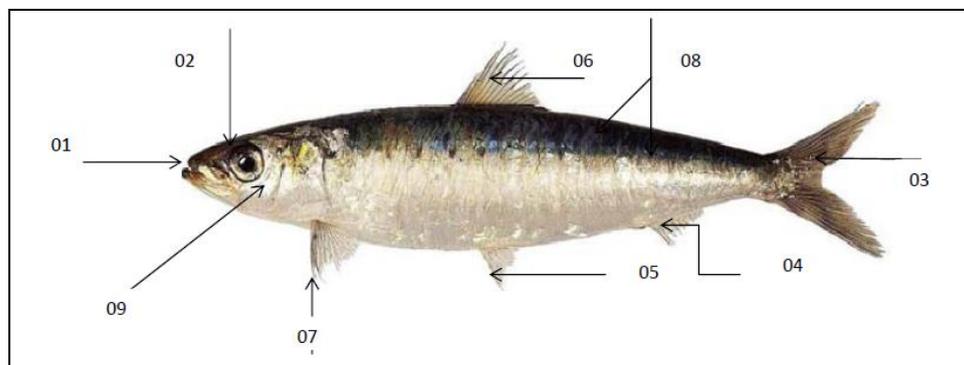
### 1.1. Morphologie :

*Sardina Pilchardus*, appartient à un groupe taxonomique complexe qui regroupe les poissons pélagiques marins et dulçaquicoles (Darley, 1992). C'est une espèce très commune qui se distingue facilement des autres genres de Sardine par :

- Des stries bien visibles ornant l'opercule portant des cannelures radiaires.
- Environ 80 écailles.
- Nageoires ventrales situées en arrière du bord antérieur de la nageoire dorsale.
- Bouche non proche du bord postérieur des yeux.
- Nageoire dorsale située en avant des pelviennes tandis que l'anale caractérisée par un allongement au niveau des deux derniers rayons (Bauchot, 1980).
- Ventre argenté et flancs dorés avec une rangée de taches sombres.

La Sardine a une forme allongée et fusiforme (Fig 1), de section ovalaire, comprimé latéralement et présente un museau pointu et une bouche terminale (Alexis, 2012), avec des écailles lisses et caduques (Tehami, 1990).

Ce poisson peut atteindre 27cm de taille ; dont 90% est atteinte durant la première année de son cycle de vie tandis que la croissance durant les années qui suivent est beaucoup plus faible malgré une longévité, qui peut aller jusqu'à 14 ans (Whitehead, 1985).



1-La bouche 2- L'œil 3- Nageoire caudale 4- Nageoire anale 5- Nageoire pelvienne  
6- Nageoire dorsale 7- Nageoire pédonculaire 8- Macule noirâtre 9- Opercule strié

**Figure 5 :** Morphologie externe de *Sardina Pilchardus* (Whitehead, 1985).

### 1.2. Position systématique :

Le genre *Sardina* et *Sardinops* regroupe les espèces les plus communes de la Sardine. Ce groupe des petits pélagiques domine les eaux tempérées et subtropicales et se répartissent dans les différentes zones d'upwellings du monde, où les eaux sont froides à tempérées et où la production primaire est importante (Whitehead, 1985 ; Parrish et al., 1989 ; Lavoué et al., 2007).

*Sardina pilchardus* appelée aussi Sardine commune est la seule espèce appartenant au genre

*Sardina* et réponds à la classification suivante. (Whitehead, 1985 ; Parrish et al., 1989).

- L'embranchement des Vertébrés et S/ embranchement des Gnathostomes.
- La Super classe des Poissons, classe des Ostéichthyens (poissons osseux) et sous-classe des Actinoptérygiens.
- Le Super ordre des Téléostéens, ordre des Clupéiformes et sous-ordre des Clupéidés.
- La Famille des Clupéidés, le genre ; *Sardina* et l'espèce ; *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792).

### 3. Ecologie de *Sardina pilchardus* :

#### 1.3. Régime alimentaire :

La Sardine commune est une espèce planctonophage qui consomme une grande variété de proies planctoniques au cours de leur développement (Demirhindi ; 1961 ; Cunha et al ; 2005). Son régime alimentaire est essentiellement Zoo planctonophage ; elle ingère majoritairement des copépodes avec une fréquence numérique de 85%, étant donné qu'ils représentent le groupe zoo planctonique majeur en matière de biomasse et d'abondance en méditerranée (Verela et al ; 1988 ; Garrido et al ; 2006).

Tandis que la jeune sardine se nourrit de phytoplancton tels que les diatomées, les œufs et les larves des petits crustacés (Bode et al ; 2004). Étant donné la présence de branchiospines plus fines et plus resserrées la sardine commune peut retenir des proies plus petites et donc se nourrit par filtration en absorbant tout ce qui est en suspension dans la colonne d'eau ou par prédation lorsqu'elle repère une proie de taille importante. La composition de son alimentation reflète bien la composition planctonique du milieu (Conway et al ; 1991).

#### 1.4. Répartition géographique

*Sardina pilchardus* est rencontrée le long des côtes Atlantique, Méditerranéennes d'Afrique et d'Europe. Sa répartition dans l'océan Atlantique s'étend depuis Dogger Banc en mer du Nord jusqu'aux côtes Mauritaniennes pouvant même atteindre les eaux du Sénégal avec les populations résiduelles aux îles Madères, canaries et dans les Archipels des Açores. Les conditions hydro climatiques influencent sur sa localisation et son abondance ; sa limite septentrionale est marquée par l'isotherme 13° tandis que l'isotherme 25°C marque sa limite méridionale. (Parrish et al., 1989).

Selon les anomalies de température de l'eau, l'aire de répartition de la Sardine a vu, périodiquement ses limites se dilater ou se rétracter à un point où au milieu des années 1960-1970, la limite Sud de l'extinction de cette espèce s'est prolongée jusqu'au Sénégal, coïncidant avec une intensification de l'upwelling dans cette zone et s'est reculée dans le Nord dans les années suivantes (Fréon et Stequert, 1979; Iluch-Belda et al, 1989 ; Corten et Van Kamp, 1996 ; Alheit et Hagen, 1997 ; Binet et al, 1998) (Fig. 2).

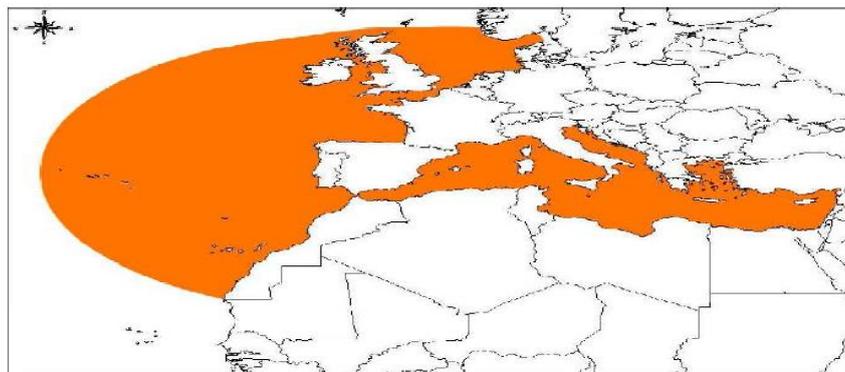


Figure 6 : Aire de répartition de la Sardine commune (*Sardina Pilchardus*)

#### 2.5. Habitat et Comportement :

Les sardines peuvent vivre à une profondeur de 180 m, mais se trouvent généralement à 35-55 m le jour et à 13-35 m la nuit (Fisher et al., 1987). Les sardines plus âgées vivent plus au large que les sardines plus jeunes (Mouhoub, 1986).

En Méditerranée il vit au niveau du plateau continental, et en hiver on le trouve au niveau de la mer entre 35 et 100 m. Il forme des hauts-fonds compacts de 25 à 55 m le jour et tend à s'étaler sur des fonds de 15 à 35 m la nuit.).

Les sardines sont des espèces sociales mais ont tendance à se désagréger la nuit (Whitehead, 1985). Ses écoles peuvent être composées d'un nombre comparable d'individus

d'âges et de sexes différents (Cury *et al.*, 2000). En grande abondance, les hauts-fonds peuvent être monolithiques. En revanche, si les sardines sont présentes en faible nombre, le banc sera composé de plusieurs petits pélagiques, notamment des anchois et/ou des chinchards (Cury *et al.*, 2000).

Les sardines effectuent une migration verticale pendant la journée, cette dernière étant influencée par l'intensité lumineuse et la disponibilité de la nourriture (Giannoulaki *et al.*, 1999). En Méditerranée, la Sardine n'est pas migratrice car les conditions écologiques de température et de salinité sont plus stables (Dob, 1988). D'autre part, elle migre dans l'océan Atlantique ; la reproduction, la nutrition, la température et la salinité sont des facteurs affectant sa migration, et un autre facteur est l'âge du poisson (Furnestin, 1945).

#### 4. Biologie de la reproduction de la sardine :

##### 1.6. Le cycle de vie :

Le cycle de vie d'un poisson est représenté par deux phases nommées : phase larvaire et phase adulte, reliées entre elles par deux phénomènes biologiques qui sont le recrutement et la reproduction (Burton, 1996) (Fig. 3).

*Sardina Pilchardus* a un cycle de vie caractérisé par une durée de vie courte, une croissance et une maturation rapide avec une grande fécondité et une mortalité élevée surtout en phase larvaire. (Rochet, 2000 ; Rose *et al.*, 2001). Sa maturité sexuelle est atteinte durant les deux premières années de sa vie (Monteiro et Jorge, 1982 ; Pérez *et al.*, 1985 ; Alemany et Alvarez, 1993 ; Anonyme, 2001).

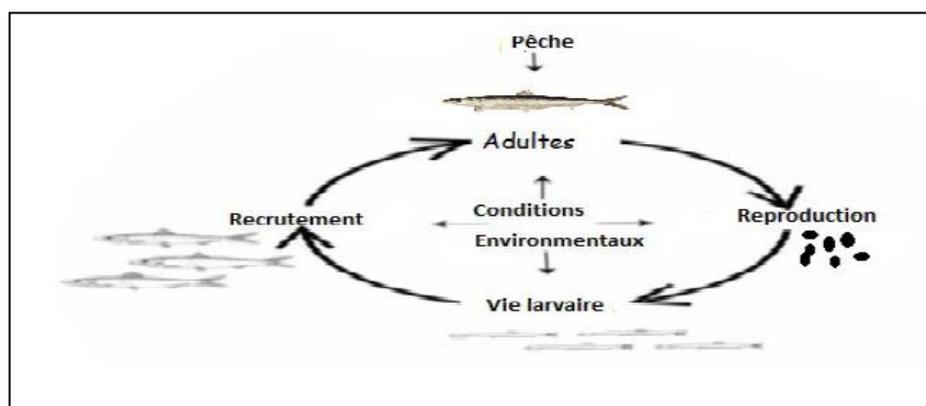


Figure 7 : Cycle de vie de la Sardine, *Sardina Pilchardus*

### 3.2. La ponte de la Sardine

Sur les côtes Atlantiques Européennes et en Méditerranée, la Sardine pond principalement entre Septembre et Juillet d'Octobre à Juin sur les côtes Africaines (**Whitehead, 1985; Ettahiri et al., 2003 ; Amnezoui et al., 2006** ).

Les facteurs environnementaux tels que la température et l'hydro dynamisme (**Olivar et al., 2001**). ont une influence sur la ponte de *Sardina Pilchardus* qui s'effectue entre 12°C et 18°C ; le déclenchement de ce phénomène est corrélé par la température qui stimule les mécanismes physiologiques ou enrichit le milieu trophique tandis que la salinité semble avoir très peu d'influence (**Larraneta, 1960; Ettahiri et al., 2003 ; Coombs et al., 2006 ; Bernal et al., 2007**).

Dans l'Atlantique du Nord-Est, les Sardines pondent préférentiellement en hiver et au printemps, la durée de la ponte augmente du Nord (1 à 2 mois) au sud (6 mois) (**Riveiro et al., 2000; Ettahiri et al., 2003 ; Coombs et al., 2006 ; Stratoudakis et al., 2007**).

En Méditerranée, la ponte se prolonge également sur 6 mois avec un maximum en hiver (**Abad et Giraldez, 1993 ; Ganiats et al ; 2007**).

La Sardine, ovipare ne s'accouple pas ; il y a plutôt un rapprochement de sexes par bandes Ovules et laitances émises dans l'eau. Parmi les milliers de spermatozoïdes, un seul va pénétrer à travers un micropyle pour assurer la fécondation.

Les Sardines possèdent une forte fécondité, chaque femelle pond de 50 000 à 60 000 œufs pélagiques, mesurant environ 1.5 mm (**Whitehead, 1985**). . Cependant, la mortalité des larves est importante et influence fortement le recrutement (**Cury et Boy, 1989 ; Bakun, 1996**). La phase larvaire dure 60 jours, les larves vivent entre 10 et 40 m de profondeur et se dispersent plus largement la nuit (**Olivar et al., 2001**).

### 3.3. Période de reproduction et de ponte maximale

Dans les côtes Atlantiques Européennes les pontes de la sardine sont faibles de septembre à octobre, puis elles s'intensifient rapidement jusqu'à la fin de décembre et atteignent leur maximum vers le début de janvier où elles restent néanmoins assez fortes jusqu'au février, puis décroissent rapidement pour prendre fin entre mai et juin (**Aldbert et Carries , 1976**).

Dans la région méditerranéenne et Atlantique nord, le pic de ponte principal se déplace suivant les années entre janvier et mars. Par contre dans l'Atlantique centre et sud, il est observé entre janvier -mars et novembre-décembre.

Les pontes maximales de Sardine sont observées dans des eaux de mélange, dans une gamme de température comprise entre 11,5 °C et 14 °C et dont la salinité varie de 37,6 à 38 ‰ (Aldbert et Carries, 1976).

