



MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

KESSACI Fatimazohra

HAMCHERIF Nebia

ABDERRAHMANE Houria

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER - STARTUP - BREVET D'INVENTION-

Spécialité: Sciences de nutrition et pathologies

**Développement d'une émulsion alimentaire type Mayonnaise
fortifiée avec les cystes d'Artémia décapsulés et de la biomasse de
Spiruline microencapsulée**

Soutenu publiquement le 15/07/2023 devant la commission d'examen composée de

LABDAOUI Djamel	MCA	Président
BOUGUEROUA Meriem	MCA	Représentante de l' Incubateur Startup
LATROCHE Chaima	Nutritionniste	Centre Hospitalier de Mostaganem
SISBANE Ismahane	MAA	Examinatrice
DAHLOUM Lahouari	MCA	Encadreur principal
BENAMEUR Qada	MCA	Co-encadreur
YAhLA Imène	MCA	Co-encadreuse

Remerciements

Nous remercions M. DAHLOUM Lahouari d'avoir accepté de nous encadrer, et d'avoir apporté son aide et ses conseils précieux, ses compétences, ses qualités humaines et scientifiques et ses encouragements tout au long de ce travail.

Nous sommes reconnaissantes envers Meme YAHLA Imène et M. BENAMEUR Qada pour leur coencadrement et leur contribution précieuse pour la réalisation de projet.

Nous remercions également les membres du Jury qui ont accepté d'évaluer ce travail, M. LABDAOUI Djamel, le président de jury, Mme SISBANE Ismahane, examinatrice, madame BOUGUEROUA Meriem, la représentante de l'Incubateur Start-up de l'Université de Mostaganem, et Mme LATROCHE Chaima, nutritionniste auprès du centre hospitalier de la wilaya de Mostaganem

Nos remerciements vont aussi à M. ARABI Abed et M. BENOITHMANE Kamel pour leur aide précieuse dans la réalisation des analyses microbiologiques et physicochimiques

Nous tenons également à remercier Mme HAMED Djahira et Mme TAHALAITI Amina, pour leur disponibilité, leur aide inestimable, et les facilités qui ont mis à notre disposition lors de la collecte, le traitement des cystes d'Artemia et la réalisation des expériences de microencapsulation

Les mots ne seront jamais assez forts pour exprimer toute notre gratitude à toute l'équipe de l'incubateur Start-up de l'Université de Mostaganem

Nous remercions également M. KHERBACHE Mohamed, l'ingénieur informaticien de la Faculté SNV.

Dédicaces

En témoignage de ma profonde et humble gratitude, je dédie ce modeste travail aux personnes ci – après citées ; à savoir :

Mes très chers parents qui ont veillé attentivement à mon éducation.

Mes frères **amhamed** et **tahir** et **Ali** que j'aime tant.

Mes saures **chahra** et **rachida** et **nada**

Les familles **abderrahmane**

Mes amis (ies) : **Shahra** et **nada**

Mon fiancé et mon supporter **Amir**

Les étudiantes et étudiants de ma promotion. (2022 / 2023).

Mon directeur de mémoire. **DAHLOUM LAHOUARI**

Tous les enseignants et les travailleurs du département des sciences alimentaires

Tous les travailleurs du Laboratoire.

Tous ceux qui m'ont encouragé et aidé à élaborer ce mémoire que j'espère
apportera ses fruits.

..... Et à toutes les personnes qui m'aiment

Fatima Houria

Dédicaces

Firstly i dedicate this modest work to my mom , my inexhaustible source , my inspiration and my greatest admirer , i'm infinitely grateful for your unwavering support throughout my years of study and in my whole life , thank u for being my mom my dad and my backbone .

I have special thanx to my grand father i wish he would be here with me but i know he's proud of me in heaven , thank u for being my home when i was homeless.

Thanks for all my family sisters « malek , hanane, khadidja, zahra » and brother amine and cousins for supporting me and being by my side .

As for my best friends SAFAA and SONIA thank you for being my sisters , my joy in life and my hope into the sadness .

