

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



جامعة الإخوة منتوري قسنطينة I
Frères Mentouri Constantine I University
Université Frères Mentouri Constantine I

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biochimie et Biologie Cellulaire et Moléculaire

كلية علوم الطبيعة والحياة
قسم الكيمياء الحيوية والبيولوجيا الجزيئية الخلوية

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Sciences Biologiques
Spécialité : Biochimie

N° d'ordre :
N° de série :

Intitulé :

**Valorisation des algues et des graines de lin en vue de leur
incorporation dans l'aliment de volaille
(Cas des poules pondeuses)**

Présenté par : HADEF Ishak
MESSAOUD KHELLOUF Chaouki

Le 25/09/2023

Jury d'évaluation :

Encadreur : Mme Dakhmouche Scheherazed (MCA – ENS Assia Djebar, Constantine).
Examineur 1 : Mme Bennamoun Leila (MCB - Université Frères Mentouri, Constantine 1).
Examineur 2 : Mme Boukhalfa Hayet (MCB - Université Frères Mentouri, Constantine 1).

**Année universitaire
2022 – 2023**

Remerciements

Alhamdou li allah, qui nous a éclairé les voies de la science et de la Connaissance et qui nous a aidé à compléter cette recherche modeste.

S'adresse a

Madame Dekhmouche Scherhrazed pour avoir accepté de nous encadrer et de nos diriger, pour son soutien, ses encouragements ainsi que pour la Confiance qu'elle nous a accordé en réalisant ce travail.

Nous remercions :

Mme Bennamoun Leila et Mm Boukhalfa Hayet D'avoir accepté d'évaluer et examiner notre projet de fin d'étude.

Nous saisissons cette occasion pour exprimer notre profonde gratitude à l'ensemble des enseignants et l'administrations de département de Biochimie et Biologie Cellulaire et Moléculaire, surtout Mr Necib Youcef.

Nous adressons nos sincères remerciements à tous ceux qui participé de près ou de loin dans la réalisation de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce travail à :

Mes très chers parents, pour leur soutien, leur aide précieuse, leur patience et leur amour. A l'homme, qui doit ma vie, ma réussite et tout mon respect : mon cher père.

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

A mes frères et mes sœurs qui n'ont pas cessé de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études. Que Dieu les protège et leur offre la chance et le bonheur.

Sans oublier mon binôme Ishak dans ce travail pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet.

Chaouki

Dédicace

Je dédie ce travail à :

Mes très chers parents, pour leur soutien, leur aide précieuse, leur patience et leur amour. A l'homme, qui doit ma vie, ma réussite et tout mon respect : mon cher père.

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

A mes frères et mes sœurs qui n'ont pas cessé de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études. Que Dieu les protège et leur offre la chance et le bonheur.

Sans oublier mon binôme Chaouki dans ce travail pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet.

Ishak

Liste des tableaux

Tableau 01 : Classification de la poule..... 03

Tableau 02 : Proportions des différentes parties de l'œuf de poule..... 10

Tableau 03 : Valeur moyenne de composition de l'œuf et de ses fractions (en %)...... 11

Tableau 04 : Utilisation des propriétés fonctionnelles de l'œuf en industrie agroalimentaire.... 14

Tableau 05 : Classification simplifiée des algues..... 19

Tableau 06 : Classification scientifique du *Linum usitatissimum*..... 27

Tableau 07 : Composition physicochimique des graines de lin..... 28

Tableau 08 : Effets des sources de supplémentation en acides gras sur la composition en acides gras des œufs (exprimés en mg/œuf) de poules pondeuses 38

Liste des figures

Figure 01 : poule pondeuse et poule de chair.....	04
Figure 02 : Appareil génital de la poule.....	08
Figure 03 : Oviducte de la poule.....	08
Figure 04 : Structure de l'œuf de poule.....	10
Figure 05 : Utilisations possible d'un œuf en fonction de sa durée de conservation.....	15
Figure 06 : Algues vertes.....	17
Figure 07 : Algues brunes.....	17
Figure 08 : Algues rouges.....	18
Figure 09 : Algues bleues (Les Cyanobactéries).....	18
Figure 10 : Composition biochimique des algues marines.....	19
Figure 11 : Consommation d'algues marines selon le continent, tonnes/100 000 habitants....	23
Figure 12 : Graines de lin dorées et brunes.....	25
Figure 13 : Représentation schématique de la graine de lin.....	26
Figure 14 : Graphique de la couronne montrant la composition proximale de la graine de lin	30
Figure 15 : Poules (Isa Brown) en cage.....	33
Figure 16 : Récolte les algues.....	34
Figure 17 : Séchage des algues.....	34
Figure 18 : Broyage manuelle des algues.....	34
Figure 19 : Graines de lin.....	34
Figure 20 : Méthode de travail.....	35
Figure 21 : Ramassage les œufs.....	35
Figure 22 : Méthodologie expérimentale.....	37

Sommaire

Remerciements	
Dédicace	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Introduction	01
Etude bibliographique	
I. Volailles et leur alimentation	
1. Généralité.....	03
2. Différentes espèces de poules.....	03
3. Besoins nutritionnels des poules.....	04
4. Sources d'alimentation pour les volailles.....	06
II. Œuf	
1. Production et consommation d'œufs.....	07
2. Formation de l'œuf.....	07
3. Structure de l'œuf.....	08
4. Composition biochimique de l'œuf.....	10
5. Facteurs de variation de la qualité de l'œuf.....	11
6. Vertus thérapeutiques, nutritionnelles et fonctionnelles des œufs.....	13
7. Conditions de conservation des œufs.....	14
III. Algues : caractéristiques et utilisation en alimentation animale	
1. Définition	16
2. Grands groupes d'algues	16
3. Composition biochimique des algues	19
4. Applications des algues	22
IV. Graines de lin : caractéristiques et utilisation en alimentation animale	
1. Généralité	25
2. Morphologie et structure de la graine de lin.....	25
3. Classification de la graine de lin.....	26
4. Composition biochimique des graines de lin.....	27
5. Applications des graines de lin	30
Etude pratique	
I. Matériels et méthodes	
1. Objectif	33
2. Conduite de notre étude	33
II. Résultats et discussions	
1. Résultats et discussion	38
2. Conclusion	40
Résumés	41
Références bibliographiques	43

Introduction

Introduction

Depuis les origines de l'homme, de la chasse et de la cueillette à la culture intensive, notre façon de nous alimenter a beaucoup changé. Les progrès techniques (des premiers outils aux OGM), la conquête de nouveaux territoires et la découverte de nouvelles plantes, les organisations des différentes sociétés ont modifié notre alimentation, mais ont également transformé nos paysages et les milieux naturels. (Koiche, S.d)

L'alimentation est connue depuis la plus haute antiquité comme une composante essentielle de la santé. A partir du XIXe siècle, les sciences fondamentales et les progrès technologiques ont suscité de remarquables progrès en nutrition, agronomie, transformation, transport et commercialisation des aliments. Malgré ce, de nouveaux problèmes émergent liés à des phénomènes de société, à l'industrialisation de l'alimentation et aux incertitudes concernant les propriétés et les risques sanitaires de nombreux produits destinés à l'alimentation humaine ou animale. L'abondance de l'offre alimentaire dans les pays industrialisés coexiste avec deux situations différentes : 1°) la persistance de carences liées à la paupérisation croissante ou à des problèmes psycho sociaux et existentiels ; 2°) le développement extensif de pathologies nutritionnelles, obésité, diabète, hypertension, source de multiples complications affectant la durée et la qualité de vie, générant des dépenses croissantes de santé. Un deuxième paradoxe oppose des contrôles de plus en plus sévères de la chaîne alimentaire à la persistance de pathologies infectieuses ou toxiques majoritairement liées aux pollutions agricoles ou industrielles. Un troisième paradoxe met face à face les remarquables progrès de la recherche et les nombreuses incertitudes qui pèsent sur l'intérêt ou les risques sanitaires de divers nutriments et technologies alimentaires, OGM, produits de l'agriculture biologique, compléments alimentaires, etc. En l'absence de certitudes, une grande prudence s'impose pour des choix difficiles souvent pollués par des prises de position passionnelles tandis que les efforts de recherche doivent être activement encouragés. (Jaffiol, 2011)

Le plus important est une alimentation diversifiée en quantités modérées qui correspond aux besoins quotidiens des individus en nutriments essentiels tels que les vitamines, les minéraux, les protéines et les graisses (tels que (ω -3), (ω -6) et (ω -9)) pour un mode de vie sain. (Boukoufa, S.d)

Les acides gras oméga (ω -3), (ω -6) et (ω -9) sont des composantes importantes de la membrane cellulaire et les précurseurs de nombreuses autres substances dans le corps, comme celles qui interviennent dans la régulation de la pression artérielle et des réponses

inflammatoires. Ils jouent un rôle dans le développement du cerveau, des nerfs et des yeux du nourrisson. Ils contribuent aussi à maintenir notre système immunitaire en santé et peuvent aussi aider à réduire les risques de maladies cardiaques chez les adultes (Encinas, 2021).

Ces acides gras se trouvent surtout dans les poissons gras comme le saumon, le maquereau, les anchois, les sardines, l'omble chevalier et la truite. La consommation de deux portions de poisson gras par semaine fournit l'équivalent de 300 à 500 mg d'acides gras oméga-3 chaque jour. Cette quantité est celle recommandée par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS). Le poisson est un bon choix santé. Il s'agit d'un aliment riche en protéines, en vitamine B et en acides gras de type oméga (Bastianetto, 2015).

Le faible pouvoir d'achat du citoyen algérien ne peut pas lui permettre de manger de poisson deux fois par semaine, ce qui a conduit à de nombreuses maladies causées par un manque de ce nutriment dans l'organisme, ce qui a conduit les gens à se tourner vers sa consommation sous la forme d'un produit coûteux à savoir le complément alimentaire industriel. Nous avons pensé à une alternative naturelle riche en omégas, disponible au moindre coût (une alternative viable d'un point de vue sanitaire et économique) : Enrichir les œufs en Oméga 3 de manière naturelle et sûre.

De nos jours, il y a une prise de conscience croissante de l'importance d'une alimentation saine, et les gens se sont de plus en plus intéressés aux aliments sains et attentifs à la consommation des compléments alimentaire, cherchant des produits Bio naturels et de qualité.

Les œufs provenant des poules nourrit d'aliments riches en omégas comme les algues et les graines de lin sont un produit innovant qui offre une solution attractive pour couvrir l'apport nécessaire des omégas dans le corps.

Etude bibliographique

Chapitre 01 :
Volailles et leur Alimentation

I. Volailles et leur Alimentation

1. Généralité

Le terme "volaille" s'applique à toutes les oiseaux domestiques élevés pour leur chair, leurs œufs et leurs plumes. Comprennent les poulets, les dindes, les canards, les oies, les pintades, les faisans, les cailles et les pigeons. Mais le poulet c'est l'espèce le plus connu de volailles (Van Eekeren et al, 2006).

La poule est un oiseau de l'ordre des Galliformes appelés aussi « Gallinacés » et de la famille Phasianidae et appartient à l'espèce *Gallus gallus* (Tableau 01). L'origine de la poule domestique a été le sujet de nombreuses controverses. Cependant, il semble maintenant évident que leur ancêtre commun est la poule dorée de «Jungle» du sud-est asiatique. (Yves & Ahonziala, 2009; Fournier, 2005).

Tableau 01: Classification de la poule (Domi, 2017).

Règne	Animalia (animal)
Embranchement	Chordata
Sous-embranchement	Vertebrata (vertébrés)
Classe	Aves (oiseaux)
Ordre	Galliformes (Gallinacés)
Famille	Phasianidae (Phasianidés)
Genre	Gallus
Espèce	<i>Gallus gallus</i>

2. Différentes espèces de poules

Les races de poules sont nombreuses dans le monde entier, il existe plus de 300 races élevées des poules domestiques (*Gallus gallus domesticus*) (Van Eekeren et al , 2006).

Les espèces élevées sont nombreuses et chacune est destinée à une production précise. (Figure 01) Le poulet de chair dans la filière viande, la poule pondeuse dans la filière œuf, certaines races à double emploi (polyvalente ou hybrides =production des œufs et viandes) et aussi il y à la poule reproductrice destinée à assurer le renouvellement des espèces citées précédemment (French, 1986).

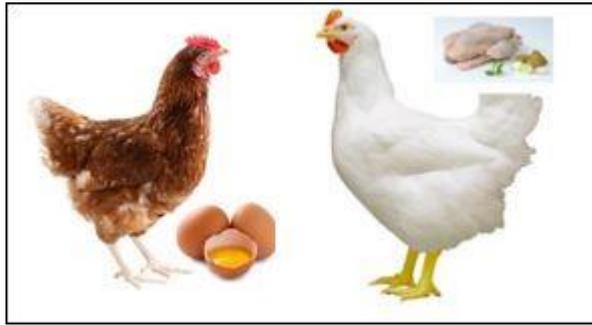


Figure 01: poule pondeuse et poule de chair (source internet)

2.1. Poules pondeuses

La poule pondeuse élevée spécifiquement pour leur œufs et capables de pondre jusqu'à 300 œufs/années au maximum, généralement pond le matin un œuf/jour (Eluard, 2019).

Les races de ces espèces sont nombreuses telles que Isa Brown, La Marans, Rhode Island et Leghorn...etc (Letourno, 2022). Le cycle de ponte des œufs varier selon la race, mais généralement commencent à pondre vers l'âge de 5 à 6 mois et cela peut durer jusqu'à 1-2 ans. Ensuite, entrant dans une période de repos, au cours de laquelle la production d'œufs diminue progressivement (Site 01, s.d).

2.2. Poules de chair

La poule de chair élevée spécialement pour leurs viandes possède des caractéristiques physiques différentes des poules pondeuses (Flemale, 2022).

Les souches de ces espèces sont nombreuses telles que la Broilers rouges et Croix de Cornouailles...etc (Meggitt, 2017). Le cycle de croissance des poules de chair peut varier selon la race. Généralement, abattus à l'âge de 8 à 12 semaines (Lambert, 2022).

3. Besoins nutritionnels des poules

Pour obtenir des œufs plus gros pour les poules pondeuses et une bonne qualité de la viande pour les poules de chair, il faut mieux baser sur l'alimentation des poules (Site02, 2023) Concernant leurs besoins en différents nutriments :

3.1. Besoins en eau

Le corps de la poule est constitué de 70 % d'eau, et les œufs d'environ 65 % (Van Eekeren *et al*, 2006).

Leurs besoins en eau sont nettement plus grands lorsque la température est élevée et ils risquent de mourir rapidement s'ils manquent d'eau.

Les conséquences d'un manque d'eau sont encore plus graves pour les pondeuses : de courtes durées de manque d'eau peuvent entraîner la chute des plumes et l'arrêt de la production d'œufs. (Dayon & Arbelot, 1997)

3.2. Besoins en énergie

Les poules ont besoin d'une source d'énergie pour maintenir leurs activités métaboliques au niveau cellulaire et soutenir la production d'œufs. Les besoins en énergie du poulet sont divisé en:

- **Besoins d'entretien** : L'énergie nécessaire au fonctionnement normal de l'organisme et au maintien de la température corporelle.
- **Besoins de production** : énergie nécessaire à l'élaboration des produits, les œufs pour les pondeuses (Dayon & Arbelot, 1997).

3.3. Besoins en protéines

Les protéines sont constituées d'acides aminés que les poulets obtiennent par leur alimentation pour fabriquer leurs propres protéines. Ce sont les besoins d'entretien des fonctions vitales qui ont la priorité. Aussi les besoins en acides aminés essentiels ne peuvent pas être synthétisés par le métabolisme des poules et doivent donc être fournis par l'alimentation (Van Eekeren *et al*, 2006).

3.4. Besoin en minéraux et oligoéléments

Les minéraux sont essentiels pour favoriser une bonne santé osseuse et musculaire chez les volailles, la formation de la coquille...etc. Les deux minéraux principaux sont le calcium et le phosphore.