### 5. Composition chimique et valeur nutritionnelle :

Les sardines ont été choisies comme matrice alimentaire, un poisson consommé en grande quantité et très sensible aux modifications microbiennes et aux processus d'oxydation des lipides. La qualité nutritionnelle des sardines est en grande partie liée à la composition de ces gisements lipidiques, notamment en acides gras à chaînes polyinsaturées. De plus, les composés oxydants formés peuvent être nocifs pour la santé des poissons et des consommateurs (Huss et Peterson, 1980), cité dans ce tableau

**Tableau 3 : Composition et valeur nutritionnelle de la sardine de l'atlantique en conserve dans l'eau, égouttée avec arêtes (Santé Canada, 2005)**

Composition	Poids en g/100g de sardine
Protéines	24,6
Glucides	0
Lipides	11,5
Saturés	1,5
Mono insaturés	3,9
Polyinsaturés	5,2
Oméga-3*	1,5
Cholestérol	0,142
Fibres alimentaires	0
Calories	208

### 6. Intérêt économique :

La Sardine commune, *Sardina Pilchardus* a une grande importance socioéconomique ; c'est une espèce très exploitée en Nord- Ouest Africain et en Atlantique Nord (Anonyme, 2000 ; Cendrero, 2002 ; Ices, 2005).

### 6. Facteurs d'agression de la sardine :

La pollution et les parasites sont les principaux facteurs d'agression de la Sardine. La pollution est due aux déversements dans le milieu marin d'un grand nombre de substances

issues des activités humaines. Selon la PNUE (programme des nations unies pour l'environnement), 80% des pollutions marines sont d'origine terrestre et anthropique. La pollution pétrolière causée par les accidents de navires pétroliers est le type le plus commun et le plus visible (Amara, 2007). Les parasites marins divisés selon le critère de leur taille en micro parasites et macro parasites (Price 1980). Les micros parasites tels que les virus, les bactéries, les champignons, les protozoaires et les myxozoaires (Cressey 1983). Les macros parasites telles que les Helminthes et les Arthropodes (Cressey, 1983).

## II. La carpe royale (*Cyprinus carpio*)

C'est une espèce de poissons téléostéens de la famille des cyprinidés. Le nom de Carpe peut aussi désigner plusieurs formes mutantes, hybrides et d'élevage plus ou moins domestiqué. Il existe environ 1500 espèces et sous-espèces de carpes à travers le monde ; par exemple, la carpe commune à écaillage complète, la carpe miroir à écaillage incomplète, la carpe cuir dépourvue d'écailles, la carpe royale munie d'une seule rangée d'écailles sur le dos (Kottelat et Freyhof, 2007).

### 1.1. Systématique :

D'après Linnaeus (1758) la classification de *Cyprinus carpio* est la suivante :

**Règne :** Animalia.

**Embranchement :** Chordata.

**Classe :** Actinoptérygiens.

**Ordre :** Cypriniformes.

**Famille :** Cyprinidés.

**Genre :** *Cyprinus*.

**Espèces :** *Cyprinus carpio*.

**Tableau 4** : principales espèce de cyprinidés faisant l'objet d'élevage et régime alimentaire dominant des adultes.

Genre	espèce	Nom commun français	Nom anglais	Régime alimentaire
Cyprinus	<i>C. carpio</i> (plusieurs souches)	Carpe commune	Common carp	Benthos, zooplancton
Cténopharyngodon	<i>C. idella</i>	Carpe herbivore ou Carpe amour	Grass carp	végétaux
Hypophthalmichthys	<i>H. molitrix</i>	Carpe argentée	Silver carp	Phytoplancton et zooplancton
Aristichthys	<i>A. nobilis</i>	Carpe à grand bouche ou marbrée	Bighead	zooplancton

### 1. Morphologie :

Les Corps allongé et trapu. Lèvres épaisses. Deux paires de barbillons à l'angle de la bouche, les plus courts sur la lèvre supérieure. La longueur de la base de la nageoire dorsale avec 17-22 rayons. Base de la nageoire dorsale longue avec 17-22 rayons ramifiés et solides, épine dentée en avant, nageoire dorsale de forme concave antérieurement. Nageoires anales avec 6-7 rayons mous, bord postérieur de la 3<sup>ème</sup> épine des nageoires dorsale et anale avec des spinules. Ligne latérale avec 32 à 38 écailles. Dents pharyngiennes 5:5, dents avec couronnes aplaties. Couleur variable, les carpes sauvages sont brunes à vertes sur le dos et les côtés supérieurs, nuances jaunes or au niveau du ventre. Les nageoires sont sombres, ventre avec une nuance rouge. La carpe dorée est reproduite pour un but ornemental (FAO, 2014).

Les carpes dites « miroir » (carpe royale) ont une écaillure incomplète, les carpes « cuir » en sont dépourvues.



**Figure 8** : La carpe royale : *Cyprinus carpio* (Meddour et al.2005).

**. Mode de vie, biologie et écologie :**

La carpe royale fréquente les eaux douces, et saumâtres subtropicale, tièdes ou chaudes (t° optimale :20-28°C), stagnantes ou lentes, à fonds sablonneux ou vaseux riches en végétation aquatique (**Benzitouni et ,Bacha, XXXXX**).A 20°C, la teneur en oxygène dissous pour la survie est de 0.5 mg/l , et pour la prise de nourriture est de 5 mg/l avec une salinité jusqu'à 0.9‰. Non territoriale (**Khoja et DrissNabila,XXX**) d'eau douce : Sandre (*Stizostedion Lucioperça*) et la carpe royale(*Cyprinus carpio*). C'est un poisson grégaire, sédentaire, potamodrome, benthopélagique et de mœurs nocturnes. Il est aussi photophobe, conformément à un comportement phytophile.

Ses performances sont limitées par la température et la teneur en oxygène dissous tandis que sa croissance journalière est de 2 % à 4 % de son poids (**Benzitouni et ,Bacha, XXXXX**).

**2. Physiologie de reproduction :**

La carpe se reproduit pendant toute l'année dans les zones tropicales et saisonnièrement dans les eaux tempérées en général entre mai et juin. Au moment de la ponte, la femelle est généralement suivie par plusieurs mâles où elle peut libérer plus d'un million d'œufs en une saison. La fécondité moyenne est de 105 œufs. Kg-1. Après 4 jours de l'éclosion, les œufs libèrent des larves de 4,8-5 mm (**Benzitouni et ,Bacha, XXXXX**).

**3. Régime alimentaire :**

La carpe est omnivore, faisant une grosse consommation de zooplancton, d'invertébrés aquatiques et de végétaux, puces d'eau, larves diptères, insectes aquatiques, vers et divers Petits mollusques, des graines de plantes ou d'algues et occasionnellement, des grenouilles, des épinoches, et des alevins (**Tolba Mounia, xxx**) .L'effet des Helminthes parasites sur la biologie de quelques poissons d'eau douce (*Cyprinus carpio*, *Luciobarbus callensis* et *Abramis brama*) peuplant le Barrage de Beni Haroun (Wilaya de Mila, Est d'Algérie).

**4. Distribution géographique**

La distribution de la carpe s'étend de l'Europe à l'Asie où l'on rencontre les stocks sauvages qui sont présents naturellement que dans les rivières s'écoulant vers la mer noire, la mer caspienne et la mer Aral (**Kottelat et Freyhof, 2007**). Elle a été introduite dans le monde entier en Italie par les Romains puis disséminée au cours du Moyen- Âge par les moines. Actuellement, elle est acclimatée dans toute l'Europe occidentale à l'exception de la région septentrionale (Norvège). Elle est également bien implantée en Europe centrale (Hongrie, Tchécoslovaquie, Roumanie). De l'Europe occidentale à travers l'ensemble de l'Eurasie

jusqu'en Chine, et en Asie du Sud-Est, en Sibérie et en Inde. L'une des premières espèces introduites dans d'autres pays et qui atteint maintenant une répartition mondiale.

En Algérie, le Ministère de la Pêche et de l'Aquaculture avait décidé d'importer des alevins de la carpe en 1985 de la Hongrie, dans le cadre de l'évaluation et de la valorisation des plans d'eau, leurs repeuplements et le développement de l'aquaculture (FAO, 1997).

### 5. Intérêt économique

Dans les eaux mondiales, l'aquaculture assure environ 30 % des approvisionnements mondiaux de poisson. En général, la production africaine est essentiellement constituée de tilapia (15000 tonnes), du poisson chats (10000 tonnes) et de la carpe commune (5000 tonnes). Il s'agit donc d'une activité 'L'aquaculture'

La carpe est un excellent poisson d'élevage, en raison de son caractère économique par rapport aux autres productions. En général, les Cyprinidés peuvent constituer des communautés piscicoles dans les barrages qui sont utilisés dans l'élevage par ses caractéristiques d'adaptation à différents facteurs environnementaux. *C. carpio* est très appréciée comme poisson de consommation dans plusieurs pays du monde et surtout en Europe et convient bien à l'élevage dans les fermes piscicoles. Son élevage est maintenant une industrie considérable dont elle est considérée également comme un poisson de pêche populaire suite à sa large distribution (Vallod, 1995).

Classiquement, environ 24000 tonnes de produits frais/désossés réfrigérés ou congelés de carpes (toute espèces) sont commercialisés (importés ou exportés) en Europe annuellement. Les principaux exportateurs sont l'Autriche, la République Tchèque, la Croatie, et la Lituanie. Alors que les principaux importateurs étaient l'Autriche, l'Allemagne, la Hongrie et la Pologne (Vallod, 1995). Dans le reste du monde, incluant la principale région productrice qui est l'Asie, la commercialisation internationale des espèces de carpes est assez limitée (39000 tonnes/an en 2002) (Suzuki, 1986).

### III. Espèce végétale

#### 1 *Linum usitatissimum* ( le lin)

##### 1.1. Historique

Le lin ; plante annuelle herbacée faisant partie de la famille des Linacées présente plus de 200 espèces dont la plus répandue et la plus cultivée est *Linum usitatissimum*. Il a été découvert dans des sites archéologiques à Tell Abu Hureya en Syrie et donc fut l'une des premières fibres utilisées par les hommes (Cherabi et Djema, 2022). Des traces de son existence datant de - 8000 ans avant J.C. 3000 ans avant J.C., le lin se développe dans la vallée du Nil sous l'empire des pharaons et en Europe par Charlemagne au cours du premier millénaire après J.C où il a été utilisé pour fabriquer du papier et des tissus durant plusieurs siècles.

De nos jours, le lin représente la troisième plus grande culture de fibres naturelles et l'une des cinq principales cultures oléagineuses au monde, étant cultivé dans plus de 50 pays (Bentoumi et Boukhalifa, 2019).

##### 1.2. Définition

Le lin du nom Latin *Linum usitatissimum* signifie « le plus utile » (en anglais Flax, en arabe El-katan) est une plante herbacée annuelle appartenant à la famille des Linacées. Il est utilisé dans l'industrie textile (fibres), alimentaire (graine et huile) et Chimique (huile) (Cherabi et Djema, 2022)

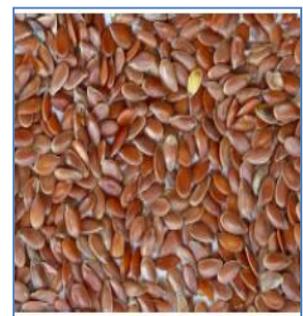


Figure 9 : Fleurs capsules avec Graines de lin

### 1.3. Classification

La famille des Linaceae est géographiquement répandue avec environ 300 espèces dans le monde entier. Elle est positionnée dans le royaume des plantes comme suit :

- Division : Magnoliophyta (Angiospermes).
- Classe : Magnoliopsida (Dicotylédones).
- Sous-classe : Rosidae.
- Ordre : Linales.
- Famille : Linaceae
- Genre : *Linum*.
- Espèce : *Linum usitatissimum* (espèce cultivé actuellement) (**Guignard, 2015**).

### 1.4. Culture et récolte

Le lin est une culture de rotation très bénéfique car il nécessite très peu d'azote et n'épuise donc pas le sol. Il préfère les sols légers et frais pour une croissance optimale. Lors de la récolte, il est important d'arracher les plantes à maturité complète, puis de les sécher à l'air libre ou à l'abri. Ensuite, les tiges sont battues pour séparer les graines. La fin du processus de séchage et l'élimination des fibres ou des feuilles restantes est assurée par un souffle d'air chaud (**Pierre et Lis, 2011**).

### 1.5. Composition :

La composition chimique du lin varie en fonction des variétés et des conditions environnementales de sa culture (**Daun et al. 2003**).

Les graines de lin sont principalement composées d'huile (30 à 45%), avec environ 40% de lipides, 30% de fibres alimentaires et 20% de protéines. L'embryon de la graine est principalement constitué de protéines et d'huile, tandis que ses téguments sont composés de mucilages et de polyphénols (**Venglat et al. 2011**).

#### 1.5.1. Protéines :

Les graines contiennent des protéines (10 à 30%), principalement de l'albumine et de la globuline accumulées dans les cotylédons (**Oomah, 2003**).

#### 1.5.2. Lipides :

Elles sont également riches en huile (35 à 45%), ce qui les classe parmi les graines oléagineuses. La majorité de cette huile se trouve dans les cellules des cotylédons (78%) et l'endosperme (12%), tandis que 10% se trouve dans la cuticule (**Oomah, 2001**). Les graines de lin sont également riches en acides gras polyinsaturés, tels que les acides gras oméga-3 (**Bloedon et Szapary, 2004**).

### 1.5.3. Glucides :

Les glucides présents dans les graines de lin sont résistants à l'action des enzymes digestives humaines, et comprennent de faibles quantités d'amidon ainsi que des fibres alimentaires (25-32%) (Acket *et al.*, 2011).

### 1.5.4. Vitamines :

En ce qui concerne les vitamines, les graines de lin contiennent des vitamines B et E sous forme de gamma-tocophérol, ainsi qu'une petite quantité de vitamine K sous forme de phylloquinone (Malcolmson *et al.*, 2000).

### 1.5.5. Cendres et minéraux :

En termes de minéraux, les graines de lin contiennent divers composés tels que la potasse, la soude, le magnésium, l'oxyde de fer, l'acide phosphorique, le chlore et la silice (Château, 1863). Elles contiennent également du carbonate de calcium, de l'aluminium et de petites quantités de cadmium (Daun *et al.*, 2003).

### 1.5.6. L'huile de lin :

L'huile de lin représente la majeure partie des graines, avec une teneur de 30 à 45%. Cette huile est répartie entre les téguments (10%) et les cotylédons (12%), tandis que la majeure partie (78%) se trouve dans les cellules de l'embryon. Les huiles de lin sont principalement composées de cinq acides gras : l'acide palmitique (4 à 6%), l'acide stéarique (2 à 3%), l'acide oléique (10 à 22%), l'acide linoléique (12 à 18%) et l'acide linoléique (50 à 62%) (Lafond *et al.*, 2008).