Then we come to my partners and my fiends « FATIMA and NADA » literally they were the light into the darkness , we support each other until the last moment , i realized how lucky i'm to know both of you thank you besties .

I thank my framer LHOUARI DAHLOUM he is one of the best teachers and peaple i ever know , thank you have given us .

And for the last i give my thankful and my grateful to spécial one MOHAMED he always being the biggest supporter for me , thank you about every thing u had done for me

Shahrazed Fatima Zohra

Dédicaces

Tout d'abord je dédie ce modeste travail à ma maman, mon intarissable

Source, mon inspiration et mon plus grand admirateur, je suis infiniment

Reconnaissant pour votre soutien indéfectible tout au long de mes années d'études

Et dans toute ma vie, merci d'être ma mère, mon père et mon colonne vertébrale.

Je dédie aussi mon père qui est la source de mes joies et secrets de ma force

Merci pour messœurs «wassila, Nawal, »Et frère « hafid, belhoul, mohamedkhelifa pour m'avoir soutenu et être à mes côtés

Ensuite, nous arrivons à mes partenaires et mes amis « FATIMA et shahra »

Ils étaient littéralement la lumière dans les ténèbres, nous nous soutenons

Jusqu'au dernier moment, j'ai réalisé à quel point j'ai de la chance de vous connaître tous les deux merci les meilleurs.

Je remercie mon encadreur DAHLOUM LAHOUARI il est l'un des meilleurs professeurs et les gens que je connais, merci de nous avoir donné l'occasion de connaître Mme TAHLAITI AMINA et DJAHIRA, ces femmes spéciales étaient la Raison de notre succès aujourd'hui parce que leur aide et leur soutien étaient inestimables, je vous remercie énormément

Et pour la dernière je donne mon remerciement et ma reconnaissance à un spécial Faysel il a toujours été le plus grand supporter pour moi, merci à propos de tout ce que tu as fait pour moi

Nada Nebia

Résumé. L'étude entreprise visait à développer une mayonnaise à partir de cystes d'*Artemia* décapsulés et de biomasse de spiruline microencapsulée. L'analyse de l'extrait de spiruline a révélé une concentration moyenne élevée en phénols totaux, atteignant $64,28 \pm 0,47 \mu\text{g}/\text{mg}$ (soit 1,6 mg EAG/g MS). Par ailleurs, la spiruline a manifesté une activité antibactérienne en inhibant la croissance d'*Escherichia coli* et de *Staphylococcus aureus*, avec des diamètres d'inhibition respectifs de 17 mm et 18 mm. Concernant les microcapsules de spiruline, les échantillons préparés ont présenté une moyenne de pH de 8,2 et un taux d'humidité de 8,9 %. Les cystes d'*Artemia* décapsulés ont dévoilé des taux de protéines variant de 19 % à 47 % et de lipides oscillant entre 6 % et 16 %. L'étude sur la conservation de la mayonnaise enrichie a révélé que l'échantillon contenant 3 % de spiruline microencapsulée et 2 % de cystes d'*Artemia* affichait la valeur de pH la plus élevée, atteignant 3,95, par rapport aux autres échantillons dont les valeurs moyennes de pH se situaient entre 3,85 et 3,93 après une période de conservation de 10 jours à 4°C. Les analyses sensorielles ont démontré des différences significatives entre les différentes variétés de mayonnaise pour tous les descripteurs sensoriels évalués. Les échantillons de mayonnaise enrichis avec de la spiruline microencapsulée seule ou en combinaison avec les cystes d'*Artemia* se sont révélés comparables à la mayonnaise industrielle, mais ont obtenu des scores significativement supérieurs à ceux de la mayonnaise enrichie en spiruline libre. Cette étude ouvre des perspectives intéressantes pour la valorisation de l'*Artemia* et de la spiruline dans la production d'aliments riches en protéines, tels que les compléments alimentaires ou les aliments fonctionnels. Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour approfondir ces résultats et explorer de nouvelles possibilités de développement.