Les oligoéléments agissent dans de nombreuses fonctions essentielles pour la vie et la croissance de la volaille, ces oligo-éléments sont principalement (Zn^{2+} , Cu^{2+} et Fe^{2+}) qui sont apportés par l'alimentation (Dayon & Arbelot, 1997).

3.5. Besoin en vitamine

Les vitamines sont un groupe de composés non apparentés impliqués dans le métabolisme et sont nécessaires en très petites quantités dans le régime alimentaire, car elles ne peuvent pas être synthétisées par la volaille. Les vitamines sont généralement classées comme liposolubles (vitamines A, D, E et K) et hydrosolubles (Vitamine B et choline).

Les vitamines hydrosolubles agissent comme des coenzymes impliquées dans le métabolisme de l'énergie et des nutriments, le développement des cellules sanguines et d'autres fonctions. Les vitamines hydrosolubles, à l'exception de la cobalamine, ne sont pas stockées dans

les tissus et doivent être fournies fréquemment pour assurer une santé et une productivité normale.

Les besoins de vitamines liposolubles varient en fonction du type et de la teneur en matières grasses de l'alimentation, des niveaux de sélénium et d'oligo-éléments, et de la présence ou de l'absence d'autres antioxydants. En cas d'alimentation riche en acides gras polyinsaturés à longue chaîne, ces vitamines assurent la protection et la stabilité des acides gras polyinsaturés (Korver, 2023).

3.6. Besoin en additifs alimentaires

Les additifs pour aliments sont largement utilisés chez la volaille. Leur utilisation est plus fréquemment thérapeutique que nutritionnelle. On devrait noter que leur usage à son intérêt dans la qualité des produits, notamment la coloration (Raymond, 2004).

4. Sources d'alimentation pour les volailles

Une seule poule a besoin chaque jour de 100 à 150 g d'aliment complet et de 250 et 300 ml en moyenne d'eau par jour (Site02, 2023). Un régime alimentaire adéquat répond aux besoins pour assurer une bonne santé et éviter les déséquilibres alimentaires qui peuvent induire des troubles métaboliques susceptibles de poser un risque potentiel pour l'animal (Site03, 2021).

- Utiliser les céréales telles que le maïs, l'orge, le sorgho et le blé comme sources de glucides.
- Utiliser le soja, le tourteau de colza, les pois, la féverole, et plus récemment, la farine de poissons ou la farine d'insectes comme sources de protéines.
- Utiliser les huiles tels que l'huile végétales, les graisses animales et les graisses contenues dans les graines oléagineuses (Colza, tournesol, lin, sésame ...) comme sources de lipides.
- Utiliser des suppléments vitaminiques et minéraux pour fournir des minéraux et des vitamines essentiels (Lydie, s.d.).

Chapitre 02 :

Œuf

II. Œuf

L'œuf de poule est un aliment de base dans l'alimentation humaine ayant une qualités nutritionnelles élevée, largement consommé dans le monde entier, et utilisées dans divers domaine tels que la santé humaine, les industries agroalimentaires, cosmétiques et pharmaceutiques (Gautron, et *al.*, 2010).

1. Production et consommation d'œufs

La filière de production et de transformation des œufs occupe une place majeure au sein des industries agroalimentaires avec une production mondiale estimée en 2007 à 1000 milliards d'œuf.

Dotés de propriétés fonctionnelles très performantes, les œufs et les ovoproduits sont devenus omniprésents dans les aliments et constituent des atouts précieux pour le développement de produits nouveaux (Nau, et *al.*, 2010).

Les dernières données mondiales montrent une croissance continue de la production d'œufs dans le monde, avec une croissance de 3.5% de 2018 à 2019. Ceci est conforme à l'augmentation annuelle moyenne de 3.3% au cours des 10 dernières années. Présente dans tous les continents, la production d'œufs est plus ou moins importante selon les pays. L'Asie connaît le taux de croissance de la production le plus élevé, la Chine conservant sa position de plus grand producteur d'œufs, avec 25,8 millions de tonnes, dominant à un peu moins de 35% de la production totale mondiale suivie par l'UE à 25 millions de tonnes et les Etats-Unis (IEC, 2020).

Dans les pays d'Afrique du nord où la démographie et l'urbanisation sont en très forte croissance, la production industrielle s'accroît rapidement. La filière souffre toutefois d'une dépendance plus ou moins marquée vis-à-vis de l'alimentation animale, d'un climat chaud et des pratiques médiocres. Le Maroc vient en tête avec 175 000 tonnes d'œufs, suivi de l'Algérie (144 000 tonnes d'œufs), puis la Tunisie (80 000 tonnes d'œufs) (Magdelaine, 2004).

En Algérie, le taux de consommation des œufs a sensiblement régressé. Au début des années 1990, l'Algérien consommait une moyenne de 120 œufs par an, actuellement la moyenne de consommation a régressée à environ 80 œufs par habitant et par an (Fenardji, 1990).

2. Formation de l'œuf

L'appareil génital de la poule comprend plusieurs segments : grappe ovarienne, pavillon (infundibulum), magnum, l'isthme, l'utérus et le vagin (Figure 02).

La formation de l'œuf ou de l'ovogenèse se fait en trois stades successifs (Figure 03) :

- **La vitellogenèse**

L'accumulation de couches concentriques du vitellus qui forme le jaune de l'œuf à l'intérieur d'un follicule ovarien ou d'un ovocyte est appelée vitellogenèse. Le foie est la principale source des protéines et des acides gras du jaune d'œuf. En effet, pendant la période de ponte, le foie d'une poule en ponte produit 2,5 grammes de protéines par jour, soit environ trois fois plus que la synthèse de base qui existait avant la ponte.

L'origine hépatique des constituants du jaune suggère que la teneur en ses composants peut dépendre de l'alimentation des poules (Manoharimalala, 2018).

- **L'ovulation**

L'ovulation dépend de l'hormone lutéinique et correspond à la libération du follicule mûr qui se détache de la grappe pour tomber dans l'infundibulum, où il peut-être fécondé si les spermatozoïdes sont présents. L'ovocyte traverse ensuite le tractus génital dont chaque portion contribue à la formation de l'œuf (Manoharimalala, 2018).

- **La ponte de l'œuf**

Il est également connu sous le nom oviposition. Elle correspond à l'évagination du vagin qui assure le transit de l'œuf vers l'extérieur. Ce mécanisme permet d'éviter le contact direct de l'œuf avec le cloaque et avec les souillures fécales. La production de progestérone joue un rôle dans la régulation de l'oviposition. (Manoharimalala, 2018)

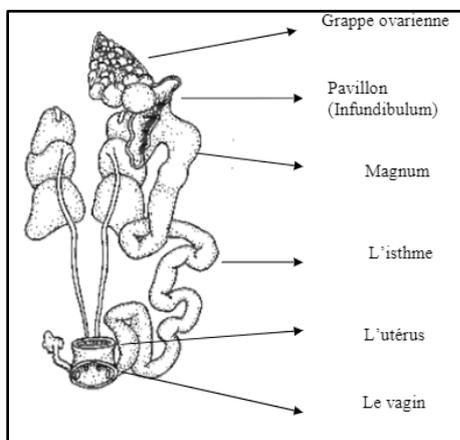


Figure 02: Appareil génital de la poule (Thiebault, 2002)

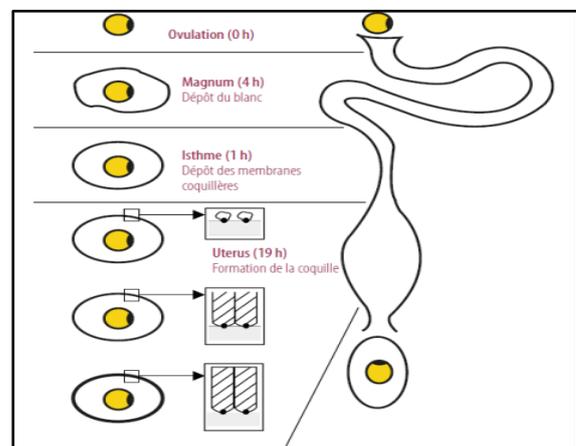


Figure 03: Oviducte de la poule (Baron, et al., 2017)

3. Structure de l'œuf

L'œuf est constitué de 60 % de blanc et de 30 % de jaune, contenus dans une coquille qui représente 10 % du poids total. Les parts relatives de chacun des constituants varient dans des proportions importantes en fonction de l'âge de la poule et dans une moindre mesure, entre individus, en fonction de certaines conditions environnementales ou lors de carences alimentaires de la poule (Nys & Sauveur, 2004).

- **Le vitellus ou jaune**

Le vitellus est une masse visqueuse, uniformément jaune orangé, composée de nombreux globules lipidiques. Il est enveloppé dans une membrane très fine appelée membrane vitelline. Il contient des fibres connectées à la couche chalazifère à sa surface (Figure 04). On constate que ces liens disparaissent rapidement lors de la conservation. La masse totale du vitellus est composée de couches alternativement blanches et jaunes. Les variations de disponibilité des pigments xanthophylles dans l'alimentation des poules en sont la cause (Sauveur, 1978).

- **Albumen ou blanc**

L'Albumen est un milieu hétérogène, divisé en quatre couches ayant chacune des propriétés spécifiques : le blanc épais (57% du blanc total), le blanc liquide externe (23% du blanc total), le blanc liquide interne (17% du blanc total) et les chalazes (3% du blanc total) (Figure 04). C'est une solution aqueuse de protéines, de sucres et de sels minéraux, presque dépourvue de lipides qui peuvent être trouvés seulement à l'état des traces (Sauveur . , 1978).

- **Les membranes coquillières**

Il existe deux membranes coquillières : une interne et une autre externe (Figure 04). Elles sont fortement adhérentes l'une à l'autre, sauf au niveau du gros bout de l'œuf où elles s'écartent pour former la chambre à air. Elles sont constituées de fibres protéiques entrecroisées qui servent de barrières de protection contre les bactéries, les moisissures et d'autres agents microbiens (Lederer, 1978).

- **La chambre à air**

Au moment de la ponte de l'œuf, la chambre à air n'existe pas, mais apparaît immédiatement après le refroidissement, provoquant une légère contraction de son contenu. Le volume de la chambre à air augmente avec la durée et les conditions de conservation (Musabimana Kabaju, 2005).

- **La coquille**

La coquille est composée d'une trame protéique dans laquelle se développent les cristaux de carbonate de Calcium. La coquille a une épaisseur de 0,3 à 0,4 mm et représente 10% du poids de l'œuf (Figure 04). La formation de la chambre à air est assurée par le mécanisme des échanges gazeux entre l'albumen et le milieu extérieur grâce à la présence de nombreux pores dans la coquille (Kamana, 2007).

- **La cuticule**

La cuticule est une couche protéique brillante d'environ 0,01 mm qui recouvre la coquille (Figure 04). Par l'obturation des pores de la coquille, elle empêche la pénétration des agents pathogènes à l'intérieur de l'œuf (Kamana, 2007).

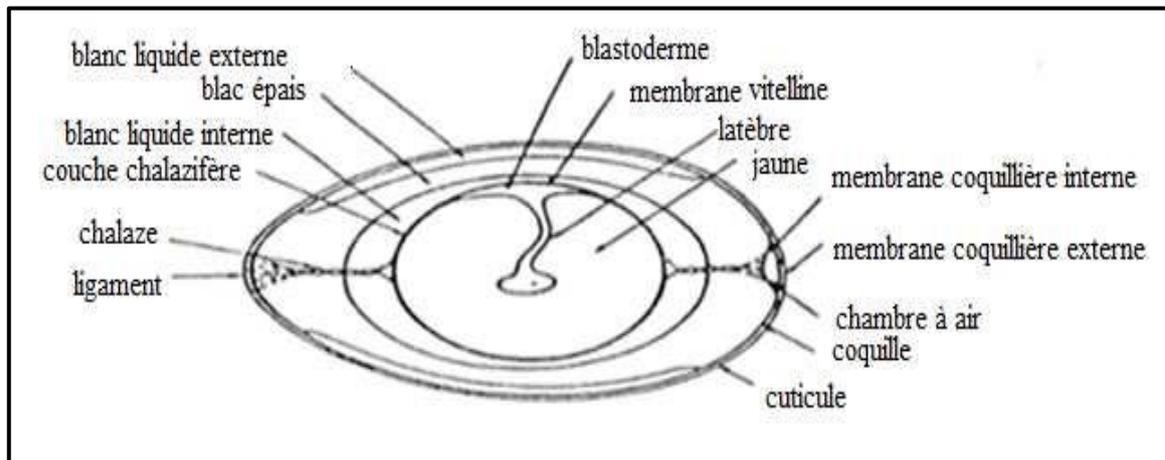


Figure 04 : Structure de l'œuf de poule (Sauveur, 1988).

Les parts pondérales relatives de ces constituants de l'œuf de poule sont : coquille 9.5%, albumen 61. 5%, vitellus 29% (Tableau 02).

Tableau 02: Proportions des différentes parties de l'œuf de poule. (Sauveur, 1988)

	Poids (g)	En % de l'œuf total	
	Moyenne	Moyenne	Extrêmes Poids d'Œuf
Coquille	5.5	9.1	8.5-10.5
Membranes coquillères	0.25	0.4	-
Blanc	37	61.5	57-65
Jaune	17.3	29	25-33
Total parties comestibles	54.3	90.5	82-98
Total	60	100	-

4. Composition Biochimique de l'œuf

L'œuf est un produit très riche en constituants chimiques. Il est composé sans coquille de 75,7% d'eau, de 14,1% de protéines, de 12,9% de lipides, de 0,5% de glucides, de minéraux et de vitamines (Tableau 03).

- **Protéines** (12,3 %, soit 6,7 g/œuf, soit 30 % du besoin quotidien de l'homme/100 g d'œuf) : Les protéines sont réparties équitablement entre le blanc et le jaune d'œuf. Les protéines

du blanc sont pour la plupart de glycoprotéines telles que l'ovotransferrine et le lysosyme mais les protéines du jaune pour la plupart sous la forme de lipoprotéines.

- **Lipides** (11,9 %, soit 6 g/œuf, 33 à 35 % du poids du jaune) : Les lipides de l'œuf sont composés pour les deux tiers de triglycérides (65 %) mais incluent aussi des phospholipides (31 %) et du cholestérol (4 %).

- **Glucides** : L'œuf ne contient pas des fibres glucidiques, sa teneur en sucres simples est extrêmement faible (1 % de l'œuf) répartis entre le blanc et le jaune. Le glucose est la forme libre dominante (98 % des 0,5 % de sucres libres). L'œuf contient de nombreux glyco-conjugués notamment des glycoprotéines tels que ovomucoïde et ovalbumine. Les glycanes sont constitués de monosaccharides, d'osamines et d'un acide sialique.

- **Vitamine** (20 % du besoin journalier de l'homme) : la teneur élevée en vitamine A, D, E, K et B avec l'absence de vitamine C.

- **Minéraux et oligoéléments** : L'œuf est riche en phosphore, fer et soufre, leur contenu dans deux œufs (100 g) couvrant respectivement 26, 26 et 18 % du besoin journalier de l'homme. L'œuf contient un éventail très large d'oligoéléments, la plupart présents dans le jaune tels que l'iode et sélénium.

- **Pigments** : Les poules sont incapables de synthétiser les caroténoïdes mais les accumulent très facilement dans le jaune de l'œuf.

- **Energie** : L'œuf est pauvre en énergie (85 kcal soit 6 % seulement du besoin quotidien de l'homme/100 g d'œuf). (Nys & Sauveur, 2004)

Tableau 03: Valeur moyenne de composition de l'œuf et de ses fractions (en %). (Baron & al, 2017)

	Blanc d'œuf	Jaune d'œuf	Œuf entier
Eau	88	51	75.5
Protéines	11	16	12.5
Lipides	-	31	10.5
Minéraux	0.5	1.5	1
Sucre	0.5	0.5	0.5

5. Facteurs de variation de la qualité de l'œuf

La qualité des œufs comprend un certain nombre d'aspects liés à la coquille, à l'albumen et au jaune, et peut être divisée en qualité externe et interne. Les caractéristiques de la qualité externe sont évaluées sur la base de la coquille de l'œuf, de sa propreté, de sa forme et de sa texture. La qualité interne est basée sur la taille des alvéoles, l'albumine, la qualité du jaune et la

présence de taches de sang et de viande. Toutes les caractéristiques de la qualité de l'œuf sont influencées par plusieurs facteurs, notamment les facteurs intrinsèques: l'âge de la poule, son génotype, et les facteurs extrinsèques: le mode et le système d'élevage, alimentation, les pathologies...etc (Tůmová, et *al.*, 2007).