## 1.6. Utilisation :

### a. Usage traditionnel et récent :

L'usage traditionnel du lin remonte à l'Antiquité et a évolué au fil du temps (Wilson, 1988). Apprécies pour leur résistance, leur durabilité et leur capacité à absorber l'humidité, les fibres de cette plante sont principalement utilisées dans la fabrication de textiles et du papier (Debuigne et Couplan, 2013).

Elles ont été également utilisées pour fabriquer des cordes, des ficelles et des cordages pour diverses applications maritimes.

L'huile de lin extraite des graines est souvent utilisée comme additif dans les peintures à l'huile et les vernis ainsi que dans l'industrie des produits de beauté et de soins de la peau. (Laiq Khan *et al.* 2010).

Le lin, avec ses différentes parties possède également des usages pharmacologiques et médicaux traditionnels et donc utilisé à des fins thérapeutiques.

- Les fibres de lin ; connues pour leurs propriétés laxatives douces, peuvent aider à soulager la constipation et favoriser le transit intestinal régulier.

- Les graines ; riches en acides gras oméga-3, en fibres alimentaires et en antioxydants sont utilisées comme complément alimentaire pour favoriser la santé cardiovasculaire en réduisant le taux de cholestérol et en régulant la pression artérielle. Elles sont également considérées comme bénéfiques pour la digestion, la régulation de la glycémie et la réduction de l'inflammation.

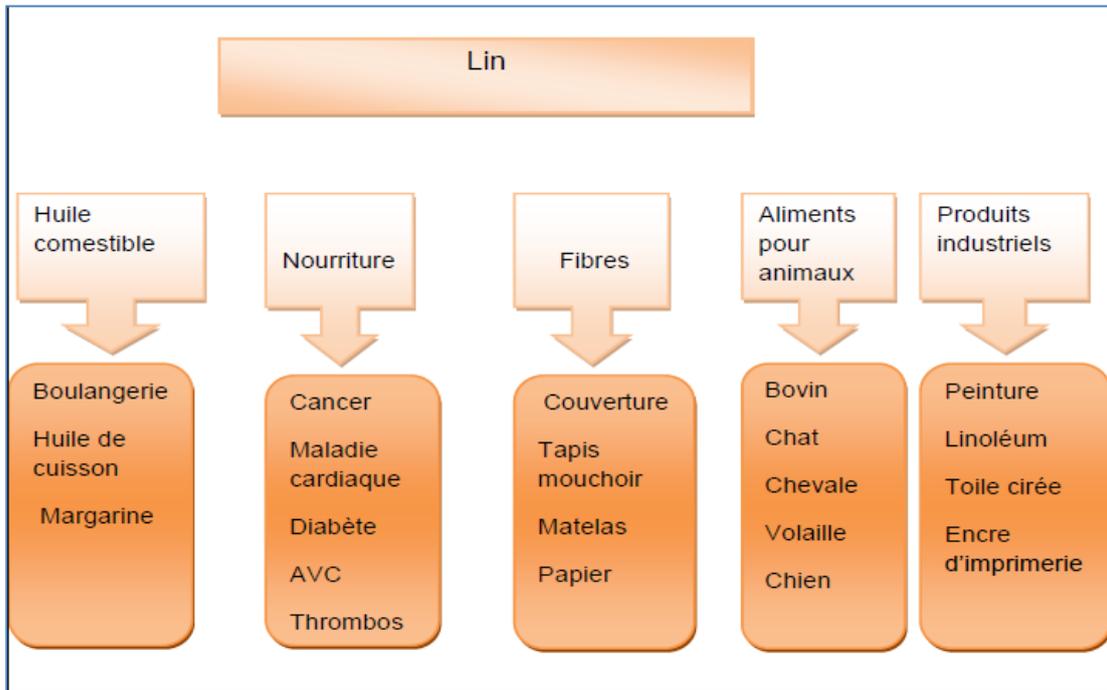
- L'huile ; riche en acides gras oméga-3, notamment en acide alpha-linolénique, est utilisée comme complément alimentaire pour ses propriétés anti-inflammatoires et cardioprotectrices. Il est également utilisé en usage externe pour apaiser les affections cutanées telles que l'eczéma et les brûlures.

Aux XV et XVI siècle, Louis Fournier, la préconisait dans toutes les maladies en ite : gastrite, entérite, cystite, bronchite (**Debuigne et Couplan, 2013**).

- Les fleurs, utilisées pour préparer des infusions traditionnelles réputées pour leurs propriétés apaisantes et expectorantes et donc soulager les problèmes respiratoires tels que la toux et la congestion.

De nos jours, l'utilisation du lin a permis l'amélioration de caractères nutritionnels des aliments en les enrichissant en molécules bioactives, les graines également gagnent une popularité dans le secteur alimentaire vu leurs richesses en acides gras essentiel, ligane, vitamines, minéraux, fibres alimentaires solubles et insolubles et en mucilage (**Halligudi, 2012**).

Ce dernier a de nombreuses applications dans l'industrie agroalimentaire comme stabilisant dans les boissons et comme ingrédient de texture dans les desserts laitiers (Qin et *al.*, 2005).



**Figure 10 :** Diagramme d'utilisation du lin (Laiq khan et al. 2010).

### 1. Description :

Le terme huiles de poisson désigne toutes huiles destinées à la consommation humaine par extraction à partir de matières premières puis le raffinage de cette huile brute. Les huiles de poisson et les huiles de poisson concentrées sont composées essentiellement d'esters d'éthyle d'acides gras, d'autres lipides et de constituants insaponifiables. (**Grosdemonge, 2010**)

Un chauffage répété à des températures élevées, des traitements aux alcalis/acides et des éliminations répétées de la phase aqueuse sont les différentes étapes du procédé de production des huiles de poisson raffinées. On peut également utiliser l'extraction avec des solvants, saponification, ré-estérification et transestérification (**Bergé et Bamathan, 2005**).



**Figure 11 : les huiles de poisson**

### 2. Caractéristiques et intérêt médical des huiles de poisson :

L'huile de poisson est obtenue à partir des tissus biologiques de poissons gras. Ces lipides sont des acides gras poly-insaturés (AGPI) ; les oméga- 3, oméga- 6 et oméga-9, impliqués dans de nombreux processus physiologiques à savoir la régulation cardio- artérielle vasculaire et hormonale ainsi que la modulation de l'inflammation et de l'activité neuronale ([echlorial.fr/blog/omega-3-aliments-bienfaits-posologie](http://echlorial.fr/blog/omega-3-aliments-bienfaits-posologie))

Les oméga3 présents dans l'huile de poisson réduisent les taux de triglycérides sanguins et augmentent le bon cholestérol (HDL) par contre ils n'ont aucun effet sur le mauvais cholestérol (LDL) (**Muller, 2017**).

L'huile de poisson peut prévenir la formation de plaques d'athérome et donc réduit la tension, les facteurs de risque de crises cardiaques et d'AVC et par conséquent la prévention de maladies cardiovasculaires (**Girardet, 2012**).

Elle réduit également les symptômes de la dépression et les troubles mentaux, d'où le devenir d'un outil de prévention contre la maladie d'Alzheimer.

L'absorption d'un concentré d'huile de poisson réduit le taux de mortalité, essentiellement par mort subite pour une personne touchée par un infarctus du myocarde.

Les oméga-3 sont très efficaces pour lutter contre tous types d'inflammation « articulaires, infectieuses ou à cause de blessures ; l'acide Docosahexaénoïque contenu dans l'huile de poisson, favorisant l'obtention de la résolvine D2 par l'organisme explique son action anti-inflammatoire.

L'oxyde nitrique produit par l'interaction de la résolvine D2 avec les cellules endothéliales, empêche l'adhésion des leucocytes et la cascade aboutissant à une inflammation

Les propriétés anti-inflammatoires de l'huile de poisson peuvent réduire les complications liées à l'inflammation chronique

### **1. Les facteurs déterminants la qualité des huiles de poisson :**

La qualité des huiles de poisson, y compris les huiles de sardine, est influencée par plusieurs facteurs

1. Espèce de poisson : Chaque espèce de poisson contient des profils lipidiques différents ; les sardines par exemple sont riches en acides gras oméga-3 bénéfiques pour la santé.
2. Origine et environnement : L'endroit de la pêche des poissons peut avoir un impact sur la qualité des huiles ; les huiles de meilleure qualité sont extraites à partir de poissons vivants dans des eaux non polluées.
3. Fraîcheur des poissons : Les huiles de poisson de haute qualité sont généralement extraites de poissons frais ou congelés rapidement après leur pêche. Ces derniers doivent être stockés correctement afin d'éviter toute détérioration et oxydation des acides gras.
4. Méthode d'extraction : La méthode utilisée pour extraire les huiles de poisson a une influence sur leur qualité. L'extraction à froid préserve généralement mieux les nutriments essentiels et les acides gras oméga-3 par rapport à l'extraction à chaud.

5. Teneur en acides gras oméga-3 : Les huiles de poisson de haute qualité, y compris les huiles de sardine, ont une teneur élevée en acides gras oméga-3, tels que l'acide eicosapentaénoïque (EPA) et l'acide docosahexaénoïque (DHA).
6. Pureté et sécurité : Les huiles de poisson doivent être exemptes de contaminants tels que les métaux lourds (mercure, plomb), les dioxines et les PCB. Elles doivent donc subir des tests rigoureux pour s'assurer de leur consommabilité.
7. Conditionnement et stockage : Les huiles de poisson doivent être conditionnées dans des contenants opaques, tels que des bouteilles en verre foncé, pour éviter l'oxydation des acides gras par la lumière. Le stockage dans un endroit frais et sec est également important pour maintenir la qualité de ces huiles.

### 3. Phénomènes de dégradations des corps gras :

#### 1. Oxydation :

##### 1-1 : L'auto- oxydation :

Les huiles de poisson extraites de leur contexte de protection naturel, subissent au cours de leur conservation ou de leurs utilisations des altérations de type auto oxydatif. Cette auto-oxydation est un phénomène purement chimique très complexe mettant en jeu des réactions radicalaires capables de s'auto entretenir ne nécessitant que l'oxygène atmosphérique (**Perrin, 1993**).

##### 1-2 : La photo-oxydation :

La photo-oxydation permet la production d'hydro-peroxydes en présence d'oxygène, d'énergie lumineuse et de photosensibilisateurs tels que les hémoprotéines, la chlorophylle ou la riboflavine (**Delacharlerie et al., 2008**).

##### 1.3 L'oxydation enzymatique :

L'oxydation est initiée par une enzyme (lipoxygénase, cyclo-oxygénase), par contre la lipolyse enzymatique est assurée par le biais d'estérases faisant partie de la classe des hydrolases (**Delacharlerie et al., 2008**).

##### 1-4 La thermo-oxydation :

L'oxydation est accélérée à température élevée et donne des réactions secondaires, telles que les isomérisations, les cyclisations et les hydrolyses (**Frenot et Vierling, 2001**). La thermo-

oxydation donne des produits primaires tels que des radicaux peroxydes, des hydro-péroxydes et des radicaux libres identiques à ceux de l'auto-oxydation, ainsi que des produits secondaires issus de la décomposition de l'hydroperoxyde d'acide gras en radicaux libres. Ces produits secondaires sont de deux types : Produits volatils d'altération thermo oxydative (PAT) et produits d'altération thermo oxydative non volatils à l'état de trace. Ces derniers ne sont toxiques que lorsque leur consommation augmente (**Frenot et Vierling, 2001**).

### 2. Les Facteurs influençant l'oxydation des lipides :

La température, le pH, l'activité de l'eau et la pression partielle en oxygène sont les principaux facteurs impliqués dans l'oxydation des lipides au cours des procédés de transformation et de conservation des poissons.

- Les opérations de cuisson permettent d'avoir un effet pro-oxydant marqué étant donné que l'oxydation des lipides est d'autant plus rapide que la température est importante.
- Dans le cas échéant, la congélation est le meilleur moyen pour augmenter la durée de conservation des poissons, car la vitesse d'oxydation des lipides est notablement réduite à faible température.
- Le pH présente une influence sur le déroulement de l'oxydation par le biais de plusieurs mécanismes. Un pH acide favorise donc la réaction d'oxydation, car plus le pH est bas, plus la solubilité et le potentiel redox de ces ions métalliques, et donc leur réactivité vis à vis des molécules oxydables sont élevées.
- L'activité de l'eau d'un système a une influence sur les réactions d'oxydation des lipides en permettant la mobilisation des substances pro-oxydantes ou antioxydantes.

Une activité de l'eau ( $a_w$ ) comprise entre 0,6 et 0,8 correspond aux vitesses d'oxydation les plus grandes par contre pour les ralentir il faut que l'activité de l'eau soit inférieure à 0,7-0,8.

- La concentration d'oxygène (pression partielle en oxygène) dans l'espace environnant le produit et dans le produit lui-même a une influence sur la vitesse d'oxydation des lipides.
- Elle a une incidence à la fois sur la durée de conservation du produit ainsi que sur la nature des odeurs perçues quand le produit est oxydé.

On conclut que le contrôle ou l'inhibition de l'oxydation des lipides est basé sur la maîtrise des paramètres cités ci-dessus sans oublier l'utilisation des antioxydants (tocophérols,

polyphénols, flavonoïdes, vitamine E, vitamine C, etc.) comme agents de prévention ou de terminaison .

### 3. Notions de qualité des huiles alimentaires :

#### 3-1 : Définition de la qualité :

On la définit comme « l'ensemble des propriétés et caractéristiques d'un produit ou d'un service qui lui confère l'aptitude à satisfaire des besoins explicites ou implicites » (norme ISO/DIS 8202-Ic x 50 -120) ou «la qualité d'un produit ou d'un service est son aptitude à satisfaire les besoins actuels ou futures de l'utilisateur dans les meilleures conditions de délai et de coût » (Figarella, 2002)

#### 3-2 : Les composantes de la qualité :

Pour être commercialiser, le produit alimentaire doit répondre aux différents critères de qualité.