Mots clés: mayonnaise, spiruline, *Artemia*, microencapsulation, qualité physicochimiques, analyses sensorielles

Abstract. The primary objective of this study is to develop a mayonnaise formulation utilizing decapsulated *Artemia* cysts and microencapsulated spirulina. The spirulina extract exhibited a significantly high average concentration of total phenols, reaching $64.28 \pm 0.47 \mu\text{g}/\text{mg}$ (equivalent to 1.6 mg GAE/g MS). Furthermore, spirulina demonstrated notable antibacterial activity by effectively inhibiting the growth of *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*, resulting in inhibition diameters of 17mm and 18mm, respectively. Regarding the spirulina microcapsules, the prepared samples displayed an average pH value of 8.2, along with a moisture content of 8.9%. The decapsulated *Artemia* cysts featured protein levels ranging from 19% to 47%, accompanied by lipid levels between 6% and 16%. The investigation into the shelf life of the enriched mayonnaise revealed that the sample containing 3% microencapsulated spirulina and 2% *Artemia* cysts exhibited the highest pH value of 3.95 compared to the other mayonnaise samples. The average pH values of the remaining mayonnaise samples ranged between 3.85 and 3.93 after a 10-day period at 4°C. Sensory analyses indicated significant distinctions among the various mayonnaise varieties for all evaluated sensory descriptors. Mayonnaise samples enriched solely with microencapsulated spirulina or in combination with *Artemia* cysts were comparable to industrially produced mayonnaise but demonstrated significantly higher scores compared to mayonnaise fortified with free-form spirulina. This study unveils promising prospects for the utilization of *Artemia* and spirulina in the production of protein-rich foods, such as dietary supplements or functional foods. Further research is warranted to delve deeper into these findings and explore new possibilities for development.

Keywords: mayonnaise, spirulina, *Artemia*, microencapsulation, physicochemical quality, sensory analysis

المخلص: الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو تطوير مادة غذائية واسعة الاستهلاك من نوع المايونيز عن طريق إضافة بيض الأرتيميا وطحالب السبيرولينا المكبسلة. أظهر مستخلص السبيرولينا تركيزًا مرتفعًا بشكل كبير لمركبات الفينول الكلية، حيث بلغ 64.28 ± 0.47 ميكروغرام / ملغ (المعادلة لـ 1.6 ملغ جاكوليك الجلوتاثيون / غرام الوزن الجاف). علاوة على ذلك، أظهرت السبيرولينا نشاطًا ملحوظًا كمضاد للبكتيريا من خلال تثبيط نمو *e. coli* و *staphylococcus aureus*، إذ أن أقطار التثبيط بلغت 17 مم و 18 مم على التوالي. كانت درجة الحموضة المتوسطة بالنسبة لكبسولات السبيرولينا حوالي 8.2، مع نسبة رطوبة تبلغ 8.9%. أظهرت النتائج كذلك أن بيض الأرتيميا يحتوي على نسب بروتين تتراوح بين 19% و 47%، بالإضافة إلى نسبة دهون تتراوح بين 6% و 16%. كشفت الدراسة المتعلقة بفترة صلاحية المايونيز أن النوعية التي تحتوي على 3% من السبيرولينا المكبسلة و 2% من بيض الأرتيميا كانت لها أعلى قيمة بالنسبة لدرجة الحموضة بلغت 3.95 مقارنةً بالنوعيات الأخرى من المايونيز، حيث تراوحت قيم درجة الحموضة المتوسطة لهذه الأخيرة بين 3.85 و 3.93 بعد فترة تخزين لمدة 10 أيام تحت 4 درجة مئوية. أشارت التحاليل الحسية إلى وجود فروق ملحوظة بين مختلف أصناف المايونيز. كانت عينات المايونيز التي تحتوي على 3% من السبيرولينا المكبسلة و 2% من بيض الأرتيميا متقاربة جدًا مع المايونيز الصناعية، ولكنها حققت درجات أعلى إحصائياً مقارنةً بالمايونيز التي تحتوي على السبيرولينا الحرة. تفتح هذه الدراسة آفاقًا واعدة لاستخدام الأرتيميا بشكل عام وبيض الأرتيميا منزوع القشرة بشكل خاص مع السبيرولينا المكبسلة كمضافات طبيعية في إنتاج الأطعمة الغنية بالبروتينات والدهون غير المشبعة أو الأطعمة الوظيفية. تستدعي هذه النتائج إجراء المزيد من البحوث من أجل اكتشاف إمكانيات جديدة للتطوير.