5.1. Facteurs intrinsèques

- **Âge de la poule**

Le poids de l'œuf augmente avec l'âge des poules du fait notamment d'un accroissement de la part de jaune. L'âge de la poule diminue la qualité de la coquille ainsi que les propriétés fonctionnelles des œufs. (Travel, et *al.*, 2010) La composition initiale de l'œuf diminue au cours de la ponte et surtout après le 9^{ème} mois de production (Ayachi, et *al.*, 2012).

- **Génotype**

L'origine génétique de la poule a peu d'influence sur les proportions blanc-jaune ou sur les teneurs en matière sèche de l'œuf : lipides et protéines. Une sélection visant à augmenter le nombre d'œufs va se traduire par une légère diminution de la part du jaune et une légère augmentation de celle du blanc (Sauveur, 1988).

5.2. Facteurs extrinsèques

- **Mode d'élevage**

Une dizaine d'études effectuées entre 1975 et 1985 en Europe ont démontré que le mode de production n'affecte pratiquement pas la composition de l'œuf, les œufs fermiers peuvent avoir des caractéristiques organoleptiques variables, mais pas forcément meilleures, la qualité des œufs produits en cage ou en batterie est moindre par rapport aux œufs produits en plein air ou au sol (Sauveur, 1988).

- **Techniques d'élevage**

La densité importante des cages entraîne une réduction du poids des œufs (la poule ne peut plus se nourrir correctement), un taux de mortalité plus élevé et une dégradation de la qualité des œufs (plus d'œufs fêlés et sales) (Ayachi, et *al.*, 2012).

Lorsque la température augmente, la poule diminue sa consommation d'aliments et par conséquent celle du calcium, mais elle augmente son rythme respiratoire et sa consommation d'eau, ce qui entraîne une diminution du poids des œufs en raison de la dégradation de la qualité de la coquille et de l'albumen (Dayon & Arbelot, 1997).

La qualité de la coquille semble être améliorée en utilisant un programme lumineux fractionné : coloration plus importante, déformations plus faibles et réduction du nombre d'œufs déclassés (Sauveur, 1988).

De plus, certaines règles de base de l'éclairage doivent être respectées car la production d'œufs est étroitement liée aux changements d'éclairage quotidiens auxquels les poules sont exposées. Un programme d'éclairage approprié peut également influencer le nombre et la grosseur des œufs, ainsi que le taux de viabilité et le rendement des poules (Dayon & Arbelot, 1997).

6. Vertus thérapeutiques, nutritionnelles et fonctionnelles des œufs

Les œufs sont un concentré de nutrition qui offre une foule d'avantages pour la santé. Elles sont une excellente source des nutriments de haute qualité nécessaires à l'organisme. En plus de sa peut entrer en divers préparations et aussi dans l'industrie agroalimentaire (Jones, 2023).

6.1. Vertus thérapeutiques

Les scientifiques et les professionnels de la santé de partout dans le monde ne cessent de découvrir les ressources inestimables des œufs. En plus de leur valeur nutritive les œufs présentent plusieurs propriétés thérapeutiques et fonctionnelles très avantageuses.

- Les œufs sont riches en bêtaïne et en choline, des nutriments bénéfiques pour le cœur qui préviennent les maladies cardiovasculaires. Près d'un demi-million de personnes, selon une étude en Chine, devraient manger un œuf par jour. Cela peut réduire le risque de maladie cardiaque et d'accident vasculaire cérébral. Les experts ont souligné qu'une forte consommation d'œufs doit rimer avec une bonne hygiène de vie.
- Les œufs sont l'une des meilleures sources de nourriture pour la choline. Qui est un nutriment essentiel classé à l'origine dans le groupe de la vitamine B. La choline est nécessaire pour former la membrane cellulaire et la fonction cérébrale, y compris la mémoire. Elle est particulièrement importante pendant la grossesse et l'allaitement.
- Notre vision diminue naturellement avec l'âge. Heureusement, il existe des nutriments provenant d'une alimentation équilibrée qui peuvent aider à maintenir une bonne santé oculaire.

Les œufs sont bons pour les yeux. Le jaune contient beaucoup de carotènes, en particulier la lutéine et la zéaxanthine, qui aident à prévenir la cataracte et la dégénérescence maculaire. Les œufs sont également riches en vitamine A, qui est nécessaire pour avoir une bonne vue (Lewin, 2022).

6.2. Vertus nutritionnelles

L'œuf est une source peu énergétique de protéines parfaitement équilibrées et de lipides de très bonne digestibilité, assurant 20 à 30 % du besoin journalier de l'homme en de nombreux minéraux et vitamines. Il manque cependant de glucides, de calcium et de vitamine C. L'œuf est

un aliment idéal pour les personnes sensibles à l'équilibre de leur ration, telles que les enfants, les personnes âgées ou en état de santé. Le seul aliment d'origine animale qui peut être conservé à l'état cru pendant une période considérable à température ambiante est l'œuf (Nys & Sauveur, 2004).

6.3. Vertus fonctionnelles

L'œuf de poule est un ingrédient polyfonctionnel car il peut remplir plusieurs fonctions technologiques dans un produit alimentaire formulé en même temps. Il est un ingrédient de base dans la cuisine domestique et l'agroalimentaire en raison de ses propriétés émulsifiantes (Tableau 04), foisonnantes, gélifiantes, épaississantes, colorantes et aromatiques. Alors que le blanc d'œuf est une référence en termes de foisonnement, le jaune d'œuf est l'agent émulsifiant par excellence (Anton, et al., 2010).

Tableau 04: Utilisation des propriétés fonctionnelles de l'œuf en industrie agro-alimentaire (Corpet, 2013)

	Entier	Blanc	Jaune
Toutes industries	Valeur nutritive Pouvoir aromatique		
Biscuiterie, pâtisserie, flans...	Colorant Liant Coagulant Moussant	Moussant Foisonnant Anti-cristallisant	Emulsifiant Colorant
Confiserie		Anti-cristallisant Elasticité Foisonnant	
Glaces	Liant		Emulsifiant
Charcuterie (pâtes quenelles)	Liant émulsifiant		
Pâtes alimentaires	Colorant Liant Elasticité		
Mayonnaises, sauces		Viscosité	Emulsifiant Viscosité
Industrie non alimentaire (cosmétiques)		Liant Propriétés biochimiques	Emulsifiant

7. Conditions de conservation les œufs

La durée de conservation exceptionnelle de l'œuf a toujours été sa principale qualité. A condition d'être conservé entre 4 et 6 °C au réfrigérateur ou dans un endroit frais à l'abri de la lumière et de l'humidité, il reste consommable pendant 28 jours après la ponte. Lorsque cette date est dépassée, la qualité de l'œuf n'est plus garantie (Figure 05).

Afin d'éviter de comprimer la chambre à air et de limiter les échanges gazeux avec le réfrigérateur, il est préférable de le laisser dans son emballage.

Une fois la coquille enlevée, les blancs et les jaunes se conservent deux jours. Les œufs durs se conservent en moyenne une semaine. Au besoin, les blancs, les jaunes et l'œuf entier peuvent être congelés pour usage ultérieur. (Zubiria, 2021)

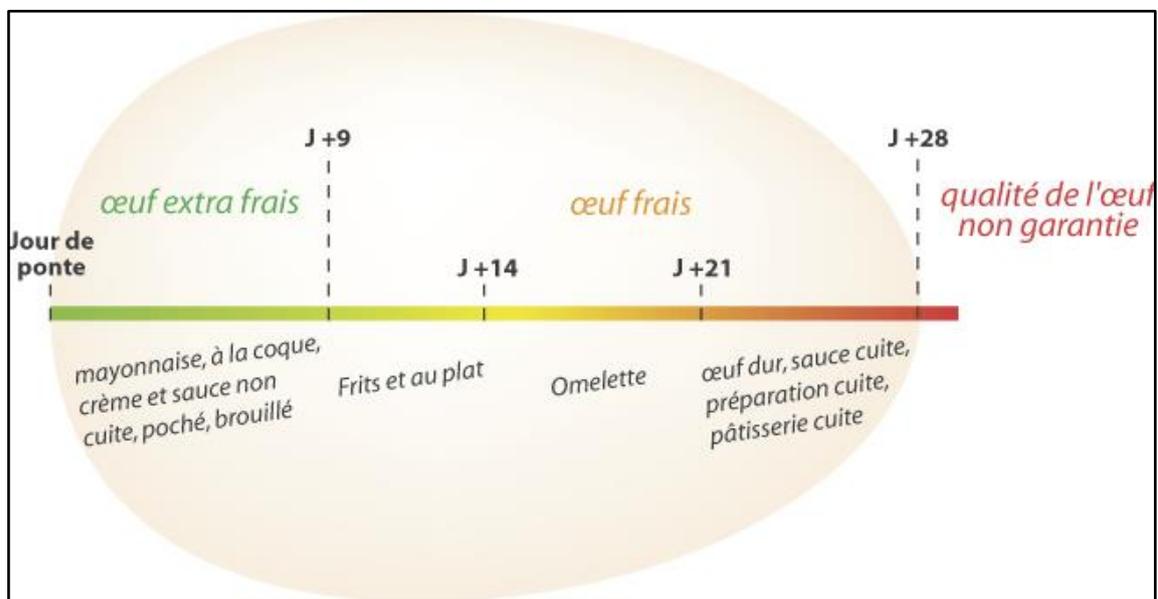


Figure 05: Utilisations possible d'un œuf en fonction de sa durée de conservation (Breizh, 2021).

Chapitre : 03

Algues : Caractéristiques et utilisation en alimentation animale

III. Algues : caractéristiques et utilisation en alimentation animale

1. Définition

Les algues, ou Phycophytes du grec (phukos = algue ; phuton = plantes), sont des végétaux photosynthétiques autotrophes, essentiellement aquatiques (eaux douces, milieux marins), ainsi que dans les milieux terrestres, caractéristique propre aux plantes inférieures, dépourvus de tige, de graines, de racines et de vaisseaux. Les algues ont des couleurs variées dues à la présence de pigments masquant plus ou moins la chlorophylle. Ce caractère conduit à subdiviser les macroalgues en trois grandes lignées : les algues vertes, les algues brunes et les algues rouges. Chaque lignée renferme des espèces unicellulaires, considérées souvent comme primitives, et d'autres espèces pluricellulaires. La plupart des algues sont des organismes eucaryotes, mais certaines sont des organismes procaryotes, également une lignée de microalgues connus sous le nom de cyanobactéries (autrefois dénommées algues bleues) (Roland et *al*, 2008).

2. Grands groupes d'algues

Les algues peuvent être classées en une dizaine d'embranchements selon des critères basés sur leur composition pigmentaire, leurs polysaccharides de réserve ou leurs caractéristiques structurales (De Reviere, 2003). Selon leur pigmentation les algues sont divisées en quatre groupes :

2.1. Algues vertes (Chlorophycées)

Les chlorophycées sont des algues caractérisées par sa coloration verte due à leurs plastes colorés en vert par les chlorophylles a et b auxquelles sont associés des caroténoïdes (carotène, xanthophylle) (Figure 06).

Elles sont de formes très variées, uni ou pluricellulaires et de nombreuses espèces vivent dans le milieu aquatique (en eau douce ou en milieux marins), mais certaines espèces peuvent également vivre sur terre.

Les algues vertes sont des organismes photosynthétiques permettant la formation d'amidon, comme pour les plantes supérieures et aussi qui a permis d'augmenter les taux d'O₂ dans l'air ainsi qu'une diminution de la teneur en CO₂ donc jouer un rôle important dans l'oxygénation des eaux qui protègent ainsi la vie animale (Garon-Lardiere, 2004).



Figure 06 : Algues vertes (Source internet)

2.2. Algues brunes (Phéophycées)

Les phéophycées sont des algues caractérisées par sa coloration brune due à la grande quantité de pigments caroténoïdes (carotène, xanthophylle) qui masque la couleur verte (masque les pigments chlorophylle a et c) (Figure 07).

Elles sont de dimensions très variées, pluricellulaire et la majorité de ces espèces vivent en milieu marin (Garon-Lardiere, 2004).



Figure 07 : Algues brunes (Source internet)

2.3. Algues rouges (Rhodophycées)

Les Rhodophycées sont des algues caractérisées par sa coloration rouge due à la présence de plastes roses par la phycoérythrine (les pigments rouges) qui masque la chlorophylle a (Figure 08).

Elles sont des groupes très diversifiés, La plupart de ces algues rouges sont pluricellulaires et marines, mais il existe quelques formes unicellulaires et quelques-unes vivent également en eau douce (Garon-Lardiere, 2004).



Figure 08 : Algues rouges (Source internet)

2.4. Cyanobactéries (algues bleues)

Les Cyanophycées Connues sous le nom d'algues bleues ou de bactéries bleu-vert sont des algues caractérisées par la coloration bleue (Figure 09) en raison de la présence des pigments surnuméraires bleues (la phycoérythrine) et rouges (la phycocyanine) qui masquent la chlorophylle a (Ainane, 2011).

Elles sont unicellulaires, vivent aux fonds de mer et d'eau douce (Barsanti & Gualtierii, 2014), constituées de colonies de taille, de forme et de couleur très variables, peuvent modifier la couleur des eaux où elles prolifèrent (Ainane, 2011).



Figure 09 : Algues bleues (Les Cyanobactéries) (Source internet).

En résumer cette classification des algues selon le règne (Procaryotes/ Eucaryotes) et le phylum (Cyanobacteria/ Chlorophyta/ Phéophyta/ Rhodophta) (Tableau 05).

Tableau 05 : Classification simplifiée des algues (Daude, 2021)

Procaryotes	Algues Bleues ou Cyanobactéries	
Eucaryotes	Algues Vertes ou Chlorophycées	
	Algues Rouges ou Rhodophycées	
	Algues Brunes ou Phéophycées	
	Algues unicellulaires :	Euglénophyceae
		Cryptophytae
Haptophytae		
Dynophytae		
	Diatomées	

3. Composition biochimique des algues

La composition biochimique des algues varie en fonction des individus, les espèces, la maturité et les conditions environnementales (Ito & Hori, 1989). Cependant, elles sont riches en pigments, protéines, lipides, vitamines, minéraux et autre substance bioactive. La figure 10 présente quelques composants biochimiques couramment présents dans les algues marines.