- Nutritionnel : Composition qualitative et quantitative en macronutriments (glucide, lipides, protides) et micronutriments (vitamines, oligoéléments).
- Hygiénique : Absence de composés toxiques ou de microorganismes susceptibles de nuire à la santé du consommateur.
- Organoleptiques : apparence (forme, couleur), flaveur (arôme, saveur), texture (consistance, résistance), sans oublier la stabilité du produit, imposant les conditions de stockage pour une bonne conservation.
- Financier : il faut assurer le rapport coût- qualité.
- Technologique : Ce critère prend en compte de nouveaux procédés qui doivent être bien maîtrisés pour permettre d'assurer la qualité (Figarella, 2002).

### 3.3. Les paramètres d'évaluation de qualité des huiles alimentaires :

Ces paramètres dépendent de l'utilisation qui en est faite, du mode de production et de la spécificité des huiles dont on peut citer :

L'indice d'acide, l'acidité, la teneur en eau et matières volatiles, la teneur en impuretés insolubles, recherche d'huile minérale, l'indice de saponification, la teneur en savons résiduels, l'indice de peroxyde et les insaponifiables (**Wolf, 1982**).

#### 4. Valorisation de l'huile de poisson :

La valorisation de l'huile de poisson peut se faire de différentes manières, notamment :

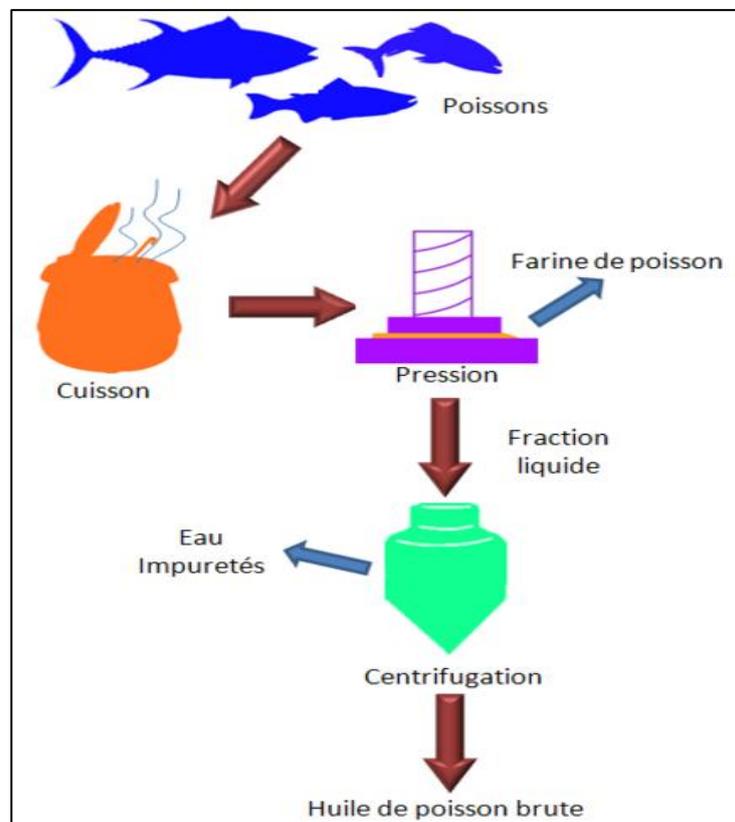
1. Compléments alimentaires : L'huile de poisson est souvent utilisée dans les compléments alimentaires sous forme de capsules ou de liquides. Ces derniers peuvent aider à réduire l'inflammation, à améliorer la santé cardiaque et à soutenir la santé cognitive (**Stéphane,2008**).
2. Cosmétiques : L'huile de poisson est également utilisée dans les produits cosmétiques pour ses propriétés hydratantes et anti-inflammatoires. Elle peut aider à réduire les rougeurs et l'irritation de la peau
3. Alimentation humaine : L'huile de poisson peut également être utilisée dans l'alimentation humaine sous forme d'huile de cuisson ou d'ingrédient pour les plats préparés. Les acides gras oméga-3 de l'huile de poisson peuvent aider à réduire l'inflammation corporelle et à améliorer la santé cardiaque (**Windler,2000 ; Linder,2004**).
4. Alimentation animale : L'huile de poisson est également utilisée dans l'alimentation des animaux de compagnie et des animaux d'élevage. Ses acides gras oméga-3 maintiennent la santé de la peau et du pelage chez les animaux de compagnie, tandis que chez les animaux d'élevage, l'huile de poisson améliore la qualité de la viande.

### 5. Méthodes d'extraction de l'huile de poisson :

Plusieurs études ont été réalisées concernant l'extraction et l'analyse de la qualité de l'huile extraite à partir de différentes espèces de poissons, et des sous-produits de leur transformation, diverses techniques ont été utilisées, telles que le pressage humide, les solvants, les fluides supercritiques, et l'ensilage de poisson (Adeoti et Hawboldt, 2014).

#### 5.1 : Extraction par pressage humide :

La méthode la plus couramment utilisée pour produire l'huile de poisson à l'échelle industrielle est le pressage humide qui se déroule en quatre étapes : cuisson du poisson, pressage, décantation et centrifugation **Figure2 (Fao, 1986)**.



**Figure 12 : schéma de l'extraction de l'huile de poisson (pressage humide)**

La température et la pression utilisées pour coaguler les protéines et libérer l'huile peuvent modifier la teneur en AGPI, en raison de réactions de dégradation telles que l'hydrolyse et l'oxydation (Linder et Parmentier, 2005 ; Mbatia et al., 2010 ).

### 5.2 : Extraction par solvants :

L'extraction par solvant est une procédure conventionnelle, elle peut être utilisée à des fins analytiques, cette technique présente des inconvénients d'utiliser de substances avec des restrictions dans le domaine de l'industrie alimentaire (**Rubio et al., 2010**) . L'opération d'extraction par solvants repose sur des variations dans la solubilité de lipides dans différents solvants organiques et leur insolubilité dans l'eau. Cette opération nécessite un échantillon sec qui est détruit, prend beaucoup de temps, et produit de grandes quantités de solvant résiduel ( **Adeotiet Hawboldt, 2014 ;Sahena et al., 2009** ).

### 5.3 : Extraction par fluide supercritique :

L'extraction par fluide supercritique (SFE) est une procédure d'extraction impliquant l'utilisation de fluides supercritiques, et qui présente des avantages tels que l'utilisation d'une température modérée, d'un milieu sans oxygène, et de l'extraction de lipides hypopolaires, qui empêchent l'extraction des impuretés (**Rubio et al., 2012**).

Les fluides supercritiques sont connus depuis un certain nombre d'années, présentent des propriétés intéressantes (haute diffusivité et faible viscosité) par rapport aux solvants conventionnels, améliorent le transfert de masse, et réduisent le temps d'extraction. Cette méthode est beaucoup plus rapide que les autres méthodes utilisées pour l'extraction. Son principal inconvénient est le coût élevé. Le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) est le fluide le plus couramment utilisé, il présente de nombreux avantages : il est totalement inerte, et sans danger pour l'extraction du pétrole(Fig.3).il ne reste pas dans le produit, il revient à son état gazeux et s'évapore à température et pression ambiants ( **Rubio et al., 2010 , 2012** ).

Des études, comparent le SFE dans les huiles de poisson avec d'autres techniques d'extraction montrent que cette technologie est attractive dans les procédés conventionnelles pour produire des huiles à teneur élevée en AGPI et réduire les contaminants (**Ferdosh et al., 2014 ;Fiori et al., 2012 ;Hao et al., 2015 ; Rubio et al., 2012 ; Sahena et al., 2010** )

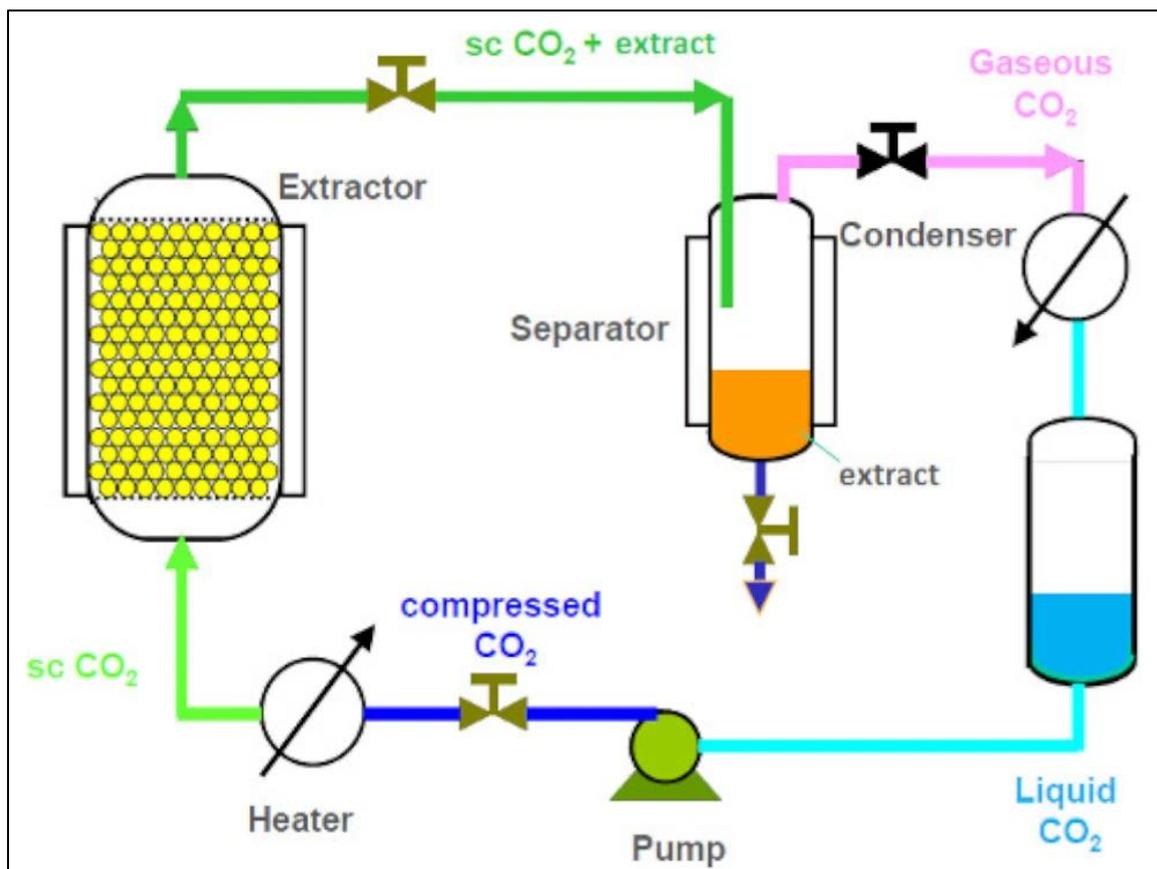


Figure 13 : Extraction par fluides supercritiques ( CO2 )

#### 5.4 : Extraction par ensilage de poisson :

L'ensilage de poisson est défini comme un produit liquide constitué de tout le poisson ou de ses parties, auquel sont ajoutés des acides (ensilage chimique), des enzymes (ensilage enzymatique) ou des bactéries lactiques (ensilage biologique) provoquant une hydrolyse des protéines (Ferraz de Arruda, Borghesi et Oetterer, 2007).

Ce procédé s'est avéré être une bonne alternative aux méthodes traditionnelles, car il peut être plus simple et moins cher en termes de coûts d'investissement et de dépenses énergétiques. De plus, cette technologie n'utilise pas de solvants ou emploie des températures élevées, et les modifications physicochimiques et microbiologiques induites peuvent non seulement améliorer les performances d'extraction, mais également empêcher les processus indésirables, à savoir l'oxydation des graisses.

De plus, les acides gras essentiels et d'autres ingrédients fonctionnels, tels que l'hydrolysate de protéines et le collagène, entre autres, peuvent être récupérés ( Ferraz de Arruda et al., 2007 ; Rai et al., 2010 ; Rubio et al., 2010 ).

## **Chapitre 03 les huiles de poisson et méthodes d'étude et d'obtentions**

---

Certaines études se sont focalisées sur l'évaluation de ce procédé pour l'extraction de l'huile du poisson entier ou de ses sous-produits. L'une des techniques les plus étudiées est l'ensilage enzymatique avec différents types de protéases, mais les ensilages biologiques et chimiques sont également utilisés dans diverses recherches pour la séparation de l'huile de poisson.

## Partie expérimentale

### Matériels et méthodes

#### 1. Cadre d'étude :

Notre étude expérimentale a été réalisée dans le laboratoire et l'animalerie du Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf -Mila – Département des sciences de la nature et de la vie, ainsi qu'au Centre de Recherche en Biotechnologie (CRBT) de Constantine.

#### 2. L'objectif de l'étude :

Dans le but de produire un complément alimentaire et quelques produits cosmétiques d'une part à base d'huile de poisson seul et d'autre part à partir d'huile de poisson combinée à une huile végétale, on a réalisé notre étude sur deux espèces animales appartenant respectivement à la famille des Clupéidés, des Cyprinidés et une espèce végétale de la famille des Linacées. Ces espèces sont : *Sardina pilchardus*, *cyprinus carpio* et *Linum usitatissimum*.

Nous avons procédé à extraire les huiles de ces espèces et les utiliser ensuite dans le processus de la production de nos produits.

#### 3. Extraction d'huile de poisson et d'huile de graines de Lin :

Il existe plusieurs méthodes d'extraction de l'huile de poisson, dont la plus couramment utilisée est le pressage humide, alors que le pressage à froid représente une méthode innovante introduite sur le marché, il s'agit d'un procédé d'extraction breveté par l'industrie de la production d'huiles végétales.

##### I.3.1. Matériel :

##### I.3.1.1. Matériel animal :

Le matériel animal utilisé dans cette étude est représenté dans la figure 01. Après la pêche les poissons sont conservés dans une glacière pour faciliter leur transport au laboratoire.



**Figure14 : Matériel animal**

### 1.3.1.2. Matériel végétal

Les graines de Lin utilisées pour extraire l'huile sont représentées dans la figure 02.