الكلمات الرئيسية: المايونيز، السبيرولينا، الأرتيميا، التجليد الميكروبيولوجي، الجودة الفيزيوكيميائية، التحليل الحسي.

Liste de Figures

Figures	Page
Figure 1. Schéma de formation d'une émulsion	15
Figure 2. Schéma structural d'un tensioactif	16
Figure 3. Schéma de l'orientation des tensioactifs dans deux types d'émulsion	16
Figure 4. Schémas des gouttelettes d'une microémulsion et d'une émulsion (Doumeix, 2011).	17
Figure 5: Représentations schématiques d'une émulsion directe et inverse (en bleu l'eau, en jaune l'huile)	19
Figure 6. Schéma simplifié pour la production industrielle de la mayonnaise en mode discontinu	22
Figure 7: Diagramme de fabrication de la mayonnaise	23
Figure 8. Les différents aspect de la spiruline. (A) spirulée, (B) ondulée, (C) droite	27
Figure 9. Cycle de vie de la spiruline	28
Figure 10. Positionnement de la Spiruline par rapports à d'autres aliments en termes de taux de protéines	29
Figure 11. adultes d'Artemia	34
Figure 12. Ditrubution géographique de l'Artemia dans le monde	36
Figure 13. Cyste d'Artemia	37
Figure 14: Structure du cyste d'Artemia	38
Figure 15. Réaction d'un antioxydant avec le radical DPPH	43
Figure 16. Lac mère des salines de Sidi Bouziane de l'ENASEL de Relizane	48
Figure 17 : la collecte des cystes d'Artémia	48
Figure 18 : Filtration des cystes à l'aide d'un tamis spéciale	48
Figure 19. Cystes d'artémia décapsulés	49
Figure 20. Pourcentage d'inhibition du DPPH en fonction des différentes concentrations de l'extrait méthanolique de Spirulina platensis	54
Figure 21. Pourcentage d'inhibition du DPPH en fonction des différentes concentrations de l'acide ascorbique.	55
Figure 22. Courbe d'étalonnage de l'acide gallique (exprimée en µg/ml).	56
Figure 23. Résultats de l'activité antibactérienne de la spiruline contre a) Escherichia coli, et b) Staphylococcus aureus).	57
Figure 24. Microencapsules de spiruline d'une taille moyenne de 4mm	58
Figure 25. cystes d'Artémia décapsulés (210µm)	59
Figure 26. Echantillon de mayonnaise fortifiée à la spiruline libre et les cysts d'Artémia décapsulés	59
Figure 27. Echantillon de mayonnaise fortifiée à la spiruline microencapsulée et les cysts d'Artémia décapsulés	60
Figure 28. Echantillon de mayonnaise aux cystes d'Artemia décapsulés sans spiruline	69
Figure 29. Taux d'humidité pour les différents échantillons de mayonnaise.	61
Figure 30. Teneur en matière sèche pour les différents échantillons de mayonnaise.	61
Figure 31. Rang moyen attribué pour le trait couleur	64
Figure 32. Rang moyen attribué pour le trait arôme	64
Figure 33. Rang moyen attribué pour le trait couleur	65
Figure 34. Rang moyen attribué pour le trait sucrosité	65
Figure 35. Rang moyen attribué pour le trait acidité	66
Figure 36. Profil sensoriel des 5 types de mayonnaise	67