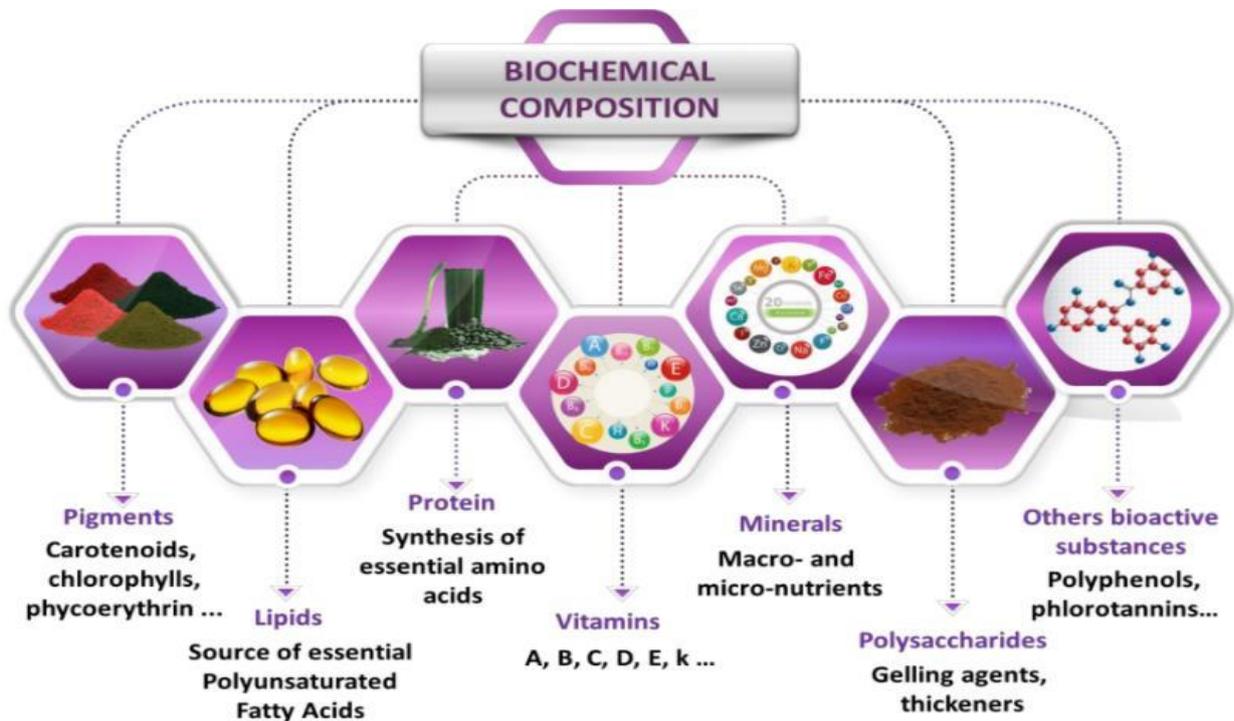


Figure 10 : Composition biochimique des algues marines (Hentati, et al., 2020).

3.1. Glucides et les polysaccharides

Les macroalgues marines sont considérées comme de bonnes sources glucidiques, dont la teneur totale varie de 5 à 75 % en fonction de l'âge, de l'espèce, de la période et du site de récolte. Les glucides des algues se composent principalement de polysaccharides et de quelques quantités de disaccharides et de monosaccharides.

Les polysaccharides isolés des algues marines se présentent principalement sous des formes sulfatées et non sulfatées. La présence de différents types de polysaccharides (matrice et stockage) est spécifique aux espèces de macroalgues. Par exemple, les algues marines vertes sont riches en ulvans, les macroalgues brunes contiennent des acides alginiques (ou alginates), des laminariens (ou laminarines) et des fucoïdanes, tandis que les algues rouges se caractérisent par leurs carraghénanes, agars, xylogalactanes (en particulier dans l'ordre des Corallinales), galactanes sulfatés, xylanes, porphyranes et amidon floridien. De nombreuses études récentes ont largement décrit les activités biologiques précieuses des polysaccharides d'algues natives, mais aussi de leurs dérivés, y compris les oligosaccharides et les polysaccharides modifiés biochimiquement. Parmi ces activités, les activités anti-inflammatoires, anti-diabétiques, anti-obésité, anti-hyperlipidémies, immunomodulatrices, anti-oxydants, antitumorales, antivirales, antimicrobiennes et gastros protectrices ont été bien explorées (Hentati, et *al.*, 2020).

3.2. Protéines et acides aminés

Les protéines contenant des quantités adéquates d'acides aminés essentiels sont les principaux facteurs de la valeur nutritionnelle des aliments. Les algues rouges et vertes ont une teneur élevée en protéines par rapport aux algues brunes, les algues vertes 9 à 26 % de la matière sèche. Les algues rouges, telles que la Dulse et la Nori, ont une teneur en protéines relativement élevée, de l'ordre de 35 à 47 % de la matière sèche, et constituent une grande partie de leur composition chimique. À l'inverse, les algues brunes ont une faible teneur en protéines, comprise entre 5 et 15 % du poids sec. Les protéines des algues, comme celles des plantes, contiennent tous les acides aminés essentiels.

Les acides aminés sont des unités structurelles de protéines, sauf qu'à partir de cette fonction principale, ils jouent également des rôles importants dans de nombreuses voies métaboliques. L'alanine, l'acide glutamique et la glycine sont les principaux constituants de la saveur des algues. La phycoérythrine et la phycocyanine sont des pigments photosynthétiques qui captent la lumière (Keyimu & Magfiret, 2019).

3.3. Lipides et acide gras

Les algues contiennent une très faible proportion de lipides, comprises entre 1 et 5 % de la matière sèche des algues. Cependant, les lipides sont principalement constitués d'acides gras polyinsaturés (AGPI) à longue chaîne (par ce que possèdent enzyme élongase-désaturase) ω -3 et

ω -6 (Richesse en oméga 3 supérieure à celle des plantes terrestres, dont EPA et DHA non synthétisés par les animaux), qui réduisent efficacement le risque de diabète, d'ostéoporose et de maladies cardiovasculaires. Les algues rouges et brunes contiennent principalement les acides gras polyinsaturés à 20 carbones que sont l'acide eicosapentaénoïque (EPA, ω -3, C 20:5) et l'acide arachidonique (AA, ω -6, C 20:4) (Keyimu & Magfiret, 2019).

3.4. Vitamines

Les algues marines sont d'importantes sources de vitamines hydro et liposolubles, qui pourraient améliorer le statut vitaminique des aliments destinés à la consommation humaine et animale. Elles contiennent des vitamines hydrosolubles B (B1, B2, B3, B5, B6, B9, B12), C, ainsi que des vitamines liposolubles A, D, E et des caroténoïdes, qui sont des formes provitamines de la vitamine A.

Par exemple :

- Les valeurs mentionnées pour la vitamine C se situaient dans une fourchette similaire pour les algues vertes 0,0347-1,25 g/100 g de poids sèche, rouges 0,0353-1,61 g/100 g de poids sèche et brunes 0,0345-1,85 g/100 g de poids sèche.
- Cependant, les données de la littérature concernant la teneur en vitamine B12 sont plus dispersées, allant de 0,06 à 0,786 g/100 g de poids sec pour les algues vertes, de 0,0961 à 1,34 g/100 g de poids sec pour les algues rouges et de 0,0164 à 0,0431 g/100 g de poids sec pour les algues brunes.
- En outre, des valeurs importantes de vitamine B3 sont enregistrées dans l'intervalle de 0,005-1,0 g/100 g poids sec pour les chlorophycées, 0,0951-0,10 g/100 g poids sec pour les rhodophycées et 0,612-0,90 g/100 g poids sec pour les phéophycées (Hentati, et *al.*, 2020).

3.5. Minéraux et oligo-éléments

Les macroalgues contiennent une haute teneur en minéraux et oligoéléments. Leur teneur en minéraux varie entre 7 et 40 % de leur poids sec en fonction de facteurs tels que l'espèce d'algue, la saison et le site géographique de collecte.

Les algues marines contiennent une quantité importante de macroéléments Ca^{2+} , K^+ , P^{3-} , Na^+ , Mg^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} et d'oligo-éléments (microéléments) Pb^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Sc^{3+} , Sr^{2+} et Cr^{2+} . Ces éléments, en particulier le calcium (Ca^{2+}), sont présents dans les algues marines à des niveaux plus élevés que dans les plantes terrestres.

Les niveaux importants d'iode trouvés dans la biomasse algale diffèrent selon les espèces est pesculer de 0,004 à 2,66 g/kg. Toutefois, il est intéressant de noter que de nouvelles stratégies ont été appliquées pour réduire sa teneur dans les produits alimentaires à base de macroalgues en

raison de ses propriétés potentiellement nocives pour la santé, parmi cette stratégies stabilisées les algues fraîches au sel (Hentati, et al., 2020; Pointud, 2022).

3.6. Pigments et composés phénoliques

3.6.1. Pigments

Les pigments présents dans les algues marines sont divisés en trois types : les chlorophylles, les caroténoïdes et les phycobiliprotéines.

- Les chlorophylles sont des pigments liposolubles verdâtres qui jouent un rôle clé dans le phénomène de la photosynthèse et que l'on trouve généralement dans les plantes terrestres, les algues et les cyanobactéries.
- Les principaux caroténoïdes des algues comprennent les carotènes, la fucoxanthine (le caroténoïde le plus abondant), le lycopène, l'astaxanthine, la zéaxanthine, la néoxanthine, la lutéine et la violaxanthine.
- Les phycobiliprotéines sont des pigments hydrosolubles. On distingue trois types de molécules avec des structures protéiques différentes. Les phycoérythrine sont des pigments rouges (les plus abondants), tandis que les phycocyanines et les allophycocyanines sont respectivement des pigments bleus et bleu clair.

Ces pigments présentent un potentiel considérable en tant qu'agents biologiquement actifs, ingrédients nutraceutiques et colorants alimentaires, avec des propriétés anticancéreuses, anti-inflammatoires, antidiabétiques, immunomodulatrices, antioxydantes et antiangiogéniques. (Hentati, et al., 2020)

3.6.2. Composés phénoliques

Les composés phénoliques des algues marines comprennent les acides phénoliques, les phlorotannins, les flavonoïdes, les tanins et les catéchines. Le type et le rendement d'extraction des composés phénoliques dépendent fortement de l'espèce d'algue. En fait, les algues brunes (Phéophycées) sont principalement caractérisées par des niveaux importants de phlorotannins, des polymères complexes composés d'oligomères de phloroglucinol (1,3,5-trihydroxybenzène), tandis que les algues rouges (Rhodophycées) et vertes (Chlorophycées) sont riches en flavonoïdes, en acides phénoliques et en bromophénols.

De nombreuses activités biologiques ont été attribuées aux polyphénols isolés des algues marines, telles que les propriétés antitumorales, anticancéreuses, antimicrobiennes, antivirales, antiobésité, antiprolifératives, anti-inflammatoires, antidiabétiques et antioxydantes (Hentati, et al., 2020).

4. Applications des Algues

Les algues et leurs extraits de matières premières sont utilisés aujourd'hui dans plusieurs domaines dans le monde, notamment dans les secteurs : alimentation, pharmaceutique, cosmétique, et les médicaments.

4.1. En alimentation humaines et à l'industrie alimentaire

- **Consommation directe**

La production d'algues à l'échelle mondiale est principalement destinée à l'alimentation, en raison de sa richesse en plusieurs types de macro et micronutriments. Grâce à cette variété de nutriments et leurs proportions ; les algues sont aujourd'hui considérées comme des légumes à part entière et font partie de la catégorie des aliments dits " Healthy Food" (CRIBIQ , 2022).

En Asie, la consommation des algues en tant qu'aliment est connue depuis des milliers d'années, aujourd'hui on trouve de nombreuses recettes à base de nombreux types d'algue, surtout au Japon qui est l'un des premiers pays connus par la consommation des algues comme aromatisants des nouilles, des salades, des soupes, des condiments ou additionné à un mélange de légumes (Marfaing, 2017).

En plus de leur texture et leur goût uniques, les algues peuvent servir de rehausseur de goût pour les aliments avec lesquels elles sont cuisinées. En Europe et en Amérique du Nord, les produits alimentaires contenant des algues sont de plus en plus populaires. (Figure 11) (CRIBIQ , 2022).

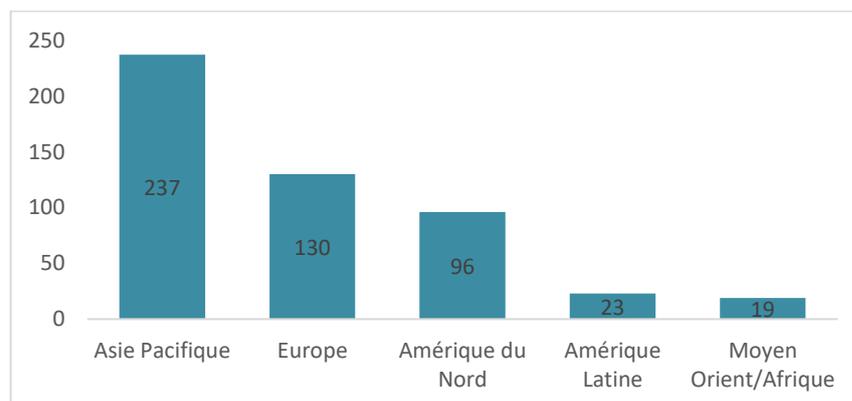


Figure 11 : Consommation d'algues marines selon le continent, tonnes/100 000 habitants (CRIBIQ , 2022).

- **Additifs alimentaires**

Il y a plus de 40 ans que l'industrie agro-alimentaire a découvert les propriétés physicochimiques des algues. Les algues, ajoutées aux aliments pour donner aux préparations la consistance par la formation d'un gel dont elles sont une source importante. Ce pouvoir gélifiant

est 7 à 8 fois plus élevé que la gélatine animale. Les algues sont également utilisées pour leurs qualités d'épaississants, capables d'augmenter la viscosité des préparations industrielles ainsi que de stabilisants pour maintenir la qualité des denrées en les conservant de manière optimale ou en intensifiant leurs couleurs. Trois algues sont principalement transformées et constituent 40% du marché des épaississants et des gélifiants (Demoulain & Leymergie, 2009).

4.2. En alimentation animal

Pendant long temps les animaux de fermes (moutons, bovins et chevaux) qui positionné dans régions côtières comme Skikda nourrir les algues qui trouve dans la mer.

Actuellement, plusieurs compagnies produisent des aliments pour bétail a base des farines d'algues, sont moulée en fines particules après le séchage. Leur analyse a montré que les algues contiennent des quantités importantes des nutriment essentiels requis pour les mammifères (Chouikhi, 2013).

Leurs avantages :

- Augmentent la teneur de certain nutriment dans les œufs des poules et le lait de vache.
- Augmentent la teneur de production laitière chez les vaches de 6,8 % à 13 %.
- Les brebis nourries aux macroalgues maintiennent leur poids beaucoup mieux durant la période hivernale et donnent une plus grande production de laine.
- Stimulent le système immunitaire de certains animaux (Chouikhi, 2013).

4.3. En cosmétique

Parmi les nombreuses espèces les algues sont présentes aux cosmétiques, Les produits de cosmétiques tels que les crèmes, masques, shampoings, gels de corps et sels de bain sont presque dépourvus d'étiquette mentionnant « extrait marin », « extrait d'algues » en raison de la richesse des algues par les éléments nécessaires pour la préparation de ces derniers comme substances volatiles et les bioactives.

Les métabolites dérivés d'algues ont été répertoriés comme actifs dans les soins antiâges de la peau, antioxydant, protection contre le soleil et hydratant. Plusieurs espèces d'algues appartenant à différents groupes sont utilisées en cosmétologie (Chouikhi, 2013).

4.4. Compléments alimentaires

Les algues sont désormais bien connues dans le monde des compléments alimentaires et sont présentes en association ou même seules pour leurs propriétés nutritives intrinsèques. La tendance actuelle, dans le monde, va vers des produits plus naturels, l'utilisation de plantes, et une utilisation diminuée de médicaments conventionnels. Les compléments alimentaires à base d'algues s'alignent dans cette nouvelle vague, en constituant une solution naturelle pour entretenir la santé (Daude, 2021).

Chapitre 04 :
**Graines de lin : Caractéristiques et utilisation en
alimentation animale**

IV. Graines de lin : Caractéristiques et utilisation en alimentation animale

1. Généralité

La graine de lin communément appelé *Linum usitatissimum* (Linn.), appartient à la famille des Linaceae. La plante de lin n'est pas une nouvelle culture et est originaire d'Asie occidentale et des côtes méditerranéennes, d'Asie mineure, d'Égypte, d'Algérie, de Tunisie, d'Espagne, d'Italie et de Grèce ; dans toutes ces régions, seul le lin textile est cultivé. En Asie du Sud-Ouest, y compris au Turkestan, en Afghanistan et en Inde, seul le lin oléagineux est cultivé. En Amérique du Nord, la graine de lin est le terme préféré pour désigner le lin utilisé pour la consommation humaine, tandis que les Européens utilisent le terme de graine de lin pour désigner le lin comestible. Les archives historiques indiquent que la culture du lin remonte à environ 9000-8000 ans avant J.-C. en Turquie, en Iran, en Jordanie et en Syrie. Le lin est cultivé dans une cinquantaine de pays, dont la plupart se trouvent dans l'hémisphère nord. En 2002, le Canada était le plus grand producteur de graines de lin, avec environ 33 % des 2 millions de tonnes métriques produites, suivi de la Chine (20 %), des États-Unis (16 %) et de l'Inde (11 %) (Badole, et al ., 2013).