**Figure 15 : graines de Lin (photo personnelle, 2023)**

**I.3.1.3. Matériel de laboratoire**

Pour réaliser notre travail nous avons utilisés le matériel suivant :

- Balance de précision
- Cocotte-minute
- Dispositif de chauffage
- Ampoule à décanter
- Support pour ampoule à décanter
- Entonnoir
- Micropipettes
- Embouts de pipettes
- Pipette pasteur
- Portoir en plastique
- Pince de laboratoire
- Centrifugeuse
- Flacons en verre ambré
- Tubes à essai avec bouchons

**I.3.2. Méthodes :****I.3.2.1. Extraction de l'huile de poisson par pressage humide :****I.3.2.1.1. Préparation de l'échantillon animal :**

La matière animale est préparée selon les étapes suivantes :

- Préparer le poisson en lui enlevant la tête et les viscères.
- Nettoyer la chair en séparant les arêtes de la peau.



**Figure 16 :** Préparation de l'échantillon animal

#### **I.3.2.1.2. Principe :**

L'extraction de l'huile de poisson par pressage humide consiste à cuire la matière première (les poissons) puis à transférer le produit de cuisson dans un décanteur, et la matière solide est introduite dans une presse qui sépare le liquide du solide permettant une meilleure séparation de la phase huileuse sur centrifugeuse (Fao, 1986).

#### **I.3.2.1.3. Mode opératoire**

- Peser les poissons
- Cuire la matière première (poissons) avec coagulation des protéines.
- Presser la matière solide pour la séparer du liquide.
- Réaliser la décantation dans une ampoule à décanter afin d'éliminer l'eau et recueillir des huiles.
- Effectuer un processus de centrifugation pour assurer une meilleure séparation d'huile de poisson. (Figure 4)



**Figure 17 : Extraction des huiles de Poissons (Sardines et Carpes Royales) par pressage humide**

### **I.3.2.2. Extraction de l'huile de graines de Lin par pressage à froid :**

L'extraction des huiles végétales par pression à froid à partir des graines est le moyen mécanique leur permettant d'être nettoyées de leurs impuretés, décortiquées et / ou broyées, chauffées à la vapeur si nécessaire à 50° au maximum, puis pressées avec une presse pour extraire l'huile enfin centrifugées ou filtrées sous contrôle de la température tout au long de ce processus (face au risque n°553, juin 2019, p 9).

Les étapes à suivre sont :

- Mettre les graines de lin dans le réservoir de la machine.
- Allumer la presse à huile pour commencer l'extraction.
- Placer un récipient sous le bec de la presse afin d'éviter la perte d'huile.

- Procéder à l'extraction de l'huile.
- Eteindre la presse à huile à la fin du processus d'extraction.
- Filtrer l'huile produite avec une passoire fine ou à l'aide d'un tamis.
- Stocker l'huile de lin dans un endroit frais et sec.



**Figure 18 : Extraction de l'huile de graines de Lin par pressage à froid**

### **I.3.3. Détermination du rendement en huile :**

Le rendement d'extraction en huile (R) est obtenu en appliquant la formule suivante :

$$R (\%) = \frac{M_1}{M_0} \times 100$$

Où :

R (%) : est le rendement.

M1 (g) : est la masse d'huile extraite.

**M<sub>0</sub>** : est la masse de la matière animale ou végétale utilisée pour réaliser l'extraction ([www.dlecorgnechimie.fr](http://www.dlecorgnechimie.fr),2014).

#### 4. Étude des paramètres chimiques :

##### I.4.1. Matériels et Réactifs :

###### 1.4.1.1. Matériel biologique :

Cinq échantillons ont été utilisés dans cette étude : huile de sardine, huile de carpe, huile de lin, un mélange d'huile de sardine et d'huile de lin et en dernier un mélange d'huile de carpe et d'huile de lin.

###### 1.4.1.2. Appareillage

Matériel courant de laboratoire et en particulier :

- Balance analytique
- Réfrigérant à reflux
- Dispositif de chauffage
- Micro burette graduée.
- Ballon
- Centrifugeuse

###### 1.4.1.3. Réactifs

On a utilisé uniquement des réactifs de qualité analytique reconnus et de l'eau déminéralisée.

- Éthanol à 95%
- Solution d'hydroxyde de sodium
- Solution d'hydroxyde de potassium (KOH) à 0,5 mol/l
- Solution d'acide chlorhydrique (HCL) à 0,5 mol/l
- Solution de phénolphthaléine
- Solution de chloroforme
- Solution d'acide acétique
- Solution d'iodure de potassium (saturée)

- Solution de thiosulfate de sodium titrée 0,01 N ou 0,02 N
- Empois d'amidon

#### I.4.2. Indice d'acide et acidité de l'huile :

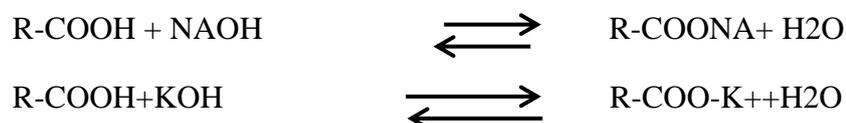
##### I.4.2.1. Définition :

L'indice d'acide (IA) est le nombre de milligrammes d'hydroxyde de potassium (KOH) indispensable à la neutralisation des acides gras libres présents dans un gramme d'huile, tandis que l'acidité d'un corps gras est le pourcentage d'acides gras libres et dépend souvent de la teneur en acide oléique ( **Houmba et al., 2016**).

I.4.2.2. Méthode à l'éthanol chaud utilisant un indicateur (méthode adaptée de la norme NF EN ISO 660 :1996 deuxième édition.

##### I.4.2.2.1. Principe :

La détermination de l'indice d'acide et de l'acidité repose sur la mise en solution d'une prise d'essai dans de l'éthanol chaud, puis titrage des acides présents avec une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ou de potassium.

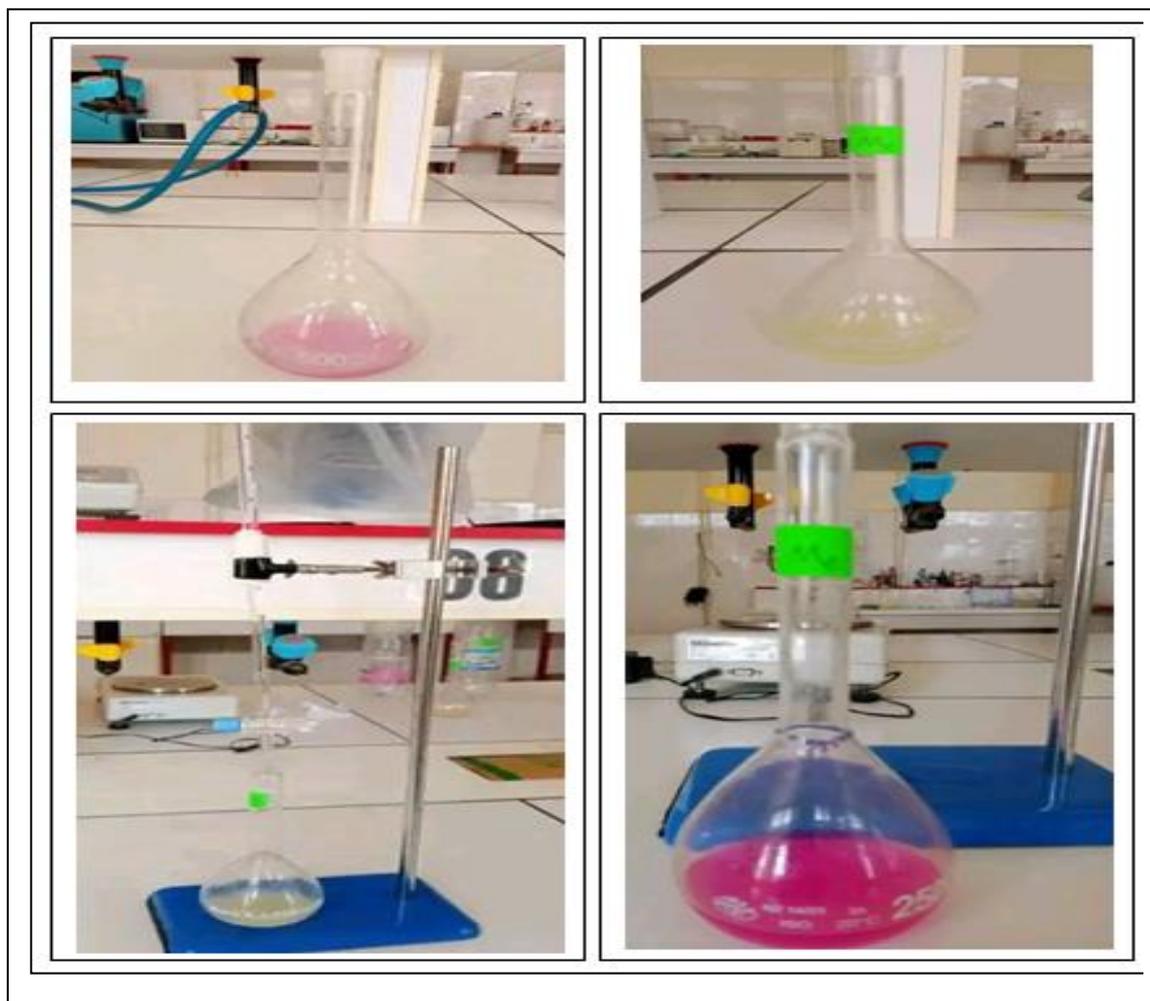


Avec R-COOH : acides gras libres

##### I.4.2.2.2. Mode Opérateur :

- Peser 2g d'huile versée dans une première fiole à l'aide d'une balance analytique.
- Faire bouillir 50 ml d'éthanol contenu dans une deuxième fiole avec 0,5 ml d'une solution indicatrice de phénolphthaléine, les neutraliser en ajoutant une solution à 0,1 mol/l d'hydroxyde de sodium ou de potassium (virage de l'incolore au rose pâle).
- Ajouter l'éthanol neutralisé à la prise d'essai contenue dans la première fiole en chauffant le contenu jusqu'à ébullition et le titrer avec la solution d'hydroxyde de sodium en agitant constamment le contenu de la fiole pendant le titrage (Figure 6).

Le point final de titrage est atteint lorsque l'ajout d'une seule goutte d'alcali entraîne un changement de la couleur qui persiste 15secondes (l'apparition d'une couleur rose).



**Figure 19:** Détermination de l'indice d'acide

**I.4.2.2.3. Expression des résultats :**

$$A (\%) = \frac{V \times N \times M}{10 \times m}$$

Où

A : Acidité de l'huile (%).

V : est le volume en ml de la solution titrée d'hydroxyde de sodium utilisée.

N : est la normalité de la solution titrée d'hydroxyde de sodium (0,1 N).

M : est la masse molaire en grammes/ mol de l'acide gras adapté pour l'expression du résultat = 282 g/mol pour l'acide oléique.

m : Masse en grammes de la prise d'essai.

$$IA (\%) = \frac{V \times C \times 56.1}{m}$$

Où

IA : est l'indice d'acide.

56,1 : est la masse molaire de l'hydroxyde de potassium en g/mol.

V : est le volume en ml de la solution titrée d'hydroxyde de sodium utilisée.

C : est la concentration exacte en mol/ l de la solution titrée d'hydroxyde de sodium utilisée.

m : est la masse en grammes de la prise d'essai.

**I.4.3. Indice de saponification****I.4.3.1. Définition :**

Selon le journal officiel de la république algérienne (J.O. n° 64-2011) l'indice de saponification est le nombre de milligrammes d'hydroxyde de potassium indispensable pour saponifier un gramme de matière grasse.

**I.4.3.2. Principe :**

Faire bouillir une matière grasse à reflux avec une solution éthanolique d'hydroxyde de potassium, puis titrer avec l'acide chlorhydrique (HCL).

**I.4.3.3. Mode Opérateur :**

- Peser 2g d'huile versée dans un ballon à l'aide d'une balance analytique.
- Ajouter à la prise d'essai 25 ml de la solution éthanolique d'hydroxyde de potassium à 0,5 mol/l.
- Relier le réfrigérant à reflux au ballon.
- Placer le ballon sur le dispositif de chauffage.
- Faire bouillir en agitant de temps en temps pendant une heure.
- Ajouter à la solution chaude de 0,5 à 1ml de la solution de phénolphaléine.
- Effectuer un titrage avec l'acide chlorhydrique jusqu'à disparition de la couleur rose de l'indicateur.
- Faire un essai à blanc en suivant le même Protocole en omettant la prise d'essai.

**I.4.3.4. Expression des résultats**

$$IS = \frac{(V_0 - V_1) \times C \times 56,1}{m}$$

Où ;

IS : Indice de saponification.

56,1 : Masse molaire de l'hydroxyde de potassium (KOH).

V<sub>0</sub> : Volume en ml de l'acide chlorhydrique utilisé pour l'essai à blanc.

V<sub>1</sub> : Volume en ml de l'acide chlorhydrique utilisé pour la détermination.

C : Concentration exacte d'acide chlorhydrique.

m : Masse en grammes de la prise d'essai.