Liste de tableaux

Tableau	Page
Tableau 1. Exemples d'ingrédients de la phase lipophile	15
Tableau 2. Principaux secteurs d'application utilisant des émulsions	18
Tableau 3. La formule classique de la mayonnaise.	20
Tableau 4. Le rôle de des ingrédients de la mayonnaise	21
Tableau 5. Teneur moyenne et principales fonctions des minéraux et des oligoéléments de la spiruline (Manet, 2016).	30
Tableau 6. Composition en vitamines et rôle de chaque composant	31
Tableau 7. Les sites potentiels d'Artemia connus en Algérie.	37
Tableau 8. Composition approximative de la composition nutritionnelles des cystes d'artemia décapsulés.	39
Tableau 9 . Codage des échantillons de Mayonnaise	52
Tableau 10. Résultats d'absorbance des différentes concentrations d'acide gallique exprimées en µg/ml	55
Tableau 11. Diamètre des zones d'inhibition (en mm) de l'activité antibactérienne de la spiruline vis-à-vis de E. coli et Staphylococcus aureus	56
Tableau 12. valeur nutritionnelle de la spiruline (pour 100g; %)	57
Tableau 13 . Diamètre des cystes d'Artemia du lac de sidi Bouziane avant et après décapsulation	58
Tableau 14. Composition biochimique (%) des cystes décapsulés dse salines de Sidi Bouziane (en p.100), (Moyenne±écart-type)	58
Tableau 15. Valeurs de pH des échantillons de mayonnaise avant et après conservation 10 j à 4°C.	62
Tableau 16. Qualité microbiologique (UFC/g) des échantillons de mayonnaise après 10 jours de conservation à 4°C.	62
Tableau 17. Scores moyens attribués aux critères sensoriels de différentes variétés de mayonnaise par les panelistes	63
Tableau 18. Classement des rangs moyens pour les descripteurs sensoriels du plus important au moins important.	64

Sommaire

Introduction générale	10
Partie bibliographique	12
Chapitre 1.	13
Les émulsions alimentaires	13
1. Introduction aux émulsions alimentaires	14
1.1 Définition des émulsions	14
2. Les composants des émulsions alimentaires	14
3. Les différents types d'émulsions	16
5. Importance des émulsions dans l'industrie alimentaire	18
6. La mayonnaise	19
6.1. Historique et évolution de la mayonnaise	19
6.1.1. La théorie française	19
6.1.2. La théorie espagnole	19
6.2. Évolution de la mayonnaise	19
6.3. Composition et caractéristiques de la mayonnaise traditionnelle	19
6.4. Processus de fabrication d'un mayonnaise	20
6.4.1. Procédé en mode batch	21
6.4.2. Préparation des phases grasse et aqueuse	22
a. Préparation de la phase grasse	22
b. Préparation de la phase aqueuse	22
6.5. Paramètre influençant la réussite d'une mayonnaise :	22
6.6. Contrôle de qualité de la mayonnaise et conservation	23
6.6.1. Conservation microbiologique	23
6.6.2. Conservation chimique	23
7. Défis et tendances dans le domaine des émulsions alimentaires	24
7.1. Problèmes de stabilité et de séparation des émulsions	24
7.2. Recherche de substituts d'émulsifiants traditionnels	24
7.3. Utilisation de technologies émergentes pour améliorer la stabilité des émulsions	24
CHAPITRE 2	25
Aspects biologiques et potentiel nutritionnel	25
de la spiruline et l'Artemia	25
II.1. La spiruline	26
II 1.1. Quelques caractéristiques biologiques de la spiruline	26
II .1.2. Cycle biologique, écologie et reproduction de la spiruline	26
II. 2. Composition chimique et valeurs nutritionnelle	27
2.1. Les protéines	27
2.2. Les glucides	28
2.3. Les lipides	28
2.4. Les minéraux et oligo-éléments	28
2.5. Les vitamines	30