Il existe deux types de graines de lin dorées et brunes (Figure 12).



Figure 12 : Graines de lin dorées et brunes (Source internet).

2. Morphologie et structure de la graine de lin

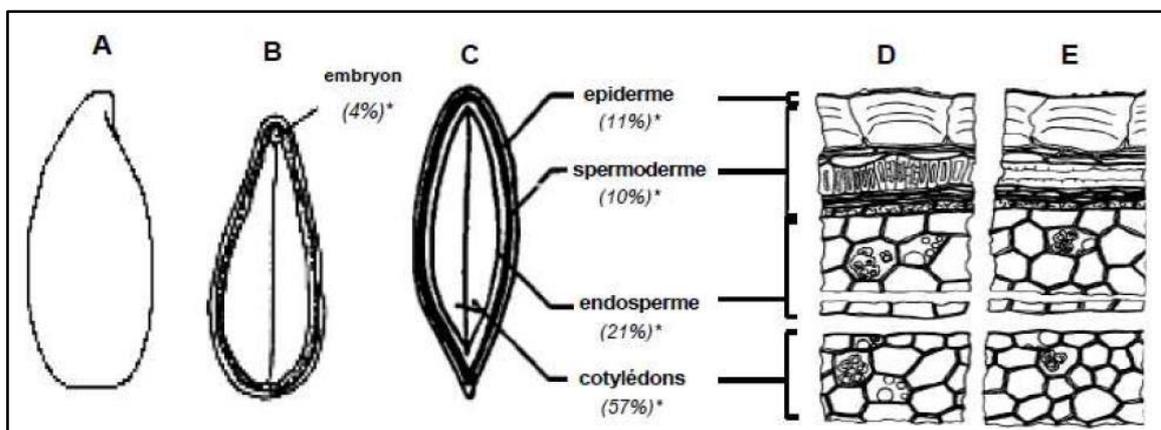
La forme de la graine de lin est ovale, aplatie et lisse. À son extrémité, il y a un bec plus ou moins recourbé (Figure 13A). La couleur du tégument de la graine varie du jaune au marron. Les graines commerciales ont des dimensions variées, allant de 3,0 à 6,4 mm de longueur, 1,8 à 3,4 mm de largeur et 0,6 à 1,5 mm d'épaisseur en moyenne. Le poids de mille grains est compris entre 5 et 10 grammes. Ce poids varie selon la date et la densité de semis et indique une bonne formation et une bonne alimentation des graines.

Cette graine possède une microstructure caractéristique (Figures 13 C, D et E), chaque tissu ayant une fonction physiologique propre. L'amande est protégée contre les pathogènes et les contraintes mécaniques par le tégument. Celle-ci est composée du spermoderme et de l'épiderme.

Différentes assises cellulaires composent le tégument (en partant de l'intérieur vers l'extérieur (Figure 13 D et E).

- une couche de pigments, contenant les tanins responsables de la couleur de la graine (du jaune au marron) (endosperme).
- deux assises cellulaires de fibres (longitudinales et transverses) (spermoderme) ;
- une couche de cellules rondes (spermoderme).
- une assise mucilagineuse, contenant le mucilage est située sur la couche la plus externe de la graine de lin (épiderme).

L'amande de la graine est composée de l'embryon, de deux cotylédons plats et de l'endosperme (Figures 13 B et C). Les macromolécules de réserves de l'amande comprennent 10 à 30 % de protéines, 35 à 45 % de lipides et 28 % de glucides. Ces composés seront dégradés au cours de la germination pour permettre la croissance de l'embryon et le développement de la future plante (Mihoubi, 2019).



3. Classification du graine de lin

Le *Linum usitatissimum*, plante herbacée annuelle, fait partie des quelque 230 espèces de la famille des Linacées, qui se divise en environ 14 genres. Le genre *Linum* comprend près des

deux tiers des espèces de la famille des Linacées. (Tableau 06) Malgré la diversité remarquable de cette famille, le *L. usitatissimum* est la seule espèce cultivée (CABI, 2018).

Tableau 06: Classification scientifique du *Linum usitatissimum*. (Badole, Zanwar, & Bodhankar, 2013)

Règne	<i>Plantae</i>
Embranchement	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Ordre	Malpighiales
Famille	Linaceae
Genre	Linum
Espèce	<i>Linum usitatissimum</i>

4. Composition biochimique des graines de lin

Les graines de lin apparaissent comme l'une des principales sources de composés phytochimiques dans le domaine des aliments fonctionnels. En plus d'être l'une des sources les plus riches d'huile d'acide α -linoléique et de lignanes, la graine de lin est une source essentielle de protéines de haute qualité et de fibres solubles et présente un potentiel considérable en tant que source de composés phénoliques (Oomah, 2001).

La graine de lin contient en moyenne 41% de matières grasses, 20% de protéines et 28% de fibres alimentaires. (Tableau 07 et Figure 14) (Adolphe & Fitzpatrick, 2015).

Tableau 07: Composition physicochimique des graines de lin (Mihoubi, 2019).

Constituant	Quantité pour 100g
Energie (Kcal)	530
Humidité (g)	6.5
Glucides (g)	28.9
Fibres(g)	27.3
Fibres brutes (g)	4.8
Fibres diététiques (g)	24.5
Protéines(g)	20.3
Lipides (g)	37.1
Minéraux (g)	2.4
Potassium (mg)	75
Calcium (mg)	170
Phosphore (mg)	370
Fer (mg)	2.7
Vitamines	-
Rétinol (A) (µg)	30
Tocophérols (E) (mg)	0.6
Thiamine (B1) (mg)	0.23
Riboflavine (B2) (mg)	0.07
Niacine (B3) (mg)	1.0
Acide pantothénique (B5)(mg)	0.57
Pyridoxine (B6) (mg)	0.61
Biotine (B8) (µg)	0.6
Acide folique (B9) (µg)	112

4.1. Composés glucidiques

Les glucides des graines de lin sont concentrés dans la coque ou l'enveloppe de la graine de lin, se composent de glucides indigestibles, souvent appelés fibres alimentaires (28 g par 100 g de graines), et d'une petite proportion (1 à 2 %) de glucides digestibles, essentiellement sous forme de sucre soluble.

La majeure partie des glucides de la graine de lin est indigeste et se compose de fibres solubles et de fibres insolubles. Les fibres solubles de la graine de lin sont communément

appelées mucilages de lin que se trouve dans la couche la plus externe de la coque et il est facilement lessivé pour former une couche visqueuse lorsque la graine de lin est mouillée. Ce mucilage représente environ un quart des glucides totaux de la graine de lin, soit approximativement 7 à 10 % de la composition totale de la graine (Bekhit, et *al.*, 2018).

4.2. Protéines

Les graines de lin sont riches en protéines avec un taux total varie de 10,5 % à 31 %. 22,4 % de protéines basées sur l'azote. La teneur en protéines des graines peut être influencée par des facteurs génétiques et environnementaux. Les protéines de la graine de lin sont principalement situées dans les cotylédons (76 %) et l'endosperme (16 %). Les globulines représentent 70 à 85 % et l'albumine varie de 26 à 41 % des protéines totales de graines de lin (Mihoubi, 2019; Marambe & Wanasundara, 2017).

4.3. Lipides

Les graines de lin sont riches en huile (35 à 45%) d'où leur classification parmi les graines oléagineuses. La plupart de cette huile se trouve dans les cellules des cotylédons (78 %), dans l'endosperme (12 %) et dans la cuticule (10%) (Oomah, 2001).

Les lipides sont l'un des ingrédients fonctionnels de grande valeur des graines de lin. Parmi tous les lipides disponibles dans les graines de lin, le composant principal est l'acide α -linoléique (ALA) (~53%), suivi de l'acide oléique (~19%), de l'acide linoléique (LA) (~17%) précurseur des AGPI oméga3 (EPA, DHA), de l'acide palmitique (~5%) et de l'acide stéarique (~3%). L'huile extraite de la graine de lin contient une proportion très élevée d'acides gras mono- et polyinsaturés (~91%), et des quantités mineures d'acides gras saturés (~9%) (Dzuvor, et *al.*, 2018).

4.4. Composés phénoliques

Les composés phénoliques de la graine de lin peuvent être classés en acides phénoliques simples et en lignanes plus complexes. La graine de lin contiendrait 790-1030 mg/100 g d'acides phénoliques. Cette valeur dépend de l'espèce et de l'environnement. Les acides phénoliques de la graine de lin sont principalement composés d'acide phydroxybenzoïque avec une quantité significative d'acide chlorogénique, d'acide férulique et d'acide coumarique (Bekhit, et *al.*, 2018).

4.5. Vitamines et Minéraux

Les graines de lin sont également une source importante de micronutriments tels que les vitamines et les minéraux. Parmi les vitamines, la vitamine E (0,039 %) et les niacines se trouvent en quantités abondantes dans les graines de lin.

Les graines de lin contiennent de grandes quantités de potassium (~5,6 % à 9,2 %), des quantités appréciables de calcium (~0,25 %), de magnésium (~0,40 %), de phosphore (~0,65 %) et des quantités infimes de sodium (~0,027 %) (Dzuvor, et *al.*, 2018).



Figure 14 : Graphique de la couronne montrant la composition proximale de la graine de lin (Dzuvor, et *al.*, 2018).

5. Applications des graines de lin

Le lin (*Linum usitatissimum* L.) est une plante associée à diverses utilisations tout au long de l'histoire de l'humanité, comme en témoigne le mot latin *usitatissimum* qui signifie "le plus utile" (Bekhit, et *al.*, 2018).

Certains domaines où l'utilisation de la graine de lin ou de ses composants et dérivés c'est :

5.1. En alimentation humaine

Les bienfaits pour la santé des nutriments contenus dans les graines de lin ont été cliniquement prouvés dans de nombreux rapports. La consommation de produits alimentaires contenant des graines de lin dans le cadre d'un régime alimentaire réduit le problème des

carences en nutriments dans une population de pays à faible consommation d'oméga-3 tels que l'Amérique du Nord, l'Amérique centrale et l'Amérique du Sud, l'Europe, le Moyen-Orient, l'Asie du Sud-Est et l'Afrique (Bekhit, et al., 2018).

La graines de lin, peut être ajouté aux l'aliment 2 à 3 cuillères de la soupe par jour dans vos préparations culinaires. À titre d'exemple, saupoudrez-les, après les avoir broyés, dans vos yaourts, compote de fruits, salade, desserts (directement dans la pâte), boissons (smoothie, milkshake, etc.), céréales, œufs battus, etc (Ligeon, 2017).

La farine de lin entière a été incorporée dans des produits de boulangerie tels que les muffins, les barres snack, les bagels, les pains de blé entier, les brioches et les feuilles de riz. Il a été montré que l'ajout de la farine de graines de lin ne modifiait pas la saveur originale de certains produits alimentaires tels que l'orange et la canneberge, le pain d'épices et les raisins secs et la barre de chocolat aux pépites de cappuccino (Bekhit, et al., 2018).

5.2. En alimentation animale

La graine de lin cuite a été la plus utilisée dans l'alimentation animale. De manière empirique, les graines étaient ajoutées à l'alimentation des animaux lorsque l'herbe manquait ou pendant certaines périodes importantes de leur vie (notamment pendant la période de mise bas). Jusqu'à nos jours, il est encore utilisé pour la production de viandes de qualité et pour la nourriture des chevaux (Mihoubi, 2019).

Les avantages de la consommation de graines de lin se manifestent dans le secteur de la nutrition animale et se traduisent donc par des aliments d'origine animale plus sains. En fait, le profil des acides gras de la viande et de la graisse est directement affectée par la source de graisse dans l'alimentation des volailles, l'alimentation enrichie en oméga-3 par l'ajout de graines de lin augmenterait la teneur en oméga-3 dans les œufs et la viande et enrichirait ainsi les produits (Bernacchia, et al., 2014).

Les effets bénéfiques du lin dans l'alimentation de la vache laitière s'expliquent principalement par sa richesse en huile et sa teneur élevée en oméga3, permettant une ration mieux équilibrée en acides gras. En effet, les rations actuelles, composées régulièrement d'ensilage de maïs et de concentrés, présentent un ratio oméga6/omega3 trop élevé par rapport aux besoins de l'animal, entraînant un manque d'oméga3 dans l'organisme. L'ajout de lin à la ration vient donc améliorer ce ratio en apportant, par le fait même, divers bénéfiques pour la santé et la productivité de la vache (Caroline & Beaulieu, 2017).

4.3. Domaine pharmaceutique et médical

Le complément alimentaire à base de L'extraite des graines de lin (l'huile de lin) utilisé chez les patients qui semblent souffrir de peau sèche ou d'eczéma, ou dont la peau est particulièrement sensible au soleil pour favorise la santé de la peau (Halligudi, 2012).

Le Lin Semence Gélules (Poudre) est un Complément Alimentaire antioxydant favorise la santé du cœur et utilisé pour faciliter la digestion (Nature, 2019).

L'huile de lin mélangée à de l'eau de chaux permet d'obtenir du liniment connu depuis longtemps et encore employé pour traiter les brûlures et les érythèmes fessiers des enfants pour traiter les brûlures et les érythèmes fessiers des enfants (Lénaïg, 2020).

On écrase une petite cuillerée chaque matin, on mélange avec du miel et on la prend à jeun durant un mois contre les ulcères gastroduodénaux, toutes inflammations des voies digestives et urinaires, contre les bronchites et les névrites (Alwosta, s.d.).

La pâte de farine de lin en compresse contre les dartres, les prurits, les eczémas, les douleurs musculaires et articulaires, les contusions, les furoncles, les abcès, l'anthrax et les irritations de la peau (Alwosta, s.d.).

Etude pratique

Matériels et méthodes

I. Matériels et méthodes

1. Objectif

L'objectif de notre étude est l'évaluation de l'effet d'incorporation des algues marines et des graines de lin sur les performances de ponte et la qualité des œufs dans l'alimentation des poules pondeuses.

2. Conduite de notre étude

Notre travail expérimental a été réalisé dans l'animalerie de l'université de Constantine 01 durant la période allant du 24 mai 2023 jusqu'au 22 juin 2023 (30 jours).

2.1. Type d'élevage

L'élevage a été effectué en cage (2 types de cage) (figure 15).

2.2. Souche de poule pondeuse exploitée

L'élevage comporte 6 poules pondeuses de souche ISA Brown très bien connue pour son adaptation aux différents climats et système de logement et ses performances de production ainsi que la qualité de ses œufs. Elles sont achetées de marches des animaux Rouached Wilaya de Mila, âgées entre 26-28 semaines.



Figure 15 : Poules (Isa Brown) en cages (photo personnelle, 2023).

2.3. Alimentation

La distribution de l'aliment pour les poules pondeuses se fait deux fois par jour à savoir 60g 2 fois/jour/ poule (soit 120g/jour). L'aliment principal utilisé est de type commercial provient de GAE ORAVIE Affilié à l'Office National de l'Alimentation du Bétail (ONAB), Sa composition est estimés en moyenne de 34 % de blé, 27 % de maïs, 27 % de tourteau de soja et 12 % d'autres matières premières telles qu'huile (3 %), tourteau de colza (0.2 %), tourteau de tournesol (0.3 %) ou drêches (0.9 %).

Cet aliment est enrichi en algues (figure 16) provenant de la région de Jijel et récoltée durant le de Mars 2023, Une fois récupérées, elles ont été mises dans des caisses perforées et pressées pour éliminer l'excès d'eau de mer.



Figure 16 : Récolte les algues (photo personnelle, 2023).

Après lavage et nettoyage par l'eau, les algues sont séchées sur des surfaces aérées (figure 17). L'exposition des au soleil est interrompue de 24h à 48 heures. La température moyenne enregistrée le long de la journée est de 30°C. Après séchage les algues ont été broyées manuellement (figure 18), emballées dans des boîtes alimentaires et destinés à l'alimentation de volaille. La nutrition est complétée par les graines de lin (figure 19).