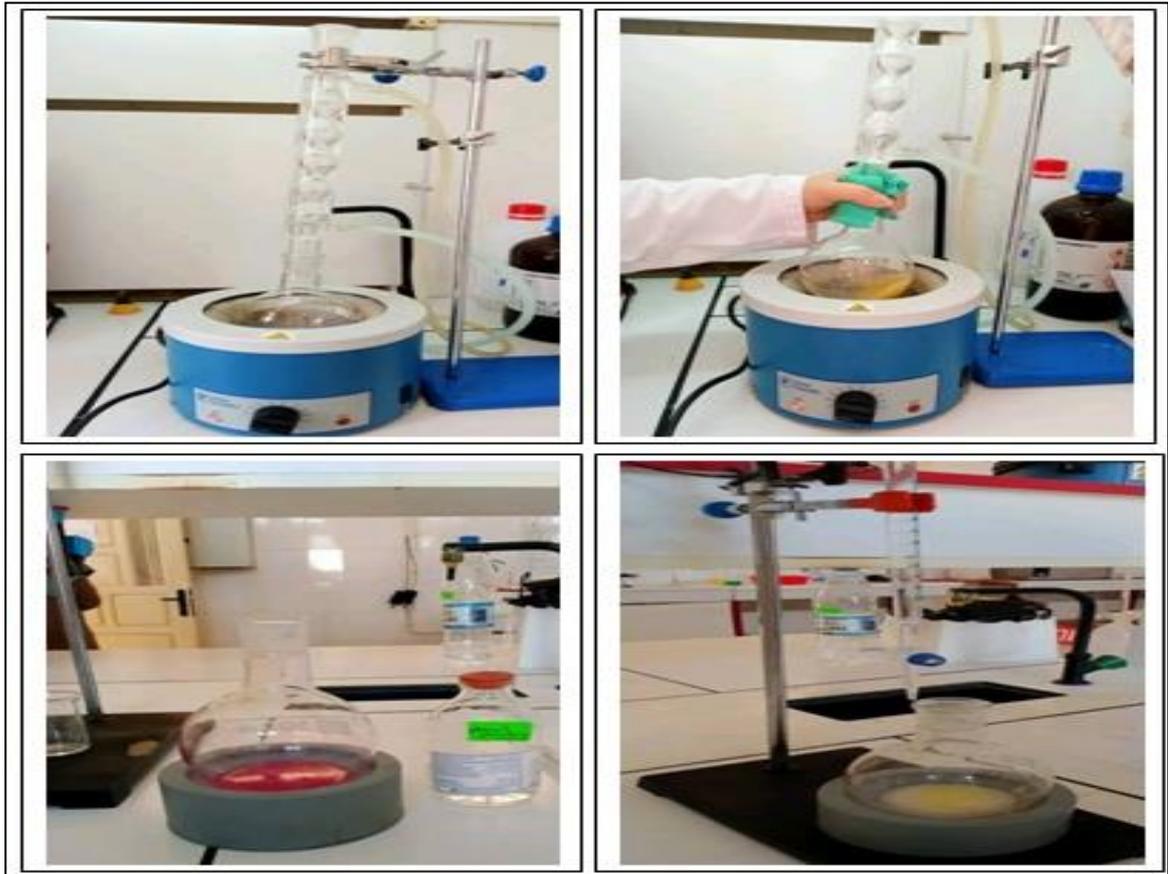


Figure 20 : Détermination de l'indice de saponification

#### I.4.4. Indice de peroxyde

##### I.4.4.1. Définition

Selon (ISO 3960 : 2017 (E)) l'indice de peroxyde est le nombre de milli équivalents d'oxygène actif contenu dans un kilogramme d'huile et qui permet d'oxyder l'iodure de potassium.

##### I.4.4.2. Principe

La détermination de l'indice de peroxyde consiste à titrer l'iode libéré par les peroxydes, à l'aide d'une solution titrée de thiosulfate de sodium après l'ajout de l'iodure de potassium.

**I.4.4.3. Mode opératoire**

L'indice de peroxyde a été déterminé par titrage iodométrique (ISO 3960-1977 (F) ).

- Dissoudre 2 g d'huile dans 10 ml de chloroforme.
- Additionner 15 ml d'acide acétique et 1 ml de la solution saturée d'iodure de potassium.
- Faire une agitation magnétique pendant 1 min.
- Placer le tout à l'abri de la lumière pendant 5 min.
- Ajouter 75 ml d'eau distillée et quelques gouttes d'indicateur d'amidon à 1%.
- Titrer l'iode libéré avec la solution de thiosulfate de sodium 0,1 N en agitant jusqu'à la disparition de la couleur bleue.
- Préparer un blanc en suivant la même procédure en omettant la prise d'essai.

**I.4.4.4. Détermination de l'indice de peroxyde :**

$$IP = \frac{(V1 - V0) \times N \times 1000}{m}$$

Où :

V0 : Volume en ml de la solution titrée de thiosulfate de sodium utilisé pour le blanc.

V1 : Volume en ml de la solution de thiosulfate utilisé pour titrer l'échantillon.

N : Normalité de la solution de thiosulfate de sodium utilisée.

m : Masse en grammes de la prise d'essai.

**5. Étude des paramètres physiques :****I.5.1. Densité relative :****I.5.1.1. Définition :**

La densité relative à une température de 20°C d'une huile est le rapport de la masse dans l'air d'un volume de cette huile à la masse d'un même volume d'eau distillée à la même température (J.O. n° 66-2012).

**I.5.1.2. Principe :**

Des pesées de volumes égaux d'huile et d'eau distillée sont effectuées à la température de 20°C à l'aide d'une balance analytique.

**I.5.1.3. Mode opératoire :**

- Nettoyer et sécher une fiole à densité relative (ou un pycnomètre) de 25 ml.
- Peser la fiole vide et la remplir d'eau distillée fraîchement bouillie et refroidie, puis la placer dans un bain-marie à 20°C jusqu'à ce qu'elle atteigne cette température.
- Retirer la fiole du bain- marie puis la peser après quelques instants.
- Vider et sécher la fiole puis la remplir avec la matière grasse et la placer dans un bain- marie programmé à 20°C.
- La retirer, la sécher et la laisser reposer puis la peser dans l'air.
- Refaire l'essai pour tous les échantillons.

**I.5.1.4. Expression des résultats**

$$D = m_2 / m_1 [1 + \alpha + (t - 20^\circ\text{C})]$$

Où :

D : est la densité relative à 20°C dans l'air.

m<sub>2</sub> : est la masse en grammes de l'huile utilisée pour la détermination.

m<sub>1</sub> : est la masse en grammes de l'eau distillée utilisée.

t : est la température ambiante.

$\alpha$  : est le coefficient de dilatation cubique du verre à la température donnée, dont :

$\alpha = 0,00003$  pour le verre normal.

$\alpha = 0,00001$  pour le verre au borosilicate.

## **I.5.2. Masse volumique conventionnelle**

### **I.5.2.1. Définition**

La masse volumique conventionnelle (poids du litre dans l'air) d'une matière grasse est le quotient de la masse par le volume de cette matière grasse, mesuré dans l'air à une température donnée, elle est exprimée en kilogrammes par litre (grammes par millilitre), elle a été déterminée selon la norme ISO 18301 : 2014 (F).

### **I.5.2.2. Principe**

Une petite quantité de la prise d'essai (généralement 1 ml) est placée dans une cellule de mesure thermostatée, calcul est effectué du poids de litre de la matière grasse pour essai.

### **Mode opératoire :**

#### **I.5.2.3. Détermination de la masse volumique :**

$$P = m / v.$$

Où

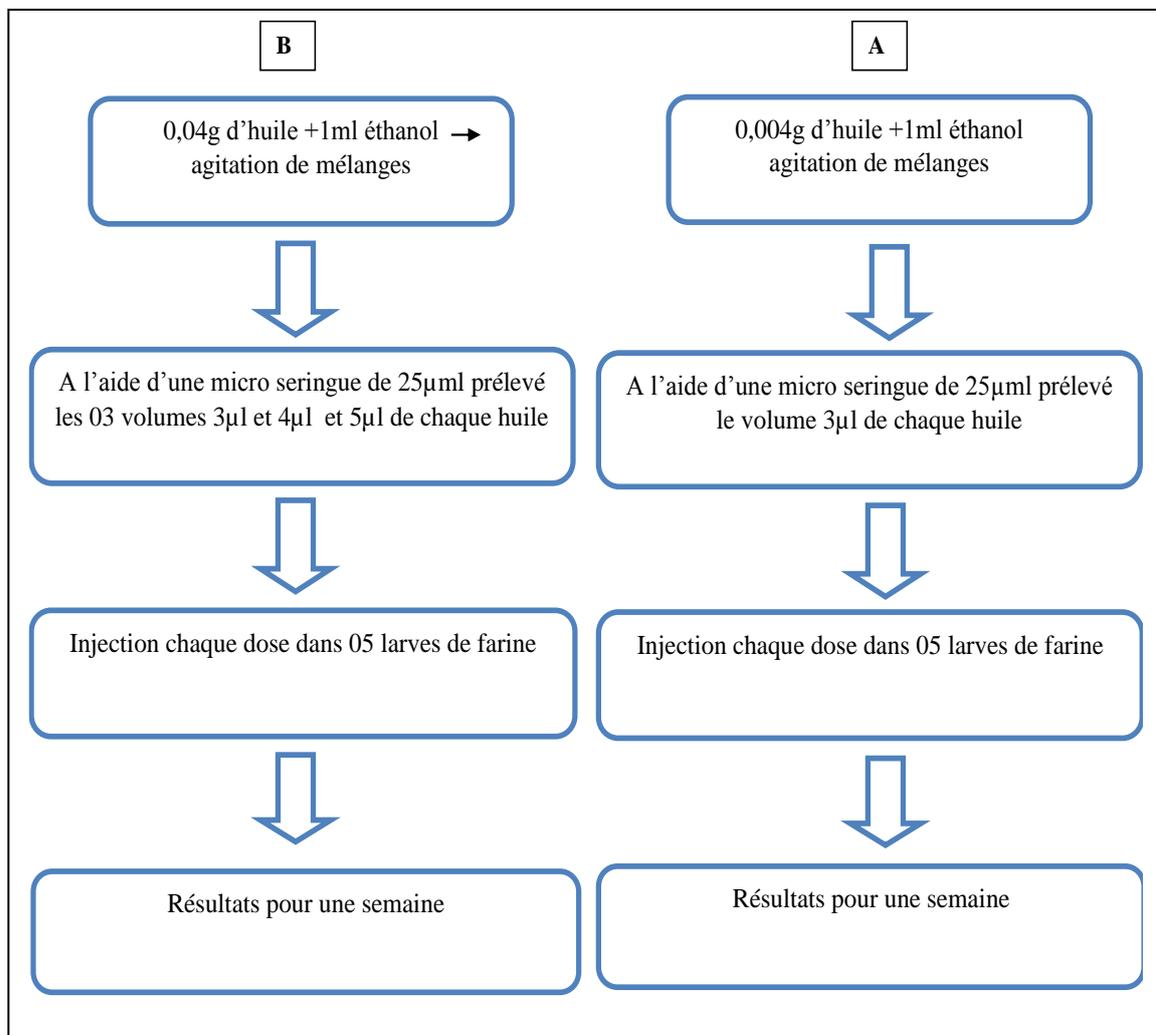
P : est la masse volumique du corps gras.

m : est la masse du corps gras utilisé.

v : est le volume occupé par ce corps gras.

## II. Cytotoxicité :

Pour effectuer le test de cytotoxicité nous avons suivi le protocole élaboré sur les larves de vers de farine par **van der Valk et van der Meijden, 2014**. Dans notre travail nous avons remplacé la solution de venin par les huiles extraites ayant un volume allant de 3 $\mu$ l jusqu'à 5 $\mu$ l ont été injectées à l'aide d'une micro seringue Exmire de 25  $\mu$ l . La quantité d'huile injectée a été ajustée à la masse de la larve individuelle (159,05  $\pm$  19,17 mg). Des injections ont été faites escaudalement dans la face ventrale des larves, latéralement à la ligne médiane, car cela évite les systèmes d'organes les plus essentiels. Les larves ont ensuite été incubées à température ambiante pendant 5 à 7 jours supplémentaires. La mortalité a été évaluée par la décoloration des larves . Cinq larves ont été utilisées pour chaque concentration testée.



**Figure 21:** protocole de la cytotoxicité



**Figure 22** : les étapes de réalisation du protocole de cytotoxicité

**Résultats et discussion :**

1. Résultats d'étude de l'huile des poissons sardine, carpe royale et graines de lin.

**1. Les rendements d'extraction d'huile :**

Le rendement d'extraction d'huile à partir de la même quantité (1kg) de sardine, de carpe royale et de graines de lin est représenté dans le (Tab5).

	La carpe royale	La sardine	Graines de lin
Rendement ( %)	0,45	5,05	80

Les valeurs obtenues montrent que le rendement de la sardine est plus important que celui de la carpe royale (5,05%), expliqué probablement par la différence de l'habitat (milieu salé, eaux douces) et la nature de l'espèce.

Selon Médale en 2009, la quantité de graisses présente dans les muscles de la sardine varie tout au long de l'année. Ces variations importantes sont directement liées à l'abondance de la nourriture disponible dans son environnement naturel et à son stade de maturité sexuelle.

**2. Les propriétés physicochimiques des huiles obtenues :****1.2.1. Les caractéristiques organoleptiques**

Pour apprécier les caractéristiques organoleptiques de nos huiles nous avons étudié la couleur, l'odeur et la consistance. Les résultats illustrés dans le (Tab. 06) représentent les critères organoleptiques de l'huile de poissons (carpe royale, sardine) et l'huile de graines de lin.

**Tableau 6:** Les Caractéristiques organoleptiques des huiles.

	Carpe royale	Sardine	Graines de lin
Couleur	Jaune	Jaune claire	Orange
Odeur	Douce	Fort	Faible
Consistance	Epaisse, visqueuse et filante	Epaisse	Visqueuse et filante

Les caractéristiques organoleptiques des huiles de poissons sont influencées par plusieurs facteurs tels que l'espèce, le régime alimentaire, l'état de fraîcheur, la méthode d'extraction, le stockage et les conditions de traitement (**Bouhandi et al., 2015**).

Celles qui sont relatifs à la couleur, l'odeur et la consistance présente nature légère différence entre les deux espèces de poissons. Contrairement à ceux des graines de lin où on note une dissemblance claire.

### 1.2.2. Les propriétés chimiques :

Les résultats obtenus de l'analyse des paramètres chimiques de l'huile de poisson et de l'huile végétale de sont regroupés dans le (Tab.07) qui représente l'indice d'acide (Ia), l'indice de saponification (Is) et l'indice de peroxyde (Ip)

**Tableau 7:** Paramètres chimiques de l'huile de poisson et de l'huile végétale.

	Ia (mg KOH/g)	Is (mg KOH/g)	IP(milliéquivalents d'oxygène actif /Kg)
Carpe royale	1,402	191 ,5	4 ,02
Sardine	2,244	190	4
Graines de lin	1,963	199,05	3 ,5
M1	1,963	193	4,05
M2	12,62	194,07	1,77

#### 2.1.3.1. Indice d'acide :

L'indice d'acide (Ia) d'un corps gras caractérise la pureté et la stabilité de l'huile et est un bon moyen de déterminer ses changements hydrolytiques (**Gossa et Mekchiche, 2014**).