Figure 17 : Séchage des algues (photo personnelle, 2023)



Figure 18 : Broyage manuelle des algues (photo personnelle, 2023)



Figure 19 : Graines de lin (photo personnelle, 2023)

Préparation des Lots :

Les 06 poules sont mises en cages propres (une poule par cage). Elles sont réparties comme suit :

02 poules (témoin) sont nourrit de 100% d'aliment commercial (120g/poule/jour). Et 02 poules ont reçu l'aliment expérimental bien homogénéisé contenant 90% aliment commercial et 10% d'algues (12g/poule/jour). Pour le dernier lot, les 02 poules ont été alimentées par un mélange contenant, 90% d'aliment commercial incorporé avec 5% algues (6g/poule/jour) et 5% graines de lin (6g/poule/jour). Ce régime alimentaire est appliqué pendant 30 jours (figure 20).

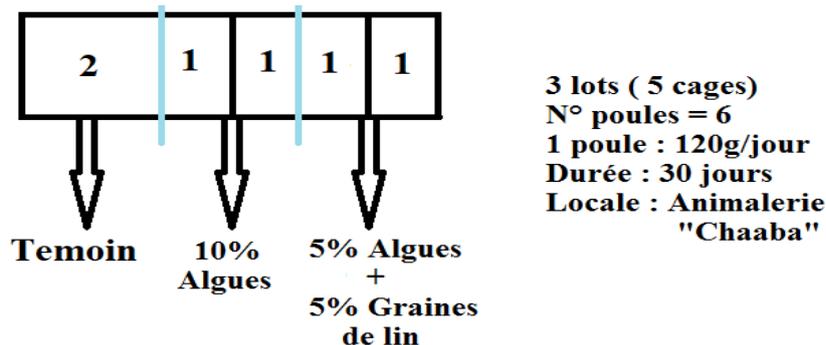


Figure 20 : Méthode de travail

2.4. Ramassage des œufs

Il se fait manuellement, deux fois par jour. Après la numérotation des œufs (figure 21), ils sont stockés dans un réfrigérateur.



Figure 21 : Ramassage les œufs (photo personnelle, 2023)

2.5. Analyses physico-chimiques des œufs

- **Estérification**

L'analyse des esters méthyliques d'acides gras a été réalisée par chromatographie en phase gazeuse (CPG). Pour préparer les échantillons, 100 mg d'échantillon ont été pesés et placés dans des tubes à essai à vis de 10 ml. Ensuite, 1,5 ml d'hexane et 1,5 ml de réactif au trifluorure de bore dans du méthanol (BF₃ / MeOH) à une concentration de 8 % ont été ajoutés à chaque tube. Les tubes ont été hermétiquement fermés sous atmosphère d'azote pour éviter l'oxydation des

acides gras, puis agités vigoureusement. La réaction s'est déroulée à 100°C pendant 1 heure. Après refroidissement à température ambiante, 1 ml d'hexane et 2 ml d'eau distillée ont été ajoutés, et le mélange a été à nouveau agité sous atmosphère d'azote. Une séparation en deux phases a été observée après un temps de repos. La phase supérieure, qui contient les esters méthyliques, a été récupérée dans un autre tube sous atmosphère d'azote. Deux extractions de la phase inférieure ont été réalisées avec 1 ml d'hexane à chaque fois. Toutes les phases extraites, contenant les esters méthyliques, ont été combinées dans un seul tube. Les esters méthyliques ont ensuite été lavés avec 2 ml d'eau distillée et séchés avec du sulfate de sodium anhydre pour éliminer toute trace d'humidité. Enfin, le solvant a été évaporé sous atmosphère d'azote, et l'hexane a été ajouté pour obtenir une concentration appropriée des esters méthyliques en vue de leur analyse par CPG.

- **Chromatographie a phase gazeuse (CPG)**

Pour déterminer le taux des oméga-3 dans les œufs de poule, nous avons employé une méthode d'analyse reconnue pour sa précision. Au cours de cette étude, un total de 24 œufs a été échantillonné, avec 6 œufs collectés chaque semaine sur une période de 4 semaines.

L'analyse a été effectuée en utilisant un chromatographe en phase gazeuse (CPG) équipé d'une colonne HP-0.25mm*0.2µm de type moyennement polaire. Pour détecter les composés d'intérêt, nous avons utilisé un détecteur à ionisation de flamme (FID) maintenu à une température de 25°C. Des paramètres de contrôle cruciaux ont été mis en place, notamment la température du four à 120°C, la température d'injection à 250°C, et un volume d'injection de 1µl. Le gaz vecteur utilisé était hydrogène (H₂) / nitrogène (azote (N₂

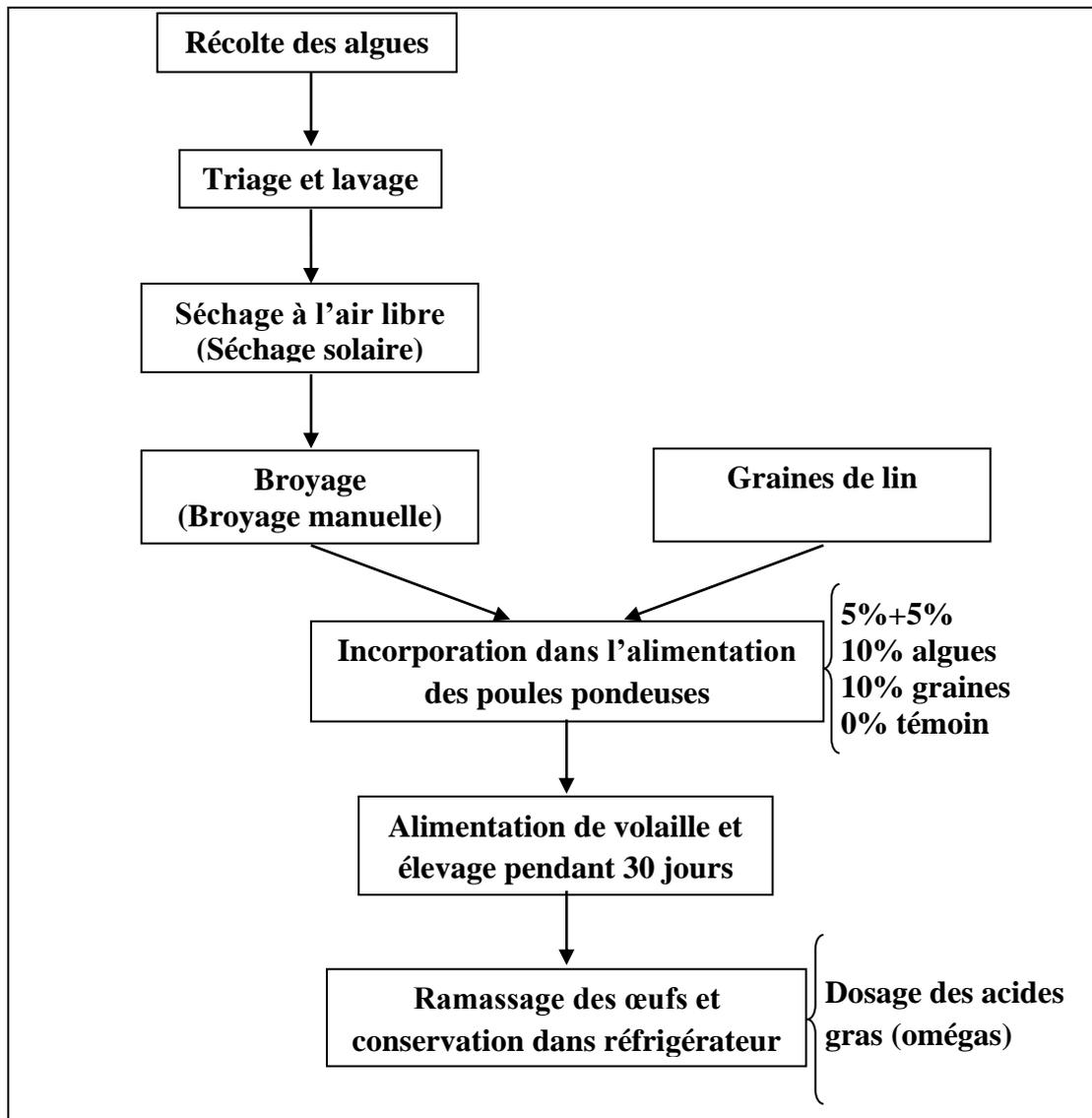


Figure 22 : Méthodologie expérimentale

Résultats et discussion

II. Résultats et discussion

Dans notre partie expérimentale, nous avons effectué l'élevage la volaille, la récolte des œufs afin de procéder à l'analyse des acides gras dont les omégas. Ce dosage permet de confirmer l'hypothèse suivante « L'œuf de notre expérimentation est plus riche en oméga 3 par rapport à l'œuf normal»

Différentes études ont confirmé cette hypothèse :

L'invention du brevet EP1591018A1 (European Patent Office) a pour objet l'amélioration de la composition des aliments pour les animaux, particulièrement pour les poules pondeuses comprenant certains micronutriments en quantité suffisante afin d'obtenir un œuf riche en ces mêmes micronutriments

Irawan *et al.* (2022) intitulée « Sources supplémentaires d'acides gras n-3 sur la performance et la formation d'oméga-3 dans les œufs de poules pondeuses : une méta-analyse » ont étudié l'effet des sources de supplémentation en acides gras sur la composition des œufs et les résultats sont présentés dans le **tableau 08**.

Tableau 08 : Effets des sources de supplémentation en acides gras sur la composition en acides gras des œufs (exprimés en mg/œuf) de poules pondeuses. (Irawan, *et al.*, 2022)

Source de supplémentation	Composition en acides gras (mg/œuf)					
	LA C18:2 n-6	ALA C18:3 n-3	EPA C20:5 n-3	DHA C22:6 n-3	PUFA n-3	n6/n3
Témoin	1030.35	52.70	2.56	65.31	133.35	11.91
Algue	1062.93	79.48	3.94	131.90	244.21	7.41
Graines de lin (graines/repas)	990.87	257.03	8.70	109.50	390.35	5.13

De ce tableau, il ressort que :

- Lorsque les algues ont été incorporées dans l'alimentation des poules pondeuses, l'**acide linoléique (LA)** a légèrement augmenté à 1 062,93 mg/œuf, tandis que l'ajout des graines de lin a diminué son taux à 990,87 mg/œuf par rapport à l'alimentation normale (1 030,35 mg/œuf).
- La teneur de l'**acide α -linoléique (ALA)** (oméga 3 végétale) a augmenté à 257.03 mg/œuf et à 79.48 mg/œuf en présence des graines de lin et des algues respectivement par rapport à l'alimentation normale (52.70 mg/œuf).

- **Pour l'acide eicosapentaénoïque (EPA)** (oméga 3 Animale), l'introduction des graines de lin et des algues dans l'alimentation des poules pondeuses a augmenté sa teneur à 8.70 mg/œuf et à 3.94 mg/œuf respectivement par rapport à l'alimentation normale, (2.56 mg/œuf).
- **L'acide docosahexaénoïque (DHA) (oméga 3 Animale) a augmenté** à 131.90 mg/œuf lorsque les algues ont été incorporé dans l'alimentation des poules pondeuses et à 109.50 mg/œuf en présence des graines de lin par rapport à l'alimentation normale (65.31 mg/œuf).
- Le rapport oméga 6/oméga 3 est de 7.41 mg/œuf en présence des algues et de 5.13 mg/œuf après l'ajout des graines de lin, nous remarquons qu'il a diminué par rapport de témoin (11.91 mg/œuf).

Cette étude confirme d'une part notre expérimentation, et d'autre part elle révèle que l'incorporation des graines de lin dans l'alimentation est meilleure pour l'augmentation de l'oméga 3 Végétale (ALA) alors que les algues sont plutôt favorable pour amélioration du taux de l'oméga animale (DHA+EPA).

Aussi, le rapport de la consommation d'oméga-6 et d'oméga-3 est un indicateur d'une bonne alimentation donc plus il est petit, plus le taux d'oméga-3 est élevé dans l'œuf.

Les œufs enrichis en omégas se présentent comme une alternative intéressante aux œufs ordinaires avec une nouvelle méthode d'alimentation des poules. Ce type d'alimentation utilisé à faible coût est l'un des avantages de ces œufs offrant ainsi un type d'aliment naturel, Bio tout en étant plus nutritives et bénéfiques pour la santé et pour l'économie.

Conclusion

Conclusion

Notre étude a porté sur l'effet d'incorporation des algues marines et les graines de lin dans l'alimentation des poules pondeuses, et sur la qualité nutritionnelle des œufs. L'essai a été réalisé dans l'animalerie de Université de Constantine 01.

Les œufs sont naturellement des aliments de base à qualité nutritionnelle intéressante. Leur composition en acides gras et en certains micronutriments (vitamine E, sélénium, caroténoïdes) est variable selon l'espèce animale et son mode alimentaire.

Notre étude d'essai de valorisation des algues marines et graines de lin dans l'alimentation de poules pondeuses mérite vraiment la confirmation de notre hypothèse « l'œuf obtenu par notre étude est un produit innovant car plus riche en oméga 3 par rapport à l'œuf ordinaire ». L'enrichissement en acides gras oméga 3 polyinsaturés des œufs « modernes » confirmer par la diminution de rapport (oméga 6/oméga 3). Ceci est réalisable par le dosage des acides gras de type oméga dans les œufs des poules pondeuse nourrit d'alimentation enrichie de graines de lin et des algues afin de pouvoir inonder le marché algérien avec ce nouveau produit ayant une valeur nutritionnelle élevée et un taux élevé des acides gras de type oméga. Ce type d'alimentation utilisé à faible coût est l'un des avantages de ces œufs offrant ainsi un type d'aliment naturel, Bio tout en étant plus nutritives et bénéfiques pour la santé et pour l'économie.

En perspectives, il serait intéressant donc :

- De doser les omégas dans les œufs des poules pondeuses nourrit d'une alimentation enrichie d'algues et des graines de lin.
- De refaire l'essai sur un grand échantillonnage.
- D'étudier la valeur nutritionnelle des algues et des graines de lin utilisées.
- D'étudier l'effet de ce régime alimentaire sur la croissance des poules pondeuse et surtout sur sa durée de ponte.

Résumés

Résumé :

Cette étude réalisée dans l'animalerie de l'université des frères Mentouri, Constantine 01 a pour objectif d'évaluer l'effet de la supplémentation des algues marines et les graines de lin dans l'alimentation de poules pondeuses et son impact sur la qualité nutritionnelle des œufs produits. Un totale de 6 poules de souche ISA BROWN âgées de 26-28 semaines, réparties en 3 lots : un lot témoin nourrit à 100% d'aliment commercial, le deuxième lot a reçu une alimentation composée de 90% de l'aliment commercial et 10% d'algues séchées et hachées et le troisième lot a été alimenté par un mélange composé de 90% d'aliment commercial, 5% d'algues et 5% de graines de lin, ce pendant 4 semaines. Chaque jour, après le ramassage des œufs de chaque lot, ils sont numérotés et stockés dans le réfrigérateur pour le dosage de la teneur en omégas.

D'après d'autres études, la supplémentation des algues et graines de lin dans la ration de poule pondeuse améliore probablement la qualité des œufs. Ce produit innovant ayant une valeur nutritionnelle élevée et un taux élevé des acides gras de type oméga. Ce type d'alimentation utilisé à faible coût est l'un des avantages de ces œufs offrant ainsi une alternative des compléments alimentaires et un type d'aliment naturel, Bio tout en étant plus nutritives et bénéfiques pour la santé et pour l'économie.

Mots clés : Œufs, oméga 3, algues, graines de lin, poules ISA BROWN, nutrition.

Abstract:

The aim of this study, carried out in the animal house of the Mentouri Brothers University, Constantine 01, is to assess the effect of supplementing the diet of laying hens with seaweed and linseed and its impact on the nutritional quality of the eggs produced. A total of 6 hens of the ISA BROWN strain, aged 26-28 weeks, were divided into 3 batches: a control batch fed 100% commercial feed, the second batch fed 90% commercial feed and 10% dried and chopped seaweed, and the third batch fed a mixture of 90% commercial feed, 5% seaweed and 5% linseed, for 4 weeks. Each day, after the eggs from each batch were collected, they were numbered and stored in the refrigerator for omega content determination.