Nos trois huiles (carpe royale, sardine, graines de lin) ont respectivement un indice d'acide de (1,402),(2,244) et (1,963 )qui respectent également les limites normatives fixées par le Codex Alimentarius qui ne dépasse pas 3mg KOH/g (Tableau 06).

### 2.1.3.2. Indice de saponification Is :

L'indice de saponification est lié à la longueur des chaînes d'acides gras qui composent les huiles, qui peut caractériser son poids moléculaire et est inversement proportionnel à la longueur moyenne des chaînes grasses (**Harper, 1977**).

Les valeurs mentionnées dans le tableau (Tab.06) des huiles des deux espèces de poissons sont inclus dans l'intervalle de Codex Alimentarius relatif aux sardines.

Pour graines de lin la valeur de cet indice égale 199,05(Tab.06), elle est proche de la valeur obtenue par **Amrouche,2013** (191) et inclus dans l'intervalle de Codex Alimentarius (177-197).

### 2.1.3.3. Indice de peroxyde (NF T 60-220 et ISO 3960) :

L'indice de peroxyde est recherché pour évaluer l'état de conservation d'une matière grasse au cours du stockage. L'indice de peroxyde est le nombre de microgrammes d'oxygène actif contenus dans un gramme de corps gras et susceptibles d'oxyder l'iodure de potassium. Il est exprimé en microgrammes par gramme ou plus souvent en milliéquivalent d'oxygène actif par kilo gramme. Cet indice permet d'apprécier les premières étapes d'une détérioration oxydative de l'huile.

Les valeurs de l'indice de peroxyde trouvées dans cette étude varient entre 2,7 et 4 qui sont dans les normes selon le Codex Alimentarius,2017. Celles du grain de lin sont proches de Amrouche,2013.

### 3. Les paramètres physiques des huiles de poisson :

#### 3.1 La densité :

La densité des huiles de poisson varie entre 0,72 g/cm<sup>3</sup> et 0,94 g/cm<sup>3</sup>

**Tableau : 8** Les résultats de la densité des huiles utilisées dans notre étude

Les huiles	CR	PS	GL	M1	M2
La densité	0,929g	0,720g	1,220g	0,970	1,074

D'après les résultats affichés au tableau, l'huile de sardine est plus dense que celle de la carpe royale. Le mélange d'huile de sardine et graines de lin (M1) est aussi plus dense que le mélange d'huile de carpe royale et de graines de lin.

Les valeurs portées sur le tableau ci-dessus sont incluses dans l'intervalle donné par codex Alimentarius.

#### 3.2 La masse volumique :

**Tableau : 9** Les résultats de la masse volumique des trois échantillons d'huiles

Les huiles	CR	PS	GL	M1	M2
Masse volumique	0,95g/ml	0,85g/ml	0,90g/ml	0,93g/ml	0,89g/ml

**4. Résultats du test de toxicité :**

Les résultats de toxicité des huiles sont représentés dans le tableau 6

**Tableau 10** : Taux de mortalité des larves de farine après injection de 0,04 g et 0,004g d'huile

	0,004 g d'huile	0,04 g d'huile		
	3 $\mu$ l	3 $\mu$ l	4 $\mu$ l	5 $\mu$ l
Huile de carpe royale	0%	0%	20%	20%
Huile de sardine	20%	0%	20%	20%
Huile de grains de lin	20%	0%	20%	20%
Huile de M1	0%	0%	20%	0%
Huile de M2	20%	0%	0%	0%
Éthanol	0%	0%	0%	0%

D'après les résultats obtenus, on constate que les larves injectées avec les différentes huiles diluées avec une solution d'éthanol ont survécu et se sont développées normalement avec un taux de mortalité faible et ne dépassant pas 20%. Cette situation est due probablement à la méthode d'injection qui a touché leur système d'organes les plus essentiels. Ce qui explique que nos huiles sont de bonne qualité.

## Conclusion

---

### Conclusion :

La valorisation de l'huile de poisson dans la préparation de compléments alimentaires, de produits cosmétiques et en alimentation animale offre une opportunité de profiter des nombreux bienfaits des acides gras oméga-3 pour la santé et la beauté. Cependant, il est essentiel de s'assurer de la qualité et de l'origine de l'huile de poisson utilisée pour garantir son efficacité et sa durabilité.

Les valeurs obtenues nous ont montré que le rendement en huile chez la sardine (5,05%) était supérieur à celui de carpes (0,45%), ce qui peut être dû aux différents facteurs tels que la qualité d'habitat, la nature de l'espèce ou encore le génotype.

Les propriétés organoleptiques de nos huiles (la couleur, l'odeur et la consistance) reflètent une légère différence entre les deux espèces de poissons, qui sont affectées par divers facteurs tels que l'espèce, le régime alimentaire, l'état de fraîcheur, les conditions de stockage et de transformation. D'autre part, la comparaison entre l'huile de poissons et les graines de lin expose des différences distinctes qui proviennent probablement des méthodes d'extraction et du traitement utilisés et l'origine de l'organisme.

Les indices d'acidité de nos trois huiles (carpe, sardine, lin) sont respectivement de 1,402, 2,244 et 1,963, respectant également les limites normatives fixées par le Codex Alimentarius de ne pas dépasser 3mg KOH/g.

L'indice de saponification pour les deux poissons est inclus dans les intervalles du Codex Alimentarius liés aux sardines. Pour le lin, la valeur de l'indice est de 199,05, proche de la valeur obtenue par Amrouche 2013 (191) et incluse dans l'intervalle du Codex Alimentarius (177-197).

Les valeurs d'indice de peroxyde trouvées dans cette étude variaient entre 2,7 et 4, répondant aux normes du Codex Alimentarius (Codex Alimentarius, 2017). Les résultats pour le lin sont proches de ceux (d'Amrouche, 2013).

La densité, l'huile de sardine est plus épaisse que l'huile de carpe royale, et le mélange d'huile de sardine et de graines de lin (M1) est également plus épais que le mélange d'huile de carpe royale et de graines de lin.

Enfin, les larves de diverses huiles diluées avec une solution d'éthanol pour injection ont toutes survécu et se sont développées normalement, et le taux de mortalité

## Conclusion

---

n'était pas supérieur à 20%. Cela est probablement dû à la méthode d'injection affectant leurs systèmes d'organes les plus vitaux, c'est pourquoi nos huiles sont de bonne qualité et parfait.

## Bibliographie

---

### Bibliographies :

- **Abad R et al., 1998.** Acoustic estimation of abundance and distribution of sardine in the Northwestern Mediterranean. *Fisheries research*, 34. p 239 - 245.
- **Acket S, Blondiaux M, Bouton S, Pageau K, Pau-Roblot C, Lequart M, Marcelo P, Fournet F, Van Wuytswinkel O. (2011).** Formation et structure du mucilage séminal chez le lin, Poster Réseaux Français des parois (6-8 juin), Lille.
- **Aldbert Y et Carries C. 1976.** Premiers résultats d'une étude quantitative de la reproduction de la sardine dans le Golfe de Lion. *XXV éme Congrès. CIESM*. Split. France.
- **Alheit J et hagenE;1997.** Long-term climate forcing of European herring and Sardinepopulations. *Fisheries Oceanography* 6 (2): 130-139.
- **Almany, F; et Alvarez, F; 1993.** Growth differences among sardine (*Sardina pilchardus, walb.*).
- **Amara, R., Mahe, K., LePape, O., Desroy, N., 2007.** Growth, feeding and distribution of the solenette *Buglossidium luteum* with particular reference to its habitat preference. *Journal of Sea Research*, 51, 211-217.
- **Amenzoui K., Tachinanate F.F., Yahyaoui A., Kifani S and Mesfioui H. 2006** Analysis of the cycle of reproduction of *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) off Moroccan Atlantic coast. *C.R.Biologies* 329 (2006) 892-901.
- **Anonyme, 2001.** Sardine otolith workshop. FAO Fisheries Report, 685, 49pp.
- **Anonyme, 2006 :** Parc National de Théniet EL Had. Direction Générale des Forêts. ATLAS des parcs nationaux algériens 91 PP.
- **Anonyme. 2007.** Report of the working group on the assessment of small-pelagic fish off
- Aquatic Species, FAO, Rome.
- **Bakum, A . 1996-** Patterns in the ocean and marine population Dynamic. California Sea Grant Colledge System, La Jolla, CA, 323 p.
- **Bauchot M.L. ; Pras A. 1980-** Guide des poissons marins d'Europe. Les guides du naturaliste, Delachaux et Niestlé édit. : 1-427,34 fig ; 40 pl. noir (352 fig), 24pl. couleur (154 fig).
- **Beard B. H. & Comstock V. E. (1980).** Flax Hybridization of Crop Plants. *American Society of Agronomy- Crop Science Society of America*, 357-366.
- **Bedairia A et Djebbar A.B. 2009.** A preliminary analysis of the state of exploitation of the sardine, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792), in the gulf of Annaba, East Algerian. *Animal Biodiversity and Conservation*, 3(2). p89 - 99.

## Bibliographie

- **Bernal, M., Stratoudakis Y., Coombs S., Angelico M.M., Iago de Lanzas A., Porteiro C. Sagarminaga Y., Santos M., Uriarte A., Cunha E., Valdés L., Borchers D.**, 2007-Sardine spawning off the European Atlantic coast: Characterization of spatio-temporal variability in spawning habitat. *Prog. Oceanog*; 74,210-227.
- **Beroual, K., Maameri, Z., Halmi, S., Benleksira, B., Agabou, A., & Hamdi-Pacha, Y.** (2013). Effects of *Linum usitatissimum* L. ingestion and oil topical application on hair growth in rabbit. *Int. J. Med. Arom. Plants*, 3(4), 459-463.
- **Beroual, K., Maameri, Z., Halmi, S., Benleksira, B., Agabou, A., & Hamdi-Pacha, Y.** (2013). Effects of *Linum usitatissimum* L. ingestion and oil topical application on hair growth in rabbit. *Int. J. Med. Arom. Plants*, 3(4), 459-463.
- **Binet D.; Samb B.; Taleb Sidi M.; Levenez J.J., Servain J.;** 1998.- Sardines and other pelagic Fisheries changes associated with trade wind increases in the Canary current upwelling (26°N-14°N), late 1960s-early 1990. In: Durand M.H; Mendelssohn, R; Cury, P; Roy, C; Pauly D.(eds). Global versus local changes in upwelling systems. Collection &
- **Bloedon L.T. & Szapary P. O.** (2004). Flaxseed and cardiovascular risk. *Nutrition Review*, 62(1), 18-27.
- **Bode A.; Alvarez-Ossorio M.T.; Carrera P.; & Lorenzo J.** 2004 - Reconstitution of
- **Bolsheva N. L., Alexander V., Zelenin, Inna V., Nosova., Alexandra V. & Muravenko.** (2015). The Diversity of Karyotypes and Genomes within Section Syllinum of the Genus *Linum* (Linaceae). *Revealed by Molecular Cytogenetic Markers and RAPD Analysis*.
- **Burton R.S.**, 1996 -Molecular tools in marine ecology. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 200: 85-101.
- **Cendrero O.**, 2002 -Sardine and anchovy crises in northern Spain: natural variations or an effect of human activities, *ICES Marine Science Symposia* 215: pp.279-285.
- **Chateau, T.** (1863). *Corps Gras Industriels*, 2<sup>e</sup> édition, J. Hetzel et Cie., éditeurs.
- **Cheftel, J. C. et Cheftel, H.** 1977- Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments, Ed. Lavoisier, 371 p.
- **Chlaida, M.** 2009- variabilité allozymique associée au flux migratoire des populations de sardine, *Sardinophilus*, le long de la côte nord-ouest africaine. Thèse doctorat. Université Mohammed V- Agdal faculté des sciences Rabat.
- **Conway, D.V.P; Tranter P.R.G; Puelles M.L.F; et Coombs S.H.** 1991- Feedings of

## Bibliographie

larval sprat (*Sprattus sprattus* L.) and Sardine (*Sardina pilchardus* walbaum). ICES CM Bioul. Oceanog. Committes, 76: 7p.

- **Coombs S.H., Smyth, T.J., Conway, D.V.P., Halliday N.C., Bernal, M., Stratoudakis, Y., Alvarez, P.,** 2006. Spawning season and temperature relationships for sardine (*Sardinapilchardus*) in the eastern North Atlantic .*J.Mar.Biol.Ass. U.K.*, 86, PP.1245-1252.
- **Corten,A. ; van Kamp G. ;** 1996 - Variations in the abundance of southern fish species in the southern North Sea in relation to hydrography and wind. ICES, Journal of Marine Science, 53: PP.1113-1119.
- **CRESSEY R. F.** (1983) - Crustaceans as parasites of other organisms. The biology of Crustacea, vol. 6, pp. 251-273.
- **Cury P.; Bakun A. Crawford R.J.M. Jarre A.; Quinones R.A.; Shannon L.J.; Verheye, H.M.** 2000.- Small pelagics in upwelling systems: patterns of interaction and structural changes in the waist Ecosystems. Ices journal of Marine Science, 57, 603-618.
- **Darley, J.M., et Stern, P.C.** (1992) - Psychological research for the sardines. *Psychologist*, 47, 1213-1223. Personality Theory .
- **Daun, J. K., Barthet, V. J., Chomick, T. L., & Duguid, S. (2003).** Structure, composition, and variety development of flaxseed In: *Flaxseed in human nutrition*, By LU Thompson and SC Cunnae.
- **Daun, J. K., Barthet, V. J., Chomick, T. L., & Duguid, S. (2003).** Structure, composition, and variety development of flaxseed In: *Flaxseed in human nutrition*, By LU Thompson and SC Cunnae.
- **De Moor, I.J. & Bruton, M.N.,** 1988. Atlas of alien and translocated indigenous aquatic animals in southern Africa. A report of the Committee for Nature Conservation Research National Programme for Ecosystem Research. South African Scientific Programmes Report No. 144. 310 p. Port Elizabeth, South Africa.
- **Demirhindi U.;** 1961. -Nutrition of the Sardine (*Sardine pilchardus* walb.). Proceedings and Technical papers of the general Fisheries council for the Mediterranean, 6: PP. 253-259.
- **DobM.;** 1988. Approche de quelques paramètres de la biologie et la dynamique de la population exploitée de la sardine (*Sardina Pilchardus*) (Walbaum, 1792). Eastern North Atlantic. *J.Mar. Biol. Ass. U.K.*; 86, PP.1245-1252.
- **Eaton, J.G., Mc Cormick, J.H., Goodno, B.E., O'Brien, D.G., Stefany, H.G.,**

## Bibliographie

- Hondzo M. & Scheller, R.M., 1995.** A field information-based system for estimating fish temperature tolerances. *Fisheries* 20(4):10-18.
- *encrasicolis* (linné, 1758) en baie de beni-saf. Elements de biologie et d'exploitation.
  - **Ettahiri O.; Berraho A.; vidy G.; Ramdany M.; Do chi T.; 2003.-** Observation on the spawning of European Atlantic coast: Characterization of spatio-temporal variability in spawning. 234 PP.
  - **FAO : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. 2014.** La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture. Possibilités et défis. 275p.
  - **FAO, 1997.** FAO database on introduced aquatic species. FAO Database on Introduced
  - **Fisher W., Bauchot M.L et Shneider M. 1987.** Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche (Révision 1). Méditerranée et mer Noire. Zone de pêche 37. Vertèbres. Rome. *FAO*. Vol 2. p761 – 153.
  - **Franco, Conway D., Sato M., Silva A., Bernal M., 2007-**Sardine (*Sardina pilchardus*) Spawning Seasonality in European Waters of the northeast Atlantic. *Mar SardBio.*, 152, PP. 201-212.
  - **Fréon P.; Stequert B.; 2005-** Note sur la présence de *sardine pilchardus* (Walb) au Sénégal: Etude de la biométrie et interprétation. *Cybium* 6 : pp. 65-90.
  - **Froese, R. & Pauly. D., 2003.** FishBase. World Wide Web electronic publication.
  - **Furnestin J.** 1945- Contribution à l'étude biologique de la Sardine atlantique *Sardina pilchardus*: W/B, Tran. Off. Sci. Tech. Peche. 51 PP.
  - **Gaggiotti O.E., Vetter R.D.** 1999- Effect of life history strategy, environmental variability, and Overexploitation on the genetic diversity of pelagic fish populations. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 56: pp.1376-1388.
  - **Ganias, K Somarakis, S ; Koutsijopoulos, C ; Machias, A ; 2007.** Factors affecting the spawning period of sardines in two highly oligotrophic Seas. *Mar. Biol*; 4, PP.1559-1569.
  - **Garrido S., Cunha M.E., Oliveira P.B., van der lingen C.D.** 2006-. Diet composition and feeding behaviour of Iberian Sardine (*Sardina pilchardus*). *ICES Document C.M.2006/f*: 17, 33 pp.
  - **Giannoulaki M., Machias A., Tsienides N.** 1999 - Ambient luminance and vertical migration of the Sardine *Sardina pilchardus* *Marine Ecology Progress Series* 178 : PP.29-38. Bibliographie 201.
  - **Guignard, J. L., (2015).** Abrégé de Botanique – Les familles de plantes 16ème édition. Frédéric Dupont, Jean-Louis Guignard Editions Elsevier Masson.

## Bibliographie

- **Guisande C., Cabanas J.M., Vergara A.R., Riveiro I.**, 2001- Effect of climate on recruitment success of Atlantic Iberian Sardine, *Sardina pilchardus*, *Marine Ecology Progress Series* 223: PP. 243-25.
- **Halligudi N. (2012)**. Pharmacological properties of flax seed Review *Hygeia. Journal for drugs and medicines* 4 (2), 70-77.
- **Huss Hh & Rye-Peterson E.** (1980). THE STABILITY OF *Clostridium botulinum* type E toxin in salty and or acid environment. *Journal of technology*, 15: PP. 619-623.
- Institute of Medicine Dietary Reference Intakes for Vitamins the National Academies Press, Washington. 8:860-865.
- **Jhala A. J. & Hall L. M. (2010)**. Flax (*Linum usitatissimum* L.): current uses and future applications. *Aust J Basic Appl Sci* 4(9), 4304-4312.
- **Kailola, P.J., Williams, M.J. Stewart, P.C. Reichelt, R.E. McNee A. & Grieve, C.** 1993. Australian fisheries resources. Bureau of Resource Sciences, Canberra, Australia. 422 p.
- **Kottelat, M. et Freyhof, J.** 2007. Handbook of European freshwater fishes. Publications Kottelat, Cornol and Freyhof, Berlin. 646 pp.
- **Lafond G. P., Irvine B., Johnston A. M., May W. E., McAndrew D. W., Shirtcliffe S. J. & Stevenson F. C. (2008)**. Impact of agronomic factors on seed yield formation and quality in flax. *Canadian Journal of Plant Science* 88 (3), 485-500.
- **Laiq Khan M., Sharif M., Sarwar Sameea M. & Ameen M. (2010)**. Chemical composition of different varieties of linseed. *Pakistan veterinary Journal* 30(2), 79-82.
- **Larraneta M.G.** 1960- Synopsis of biological data on *Sardina pilchardus* of the Mediterranean and adjacent seas. FAO Species Synopsis, 4, 26 p.
- **Lavoué S. miya M. ;saitoh K. Ishigur, N.B; nishida M.**; 2007- phylogenetic relationships among anchovies, sardines, herring. And their relatives (clupeiformes), inferred from whole mitogenome séquences. *Molecular phylogenetic and évolution* 43 (2007) PP. 1096-1105.
- **Lederer, J.**, 1988- Encyclopédie moderne de l'hygiène alimentaire, vol. 2, Ed. Nauwelaerts, 310 p.
- **Linden G .et Lorient D.** 1994 -Biochimie agro-industrielle, Ed. Masson, 359 p.
- **Linnaeus, C. 1758.** Systema Naturae, Ed. X. (Systema naturae per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis. Tomus I. Editio decima, reformata.) Holmiae. v. 1: i-ii + 1-824.
- **Lluch- Belda, D . Crawford, R.JM; Kawasaki T.; Maccall, A.D.; Parrish, R.H; Schwartzlose, R.A; Smith, P.E;** 1989 -. World-wide fluctuations of Sardine and Anchovy stocks: the regime problem. *S.Afr. J. mar. Sci.* 8, PP. 195-205.
- **Malcolmson L.** (2000). *Am Oil Chem Soc J*, 77:235-238.1. Food and Nutrition

## Bibliographie

Board,

- **Maucorps, A.** ; 1988. Sardine *Sardina Pilchardus* (Walbaum,1792) (clupéidés) in : lespêcheries du golfe de Gascogne. Bilan des connaissances. J. Dardignac (ed), Rapp. Scient.
- **Meddour, A., Rouabah, A., Meddour-Bouderda, K., Loucif, N., Remili, A., Khatal, Y., 2005.** Expérimentations sur la reproduction artificielle de sander*Lucioperca, HypophthalmichthysMolitrixet AristichthysNobilisen* Algerie.
- Mémoire d'ingenieur d'état en oceanographie, option : halieutique. ISMAL (alger) : 89 P.
- **Merrick, J.R. & G.E. Schmida, 1984.** Australian freshwater fishes: biology and management. Griffin Press Ltd., South Australia. 409 p.
- **Millam S., Bohus O. &Anna P. (2005).**Plant cell and biotechnology studies in *Linum usitatissimum* - A review, Plant Cell Tissue Organ Culture **82**, 93-103.
- **Mohtadji, L. C.,** 1989-La viande, les produits de la pêche, les oeufs, Les aliments, Paris, vol.46,961P.
- **Monteiro, C; jorge, I.M;** 1982. Age abd Growth of (*Sardina Pilchardus*, walbaum.)from theportuguese coast (ISEC Div. IXA). ICES Document C.M. 1982/H: 19P.
- **Mouhoub R.** (1952). contribution à l'étude de la biologie et de la dynamique de la populationexploitée de la Sardine (*Sardina pilchardus*) (Walbaum, 1792) des côtes algéroises. Thèse demagister, USTHB : 163p.
- northwest Africa. FAO Fisheries Report, 3p.
- **Olivar, M.P; Salat, J; Palomera, I;** 2001 - Comparative study of spatial distributionpatterns of the earlystages of anchovy and pilchard in the NW Mediterranean SEA. MarineEcology Progress Series 217: PP.111-120.
- **Oomah B. D. (2001).** Flaxseed as a functional food source.*Journal of the Science of Food and Agriculture* **81**(9), 889-894.
- **Oomah, B. D. ( 2001).** Flaxseed as a functional food source. Journal of Science of Food and Agriculture, 81 (9), 889-894.34.
- **Oomah, B. D. (2003).** Processing of flaxseed fiber, oil, potein, and lignin. Flaxseed in human nutrition, 2, 363-386.
- **Palomera, I; Olivar, M.P; Salat, J;** 2007. Small Pelagic fish in the NW Mediterranean Sea: an ecological review. Progress in Oceanography 74, PP . 377-396.
- parental effects on larval survival in *Sardina Pilchardus*. Marine Ecology Progress Series 205: PP.249-258.

## Bibliographie

- **Parrish, R.H; Serra R; Grant, W.S;** 1989. The monotypic sardines, *Sardina* and *sardinops*: their taxonomy, distribution, stock structure, and zoogeography: PP .414-422.
- **Pérez N.;Porteiro C. et Alvarez F.,** 1985- Contribution al conocimiento de la biologia de lasardina de Galicia. Bol. Inst. Esp. Oceanogr.2, 3, PP. 27-37.
- **Pethiyagoda, R.,** 1991. Freshwater fishes of Sri Lanka. The Wildlife Heritage Trust of Sri Lanka, Colombo. 362 p.
- **Pierre L. & Lis L. (2011).** Secrets des plantes. France. Artémis.
- **PRICE P. W. 1980-** Evolutionary biology of parasites. Princeton University press, Princeton 254 PP.
- **Ramdane Z.** 2009-Identification et écologie des ectoparasites Crustacés despoissons Téléostéens de la côte Est algérienne 384 PP.
- **RiveiroI. ;Guisande C. ; Lioves M. ; Maneiro I. Cabanas J.M ;** 2000 - Importance of
- **Rochet M.J.,** 2000- A comparative approach to life-h,228-239.istory strategis and tactics among four orders of teleost fish.ICES J. Mar.Sci., 57 P.
- **Rose, K.A., Cowan Jr., J.H., Winemiller, K.O., Myers, R.A., Hilborn, R.,** 2001 - Compensatory, understanding and prognosis.fishFis., 2, PP . 293-327.
- **Schwartzlose R.A., Alheit J., Bakun A., Baumgardtner T.R., Cloete R., Carwford R.J.M., Fletcher W.J., Green- ruiz Y., Hagen E., Kawasaki T., Lluch-Belda D., Lluch-Cota S.E., Mac Call A.D., Matsuura Y., Nevarez- Martinez M.O., Parrish R.H., Roy C., Serra R., Shust K.V., Ward M.N., Zuzunaga J.Z.,** 1999-Worldwide large- scale fluctuations of Sardine and anchovypopulations. South African Journal of Marine Sciences 21: PP. 289-347.
- **SkrivanicA. ,Zavodnic D.** 1973- Migrations of the Sardine (*Sardina Pilchardus*) in relations tohydrological conditions of the Adriatic Sea. Netherland journal of Sea Research 7: PP.7-18.
- **Stratoudakis Y., Coombs S., Lago de Lanzos A., Hallidary N., Costas G., Caneco, B.,**
- **Suzuki, R. &Yamaguvhi, M.,** 1984. Meristic and morphometric characters of interracial hybrids of the common carp *Cyprinus carpio*. Bull. Natl. Res. Ins. *Aquacult.* 6: 1-9.
- Techn. Ifremer : pp. 29-35.
- **Tehami**1990- La Sardine (*Sardina pilchardus*) (walbaum, 1792) et l'Anchois (*Engraulis*
- **Trémolières J., Serville Y., Jacquot R. et Dupin H.** 1980 - Les aliments, Ed. E.S.F, vol., 509 p.
- trophic pathways between plankton and the North Iberian Sardine (*Sardina*

## Bibliographie

*pilchardus*) using stable isotopes, Scientia Marina (Barcelona). 68 (1):PP 165-178.

- **Vaisey-Genser, M., & Morris, D. H. (2003)**. Introduction: history of the cultivation and uses of flaxseed. In *Flax* (pp. 13-33). CRC Press.
- **Vallod, D. 1995**. Carp processing and market analysis: a case study in France. In: R.Billard& G.A.E. Gall (eds.), The Proceedings of the Second Aquaculture-sponsoredSymposium held in Budapest, Hungary, 6-9 September 1993. Aquaculture, 129:476-477.
- **Varela M. ,Larranga A . , Costas E., Rodriguez B.** 1988- Contenidoestomacal de laSardine (*Sardina pilchardus*) (Walbaum, 1792) durant la campanaScarus 871 en lasplataformascantabrica y de Galicia emFebrero de 1987.bol. Inst.Esp.Oceanorg.,5 :PP. 17-28.
- **Venglat, P., Xiang, D., Qiu, S., Stone, S. L., Tibiche, C., Cram, D., &Bekkaoui, F. (2011)**. Gene expression analysis of flax seed development. BMC plant biology, 11(1), 1 15.
- **Walbaum, 1792**.Variabilité des caractéristiques biologiques de la sardine, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) exploitée au niveau des zones de Safi, Agadir et Laâyoune (côtes atlantiques Marocaines). Thèse de Doctorat, université mohammed 5-Agdal, Maroc. [En ligne]. Disponible sur : <https://docplayer.fr/34749456-Universite-mohammed-v-agdal-faculte-des-sciences-rabat-these-de-doctorat-presentee-par-amenzouikhadija.html>.
- **Whitehead P.J.P.** 1985 - FAO species catalogue. Vol 7. Clupeoid Fishes of the world (suborder clupeoidei). Part 1. Chirocentridae, Clupeidae and pristigasteridae. *United Nations Development Program, Rome.-X-Y-Z- Bibliographie* 210 p.
- **Wilson H. (1988)**. Egyptian Food and drink. Shire Publication, Princes Risborough Buckinghamshire, 48 p.
- **Winker, H., O.L.F. Weyl, A.J. Booth & B.R. Ellender, 2011**. Life history and population dynamics of invasive common carp, *Cyprinus carpio* within a large turbid African impoundment. *Mar. Freshwat. Res.* CSIRO Publishing.