According to other studies, supplementing laying hens' rations with seaweed and linseed probably improves egg quality. This innovative product has a high nutritional value and a high level of omega-type fatty acids. This type of low-cost feed is one of the advantages of these eggs, offering an alternative to dietary supplements and a natural, organic kind of food that is also more nutritious and beneficial to health and the economy.

Keywords: Eggs, omega 3, algae, linseed, ISA BROWN hens, nutrition.

ملخص:

تهدف هذه الدراسة المنجزة بالمنشأة الحيوانية لجامعة الإخوة منتوري قسنطينة 01 إلى تقييم تأثير إضافة الطحالب البحرية وبذور الكتان في غذاء الدجاج البياض وأثرها على جودة القيمة الغذائية للبيض المنتج. إجمالي 6 دجاجات من سلالة ISA BROWN بعمر 26-28 أسبوع، مقسمة إلى 3 دفعات: دفعة مراقبة غذية 100% علف تجاري، الدفعة الثانية تلقت علف مكون من 90% علف تجاري و 10% طحالب مجففة ومقطعة و غذية الدفعة الثالثة بخليط يتكون من 90% أغذية تجارية و 5% طحالب و 5% بذر الكتان لمدة 4 أسابيع. كل يوم، بعد جمع البيض من كل دفعة، يتم ترقيمها وتخزينها في الثلاجة لتحديد محتوى الأوميغا.

وفقاً لدراسات أخرى، فإن إضافة الأعشاب البحرية وبذور الكتان إلى حصص الدجاج البياض ربما يحسن جودة البيض. يتمتع هذا المنتج المبتكر بقيمة غذائية عالية ومستوى عالٍ من أحماض أوميغا الدهنية. ويعتبر هذا النوع من الأغذية المستخدم بتكلفة منخفضة أحد مميزات هذا البيض، فهو يقدم بديلاً عن المكملات الغذائية ونوعاً من الأغذية الطبيعية والعضوية مع كونه أكثر تغذية ومفيداً للصحة والاقتصاد.

الكلمات المفتاحية: بيض، أوميغا 3، طحالب، بذور الكتان، دجاجة إيزا البنية، تغذية.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

1. Bastianetto, S. (2015, 06). Omega 3. Récupéré sur passeport sante:
https://www.passeportsante.net/fr/Solutions/PlantesSupplements/Fiche.aspx?doc=acides_gras_essentiels_ps
2. Boukoufa.A. (S.d). physiologie clinique métabolique et nutrition. Ration Alimentaire.
3. Encinas, M. (2021). La supplémentation en acides gras oméga-3 à l'officine a-t-elle un intérêt dans la prévention du risque cardiovasculaire ? Caen, France: Université de Caen Normandie.
4. Jaffiol, C. (2011, Mai 02). Alimentation et santé dans l'histoire humaine :paradoxes et incertitudes de notre siècle. 185. Académie des Sciences et Lettres de, Montpellier, France.
5. Koiche, M. (S.d). Alimentation et systèmes alimentaires. Département de sciences des aliments et nutrition humaine.
6. Labbani. (S.d). Oméga 3.cours de faculté science de la nature et de la vie, université Constantine 01.
7. Carole, D., Raymond , G., & Marie-Madeleine , J. (2004). Nutrition et alimentation des animaux d'élevage TOME 2. Dijon: Educagri Editions.
8. Dayon, J. F., & Arbelot, B. (1997). Guide d'elvage des volailles au Senegal. Montpellier, France: CIRAD EMVT.
9. Diatosphere. (s.d.). Comprendre le cycle de ponte des poules, les races les plus productives et l'importance d'une bonne ponte pour les éleveurs. Consulté le 06 10, 2023, sur diatosphere.
10. Domi. (2017, 02 10). Classification de la poule. Récupéré sur poules et cie:
<https://poulesetcie.com/classification-poule/>
11. Eluard, J. L. (2019, 01 14). Combien d'oeufs la poule peut-elle pondre ? Récupéré sur curieux: <https://www.curieux.live/2019/01/14/article-2015-05-11-combien-doeufs-la-poule-peut-elle-pondre-15980/>
12. Flemale, S. (2022, 02 24). Quelles sont les difficultés liées à l'élevage du poulet de chair ? Récupéré sur Radio Ndeke Luka: <https://www.radiondekeluka.org/vos-emissions/magazine-agropastoral-et-environnement/38227-quelles-sont-les-difficultes-liees-a-l-elevage-du-poulet-de-chair.html>
13. Fournier, A. (2005). L'élevage des poules : Elvage facile. Losange: Artemis.
14. French, K. M. (1986). Elevage pratique de la volaille. Washington: Peace Corps.
15. Korver, D. (2023, 06). Nutritional Requirements of Poultry. Récupéré sur msd manual:
<https://www.msdrvmanual.com/poultry/nutrition-and-management-poultry/nutritional-requirements-of-poultry>

16. Lambert, J. (2022, 07 07). Quel âge ont les poulets quand ils sont abattus. Récupéré sur diffusons la science: <https://diffusonslascience.fr/quel-age-ont-les-poulets-quand-ils-sont-abattus/>
17. Letourno. (2022, 06 15). Les meilleures races de poule pondeuse. Récupéré sur letourno: <https://letourno.com/meilleures-races-poule-pondeuse/>
18. Lydie, M. (s.d.). LES APPORTS NUTRITIONNELS INDISPENSABLES À LA PONDEUSE. Récupéré sur Poulailler Design: https://www.poulaillerdesign.com/conseils-et-astuces/48_les-apports-nutritionnels-indispensables-a-la-pondeuse.html
19. Meggitt, J. (2017, 11 01). Different Breeds of Broilers. Récupéré sur Pets on Mom.com: <https://animals.mom.com/length-time-turkey-mature-7184.html>
20. N. van Eekeren , A. Maas, H.W. Saatkamp , & M. Verschuur . (2006). L'élevage des poules à petite échelle. Wageningen, Pays Bas: Fondation Agromisa et CTA.
21. Site02. (2023, 03 29). Que mange la poule pondeuse et quelle est sa consommation d'eau ? Récupéré sur Virbac: <https://fr.virbac.com/home/tout-sante-bien-etre/que-mange-et-boit-la-poule.html>
22. Site03. (2021, 10 22). Les bases de l'alimentation des volailles et les voies d'amélioration de la durabilité. Récupéré sur celagri.be: <https://www.celagri.be/l'alimentation-des-volailles/>
23. Yves, F., & Ahonziala, K. (2009). La poule, l'aviculture et le développement (éd. science et technique de base). Paris: L'Harmattan.
24. Anton, M., Nau, F., Lechevalier-Datin, V., Guérin-Dubiard, C., & Croguennec, T. (2010). Les ovoproduits : des ingrédients fonctionnels pour des matrices complexes. INRA Prod. Anim., 215-224.
25. Breizh, M. (2021, Mars 21). Me Meilleures Recettes Faciles. Récupéré sur Utilisation de l'oeuf selon sa fraîcheur: <https://mesmeilleuresrecettesfaciles.over-blog.com/2021/03/utilisation-de-l-oeuf-selon-sa-fraicheur.html>
26. AYACHI, M., LAHMAR, W., & YENNOUNE, C. (2012). Etude comparative et Contrôle de la qualité des œufs issus de la souche locale (*Gallus gal/us domesticus*) et les œufs issus de la souche ISA Brown. Université de Jijel, Faculté des Sciences Exactes et Sciences, Département de Biologie Moléculaire et Cellulaire, Jijel, Algeria.
27. Baron, F., Nau, F., & Guerin-Dubiard, C. (2017). Les oeufs 60 clés pour comprendre. Paris: Quae.
28. Corpet, D. (2013, septembre). TD hygiène et industrie des aliments. Dans œuf & Ovoproduits. Toulouse, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse ENVT HIDAOA, France. Récupéré sur <http://Corpet.net/Denis>

29. Dayon, J. F., & Arbelot, B. (1997). Guide d'élevage des volailles au Sénégal. Montpellier, France: CIRAD EMVT.
30. E. Tůmová, L. Zita, M. Hubený, M. Skřivan, & Z. Ledv. (2007). The effect of oviposition time and genotype on egg quality characteristics in egg type hens. *Czech Journal of Animal Science*, 26-30.
31. Fédération des aviculteurs. (2007).
32. Fenardji, F. (1990). Organisation, performances et avenir de la production avicole en Algérie. Dans S. B, L'aviculture en Méditerranée. Montpellier (France (pp. p. 253-261). Montpellier: Montpellier [France] : CIHEAM-IAMM, 1990.
33. Gautron, RÉHAULT-GODBERT, S., JONCHÈRE, V., HERVÉ-GRÉPINET, V., MANN, K., & NYS, Y. (2010). L'apport des techniques à haut débit (protéomique et transcriptomique) dans l'identification et la caractérisation fonctionnelle des protéines de l'œuf. *INRAE Productions Animales*, 133-142.
34. IEC. (2020). La production mondiale d'œufs augmente de 3.5 %. Récupéré sur Commission internationale des œufs: <https://www.internationalegg.com/fr/resource/global-egg-production-grows-by-3-5/>
35. Jones, S. (2023, février 16). Top 5 des bienfaits des œufs pour la santé | Pourquoi devriez-vous les manger tous les jours. Récupéré sur Webmedy: <https://webmedy.com/blog/fr/benefits-eggs/>
36. Kamana, O. (2007, Décembre 26). CONTRIBUTION A L'ETUDE DE L'EVOLUTION DES ŒUFS. Dakar, ECOLE INTER-ETATS DES SCIENCES ET MEDECINE VETERINAIRES DE DAKAR, Sénégal.
37. Lederer, J. (1978). Encyclopédie moderne de l'hygiène alimentaire. Paris: Maloine.
38. Lewin, J. (2022, D2CEMBRE 6). Quels sont les bienfaits des œufs pour la santé ? Récupéré sur BBC NEWS AFRIQUE: <https://www.bbc.com/afrique/articles/cn0j8qyxpxo>
39. Magdelaine. (2004). La ponte en climat chaud. *Africain agriculture*. 18-22.
40. Manoharimalala, S. (2018, 10 03). CONTAMINATION DES ŒUFS DE CONSOMMATION PAR LES SALMONELLES À ANTANANARIVO. UNIVERSITÉ D'Antananarivo, DÉPARTEMENT D'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES ET DE MÉDECINE VÉTÉRINAIRES, Madagascar.
41. Musabimana Kabaju, F. (2005). Consommation et commercialisation des œufs à Dakar (Sénégal). Dakar, Université Cheikh Anta Diop (UCAD). Récupéré sur le relais du vert bois: <https://www.relaisduvertbois.com/2012/03/09/pourquoi-les-poules-pondent-elles-tous-les-jours/>

Références bibliographiques

42. Nau, f., Guerin-Dubiard, C., Baron, F., & Thapon, J.-L. (2010). Science et technologie de l'oeuf. Clermont Ferrand, France.
43. Nys, Y., & Sauveur, B. (2004). Valeur nutritionnelle des œufs. INRA Prod. Anim, 385-393.
44. Sauveur, B. (1978). La Qualité des œufs objet de recherches françaises.
45. Sauveur, B. (1988). -449.
46. Thiebault, D. (2002, 12 26). Organes génitaux. Récupéré sur oiseaux: <https://www.oiseaux.net/dossiers/ornithopedia/organes.genitaux.html>
47. Travel, A., Nys, Y., & Lopes, E. (2010). Facteurs physiologiques et environnementaux influençant la production et la qualité de l'oeuf. INRA Productions Animales, 155-166.
48. Zubiria, L. (2021, Mars 26). Oeuf. Récupéré sur passeport santé/ Nutrition: https://www.passeportsante.net/fr/Nutrition/EncyclopedieAliments/Fiche.aspx?doc=oeuf_nu#valeurs-nutritionnelles-et-caloriques-de-l-oeuf
49. Ainane, T. (2011, mai 28). Valorisation de la biomasse algale du Maroc : Potentialités pharmacologiques et Applications environnementales, cas des algues brunes *Cystoseira tamariscifolia* et *Bifurcaria bifurcata*. casablanca, Faculté des Science Ben M'sik Casablanca, Université Hassan II - Casablanca.
50. Barsanti, L., & Gualtieri, P. (2014). ALGAE: ANATOMY, BIOCHEMISTRY, AND BIOTECHNOLOGY (éd. 2). Istituto di Biofisica, pisa, italy: CRC Press.
51. Chouikhi, A. (2013). Les applications potentielles des macroalgues marines et les activités pharmacologiques de leurs métabolites : Revue. USTHB-FBS-4th International Congress of the Populations & Animal Communities — Dynamics & Biodiversity of the terrestrial & aquatic Ecosystems "CIPCA4" TAGHIT (Bechar) – Algeria., 1-40.
52. CRIBIQ . (2022). Étude Économique sur la Chaîne de Valeur des Macroalgues au Québec. ((. d. Québec), Éd.) Québec.
53. Daude, L. (2021, juillet 1). L'UTILISATION DES ALGUES EN PHARMACIE ET PARAPHARMACIE. Thèse de Doctorat en pharmacie. UNIVERSITÉ CLERMONT AUVERGNE, UFR DE PHARMACIE, France.
54. De Reviere, B. (2003). Biologie et phylogénie des algues. (c. t. 2, Éd.) France: Belin.
55. Demoulin, G., & Leymergie, C. (2009, juin). Les algues, le trésor de la mer. h.e.d.s (haute école de santé Genève).
56. Garon-Lardiere, S. (2004, février 24). Etude structurale des polysaccharides pariétaux de l'algue rouge *Asparagopsis armata* (Bonnemaisoniales). UNIVERSITÉ DE BRETAGNE OCCIDENTALE, ECOLE DOCTORALE DES SCIENCES DE LA MATIÈRE, DE L'INFORMATION ET DU VIVANT, France.

Références bibliographiques

57. Hentati, F., Tounsi, L., Djomdi, D., Pierre, G., Delattre, C., Ursu, A., . . . Michaud, P. (2020, Julliet 09). Bioactive Polysaccharides from Seaweeds. *Molecules*.
58. Ito, K., & Hori, K. (1989). Seaweed: Chemical composition and potential food uses. *Food Reviews International*, 101-144.
59. Keyimu, X. G., & Magfiret, B. A. (2019). Seaweed Composition and Potential Uses. *International Journal of ChemTech Research*, 105-111.
60. Marfaing, H. (2017). Qualités nutritionnelles des algues, leur présent et futur sur la scène alimentaire. *Cahiers de nutrition et dediététique*.
61. Pointud, E. (2022, 03 22). L'iode dans les algues : bienfaits et précautions. Récupéré sur *bretalg*: <https://www.bretalg.com/blogs/carnet-de-route/liode>
62. Roland, J.-C., Bouteau, H., & Bouteau, F. (2008). *ATLAS BIOLOGIE VÉGÉTALE: Organisation des plantes sans fleurs, algues et champignons* (éd. 7). Paris: Duond.
63. Adolphe, J., & Fitzpatrick, K. (2015, 01). La graine de lin : Une révision de sa valeur nutritionnelle. Récupéré sur *healthyflax.org*:
https://healthyflax.org/quadrant/media/files/pdf/HEAL.factsheet_NUTRIENT_FR.pdf
64. Badole, S., Zanzwar, A., & Bodhankar, S. (2013). Antihyperglycemic Potential of Secoisolaricinol Diglucoside. Dans R. R. Watson, & V. R. Preedy, *Bioactive Food as Dietary Interventions for Diabetes* (p. 53). Elsevier Inc.
65. Bekhit, A.-D., Shavandi, A., Jodjaja, T., Birch, J., Teh, S., Mohamed Ahmed, I., . . . Bekhit, A. (2018). Flaxseed: Composition, detoxification, utilization, and opportunities. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 129-152.
66. Dzuvor, C., Taylor, J., Acquah, C., Pan, S., & Agyei, D. (2018, September 24). *Molecules*. (D. L. Napolitano, Éd.) *Bioprocessing of Functional Ingredients from Flaxseed*, 2-18.
67. Weill, P., & Mairesse, G. (2010). Le lin, son huile, sa graine...et notre sante. *Nutrition*, 85-87.
68. Alwosta. (s.d.). Graines de Lin. Récupéré sur Alwosta: <https://www.alwosta.tn/fr/herbes-et-graines/307-lin-.html>
69. Bernacchia, R., Preti, R., & Vinci, G. (2014, 10 17). Chemical composition and health benefits of flaxseed. *Austin J Nutri Food Sci*.
70. CABI. (2018, février 16). *Linum usitatissimum* datasheet. (Centre for Agriculture and Biosciences International) Récupéré sur *Crop Protection Compendium*:
<https://www.cabi.org/cpc/datasheet/31053>
71. Caroline, C., & Beaulieu, a. (2017, Décembre). Le lin dans l'alimentation de la vache laitière. Récupéré sur *Ecosphère*:
https://www.agrireseau.net/documents/document_97636.pdf

Références bibliographiques

72. F, Nature. (2019, 03 25). Francois Nature HERBORISTERIE. Récupéré sur Francois Nature: <https://www.francois-nature.fr/produit/lin-semence-gelules-poudre-complement-alimentaire-francois-nature/174>
73. Halligudi, N. (2012, October 10). Pharmacological properties of Flax seeds: A Review. *Journal for drugs and medicines*, 70-77.
74. Lénaïg, S. (2020, 01 30). LES USAGES MÉDICINAUX ET VÉTÉRINAIRES DU LIN ET DU CHANVRE EN BRETAGNE. France.
75. Ligeon, B. (2017, 06 29). Les graines de lin et les régimes. Récupéré sur ile aux épices: <https://ileauxepices.com/blog/2017/06/29/comment-utiliser-les-graines-de-lin-pour-maigrir/wpuid13706/>
76. Marambe, H., & Wanasundara, J. (2017). Chapter 8 - Protein From Flaxseed (*Linum usitatissimum* L.). Dans J. P. Sudarshan R. Nadathur, *Sustainable Protein Sources*, (pp. 133-144). Academic Press.
77. Mihoubi, M. (2019, 07 24). Formulation et caractérisation d'un yaourt supplémenté de la poudre de graines de lin. Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie - El Harrach-Alger, Département de Technologie Alimentaire et de Nutrition Humaine, Algeria.
78. Mourot, J. (2016). La composition en acides gras des animaux d'élevage peut-elle être améliorée ? *Dochead sciences des aliments Sous-dochead qualité nutritionnelle*, 1-9.
79. Oomah, B. (2001). Flaxseed as a functional food source. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 889-894.
80. Irawan, A., Ningsih, N., Hafizuddin, Rusli, R. K., Suprayogi, W. P., Akhirini, N., . . . Jayanegara, A. (2022). Supplementary n-3 fatty acids sources on performance and formation of omega-3 in egg of laying hens: a meta-analysis. *Poultry Science*, -9.

Annexe



Carte d'information

À propos de l'équipe d'encadrement du groupe de travail

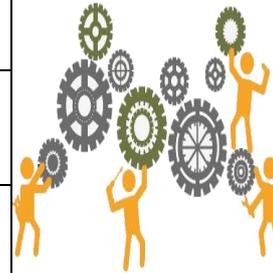
1- Équipe d'encadrement :

Équipe d'encadrement (à titre indicatif)	
Encadrant principal : DEKHMOCHE Schehrazed	Spécialité : Biochimie



2- Équipe de projet :

Équipe de projet (à titre indicatif)	Faculté	Spécialité
Étudiant 01 : MESSAOUD KHELLOUF Chaouki	Science de la nature et de la vie	Biochimie
Étudiant 02 : HADEF Ishak	Science de la nature et de la vie	Biochimie





Index

Contenu





Table des matières



Premier axe : Présentation du projet	1
1. L'idée de projet (la solution proposée)	2
2. Les Valeurs suggérées.....	2
3. L'équipe.....	3
4. Les Objectifs du projet.....	4
5. Le planning de réalisation du projet.....	4
Deuxième axe : Aspects innovants	5
1. La nature des innovations.....	6
2. Les domaines d'innovation.....	6
Troisième axe : Analyse stratégique du marché	7
1. Le segment du marché.....	8
2. La mesure de l'intensité de la concurrence.....	8
3. La stratégie marketing	9
Quatrième axe : Plan de production et organisation.....	10
1. Le processus de production.....	11
2. L'approvisionnement.....	12
3. La main d'œuvre.....	12
4. Les principaux partenaires.....	1





Le premier axe Présentation du projet





Premier axe

Présentation du projet

1. L'idée de projet (solution proposée)

- Notre produit entré dans le domaine d'activité Agro-alimentaire.
- L'idée du projet a commencé à travers une étude qui a révélé que l'œuf est un aliment de base et acceptable a enrichi à quels nutriments, aussi les gens souffrent d'une carence en acide gras oméga 3 à cause de Le faible pouvoir d'achat du citoyen algérien d'acheter les poissons. Ces données indiquent qu'il faut enrichir l'œuf naturellement en oméga 3.
- Cela se fait par modifiant légèrement la ration alimentaire des poules pondeuse par l'incorporation des aliments riches en oméga 3 principalement les algues et les graines de lin.
- Le lieu d'implantation est sélectionné pour sa proximité au-les ville côtière aux trouve les matières premières.

2. Les valeurs proposées :

Les valeurs proposées peuvent être les suivantes :

- Il s'agit d'un Alternative alimentaire naturel et pour les poissons donc Œufs bio de qualité nutritionnel supérieure avec un cout minimum.
- Améliorer la qualité de vie des consommateurs.
- Exportation vers des marchés étrangers «la marché africain ».

3. Équipe de travail :

L'équipe du projet est composée des membres suivants :

- Étudiant 01 : Messaoud khellouf Chaouki le domaine de Biochimie.
- Étudiant 02 : Hadeef ishak le domaine de Biochimie.
- **Le rôle:** les 2 étudiant en collaboration pour diriger le projet, les études de marché et le marketing...





4. Objectifs du projet :

- Notre objectif est de devenir le premier producteur de œufs enrichis naturellement en Algérie au cours des cinq premières années et aussi peut exporter a les marchés étrangers surtout la marché africain.
- Aidez les malades qui souffre d'une carence en Oméga 3 pour éviter les compléments alimentaires synthétiques d'oméga 3 plus chère par une source naturelle moins chère
- Aider les familles qui n'ont pas les moyens d'acheter du poisson à le remplacer par notre produit, dont le prix est bien inférieur à celui du poisson et qui a la même valeur nutritionnelle que les oméga 3.

5. Calendrier de réalisation du projet :

TRAVAUX

			Mois ou semaines						
			1	2	3	4	5	6	7
1		Études préalables : choix de l'implantation de l'unité de production, préparation des documents nécessaires	✓	✓					
2		Commande des équipements		✓	✓				
3		Construction d'un siège de production		✓	✓	✓			
4		Installation des équipements			✓	✓	✓		
5		Achat de matières premières						✓	
6		Réalisation du prototype							✓





Deuxième axe

Aspects innovants

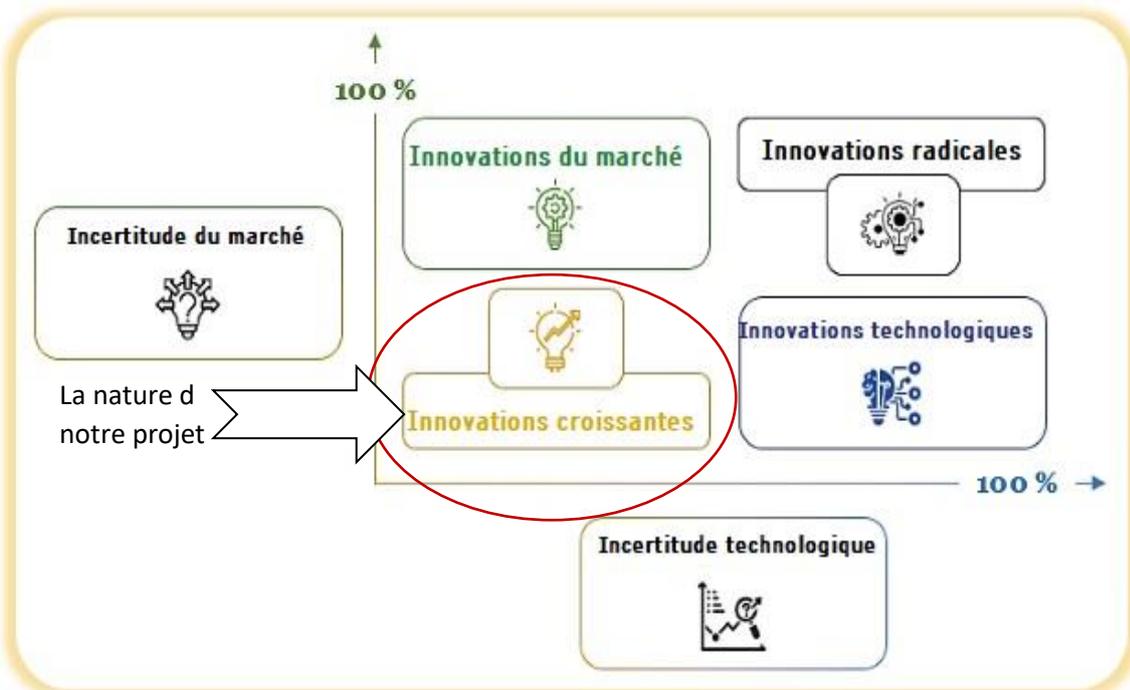




Deuxième axe : Aspects innovants

1. Nature des innovations :

La nature des innovations adoptées dans le projet doit être précisée selon les propositions données dans le schéma suivant :



2. Domaines d'innovation :

Dans l'ensemble, l'innovation peut inclure les domaines suivants :

- ✓ - C'est le premier projet en Algérie basé sur l'incorporation des nouvelles sources d'alimentation au ration alimentaire des poules, donc on à améliorer le produit existe
- ✓ - Cibler une nouvelle catégorie de consommateurs (qui choisit des œufs préservant l'état de santé).





Troisième axe : Analyse stratégique du marché





Troisième axe

Analyse stratégique du marché



1. Le segment du marché

- ✓ Le marché potentiel : tout le monde sans exception besoin d'alimentation sain et des produit bio (Le grand public ayant besoin d'un apport quotidien en oméga 3).
- ✓ Le marché cible (le segment) : Marché de masse, Détaillants, restaurant, hôtel, Les fabricants de produits qui les œufs entrés dans leur préparation tels que mayonnaise et Les personnes atteintes de certaines maladies à cause de manque oméga 3, les femme enceintes et allaitantes, les personnes âgées, les enfants, les sportifs.

2. Mesure de l'intensité de la concurrence

- ✓ Les concurrents les plus importants sur le marché algérien, produisent des œufs normaux classique et aussi les usines pharmaceutiques qui fabrique les complément alimentaire oméga 3.
- ✓ Parmi leurs atouts, citons leur ancienneté sur le marché algérien et la force de leur marque.
- ✓ Parmi leurs faiblesses, on peut citer la qualité des produits, ainsi que leur recours aux alimentations produit dans les usines non naturelles et aussi les compléments alimentaires fabriqué chimiquement.

3. La stratégie marketing

- ✓ Vente directe aux Marché de masse, détaillants, les restaurants, les hôtels, ...etc.
- ✓ Point de vente direct au consommateur.
- ✓ Marchés agricoles et foires.
- ✓ Utilisation les réseaux sociaux en profiter l'influence de ces outils.
- ✓ Service client personnalisé avec accès aux commentaires des clients.





Quatrième axe :

Plan de production et d'organisation





Quatrième axe :

Plan de production et d'organisation



1. Le Processus de production

Le processus de production passe par plusieurs étapes :

- ✓ Elevage des poules pondeuses.
- ✓ Modification de la ration alimentaire des poules pondeuses pour enrichir les œufs en oméga 3.
- ✓ Suivi les vétérinaires et maintien les bonnes pratiques d'élevage.
- ✓ Production et Contrôlez régulièrement la qualité des œufs enrichis.
- ✓ Commercialisation et distribution des œufs.
- ✓ Recherche et développement continu de produit.

2. L'Approvisionnement

Structure des couts comme suivante :

- ✓ Coûts de production.
- ✓ Coûts de marketing et de distribution.
- ✓ Coûts de main-d'œuvre et de personnel.
- ✓ Frais de location et frais généraux.

3. La main d'œuvre

Notre projet crée environ 20 emplois directs et près de 50 emplois indirects.

Notre projet ne nécessite pas de spécialisations précises sauf pour les ingénieurs et techniciens travaillant sur des équipements de pointe (01 ingénieurs et 03 techniciens).

4. Les Principaux partenaires

- ✓ Fournisseurs locaux d'aliments et autres matériaux.
- ✓ Marchands de céréales et de fourrage.
- ✓ Experts spécialisés en nutrition animale, élevage et vétérinaires.
- ✓ Laboratoires de contrôle de qualité.
- ✓ Usines d'emballage.
- ✓ Centres de recherche.
- ✓ Sociétés de marketing et de distribution.





Liste des annexes





Annexe 4

Modèle d'affaires



Business model canvas		<i>Conçu pour : oveta</i>	<i>Conçu par : Chaouki MK</i>	<i>Date: 28/05/2023</i>	<i>Version: 1.0</i>				
Partenaires clés	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Fournisseurs ✓ locaux d'aliments et autres matériaux. ✓ Marchands de céréales et de fourrage. ✓ Experts spécialisés en nutrition animale, élevage et vétérinaires. 	Activités clés	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Elevage des poules pondeuse. ✓ Modification de la ration alimentaire des poules pondeuses pour enrichir les œufs en oméga 3. ✓ Suivi les vétérinaires et maintien les bonnes pratiques d'élevage. ✓ Production et Contrôle régulièrement la qualité des œufs enrichis. ✓ Commercialisation et distribution des œufs. ✓ Recherche et développement continus de produit. 	Propositions de valeur	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Œufs bio de qualité nutritionnel supérieure. ✓ Offrent une alternative naturel et frais aux sources traditionnelles d'oméga 3 « poissons et les complément alimentaire synthétique es d'oméga 3». ✓ Exportation vers des marchés étrangers « la marché africain ». 	Relations clients	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Présenter le produit en magasin et en point de vente. ✓ Marketing et publicité sur les réseaux sociaux. ✓ Service client personnalisé avec accès aux commentaires des clients. ✓ Offres de fidélité et promotions spéciales. 	Segments de marché	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Marché de masse, Détaillants, restaurant, les hotel, ...etc. ✓ Les fabricants de produits qui les œufs entrée dans leur préparation tels que mayonnaise. ✓ Le grand public ayant besoin d'un apport quotidien en oméga 3 «en particulier les personnes atteintes de certaines maladies, les femmes enceintes ou allaitantes, les personnes âgées et les sportifs».
Structure de coûts	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Laboratoires de contrôle de qualité. ✓ Usines d'emballage. ✓ Centres de recherche. ✓ Sociétés de marketing et de distribution. ✓ Hôpitaux et centres médicaux. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Ressources matérielles: • L'installation d'élevage, les bâtiments et équipements nécessaires pour le poulailler «ventilation, l'éclairage,...etc». • Smart Machines et technologie «logiciels spécifiques pour gérer les opérations de l'élevage de poules pondeuses...etc» nécessaires pour faire fonctionner le poulailler. • Ressources nécessaires pour répondre aux exigences de la poulailler (poule pondeuse, alimentation, ...etc). ✓ Ressource financière: • 100% Algerian Startup Fund ✓ Ressources humaines : • Travailleurs (qualifié et non qualifié) requis pour les activités agricoles. 	Sources de revenus et modèle de pricing	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Vente d'œufs de qualité supérieure. ✓ Vente nouveau mélange d'aliments pour les volailles. ✓ Convention avec les hotels et les restaurant... etc. 	Coûts de production.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Coûts de marketing et de distribution. ✓ Coûts de main-d'œuvre et de personnel. ✓ Frais de location et frais généraux. 			