2.6. Les pigments	30
3. Activité biologique de la spiruline.....	31
3.1. Activité antimicrobienne et antivirale.....	31
3.2. Activité antioxydante	31
3.3. Activité anti-inflammatoire.....	32
4. Application de la spiruline dans le domaine alimentaire.....	32
4.1. En alimentation humaine	32
4.2. En alimentation animale	33
II. 2. Artémia Salina.....	33
II. 3. Ecologie de l' Artemia.....	34
II. 4. Répartition géographique de Artemia	35
4.1. L'Artemia dans le monde.....	35
4.1. L'Artemia en Algérie	35
5. Les cystes d'Artemia	36
5.1. La structure du cyste d'Artemia	37
5.2. La valeur nutritionnelle des cystes d'Artémia.....	37
6. Utilisations des cystes Artémia.....	38
6.1. En alimentation animale.....	38
6.2. En alimentation humaine.....	39
PARTIE EXPERIMENTALE	40
Chapitre 3.	41
Matériel et méthodes.....	41
III.1. Evaluation de l'activité biologique de la spiruline.....	42
1.1. Détermination de l'activité antioxydante de la spiruline.....	42
1.1.1. Test du DPPH	42
1.1.1.2. Mode opératoire.....	42
III. 1.2. Dosage des polyphénols totaux.....	43
1.2.1. Mode opératoire.....	43
3.1. Détermination de l'activité antibactérienne de la spiruline	44
3.1.1. Préparation de l'extrait de Spiruline.....	44
3.1.2. Préparation de l'inoculum bactérien	44
4. La microencapsulation de la spiruline	45
4.1. Mode opératoire.....	45
III.5. La collecte des cystes d'Artémia	46
5.1. Choix du site de collecte.....	46
5.2. Collecte des cystes	46
5.3. Séparation des impuretés	46
6. Traitement des cystes d'Artemia.....	46
6.1. Nettoyage des cystes.....	46
6.2. Décapsulation des cystes.....	46
6.2.1. Méthode de décapsulation des cystes d'Artemia	46
6.2.2. Rinçage des cystes décapsulés	47
6.2.3. Stockage des cystes décapsulés	47
III.6. Elaboration de la mayonnaise.....	48
III.6.1 Analyses physicochimiques de la Mayonnaise.....	49
6.1.1. Mesure du pH.....	49

III.6.2. Analyses microbiologiques.....	49
6.2.1. Recherche et dénombrement des coliformes totaux.....	49
6.2.2. Recherche et dénombrement des levures et moisissures.....	49
6.2.3. Recherche et dénombrement de <i>Staphylococcus aureus</i>	49
6.2.4. Recherche et dénombrement de <i>Salmonella</i>	50
a. Pré-enrichissement en milieu liquide non sélectif.....	50
b. Enrichissement sélectif.....	50
c. Isolement sélectif.....	50
III. 6.3. Analyse sensorielle des échantillons de mayonnaise.....	50
6.3.1. Description de la base de données	51
III. 7. Traitement statistique des données	51
CHAPITRE 4.....	52
Résultats et discussion	52
IV. Résultats & discussion.....	53
IV. 1. L'activité antioxydante de la spiruline	53
IV. 2. Evaluation de la concentration inhibitrice IC 50.....	53
IV. 3. Teneur en polyphénols totaux.....	54
IV. 4. Activité antibactérienne de la spiruline	55
IV. 5. Paramètres physicochimiques des microcapsules de spiruline.....	56
IV. 6. Qualité des cystes d' <i>Artemia</i>	57
IV. 7. Paramètres physicochimiques de la mayonnaise.....	58
7.2. Le pH	60
IV. 8. Qualité microbiologique des échantillons de mayonnaise.....	61
IV. 9. Analyses sensorielle des échantillons de mayonnaise.....	62
Conclusion générale	67

Introduction générale

Depuis quelques années, le développement d'aliments plus sains, plus riches en composés nutraceutiques ou fonctionnels, est en forte demande. Le marché des aliments fonctionnels est l'un de ceux qui connaissent actuellement la plus forte croissance dans le monde développé. Il représente 32 milliards de dollars US et enregistre une croissance annuelle de 15% à 20% à l'échelle mondiale. Il offre de nombreuses perspectives aux fabricants de produits et d'ingrédients alimentaires, ainsi qu'un potentiel de développement illimité. Miller et Welch (2013) ont recommandé que l'enrichissement commercial des produits alimentaires soit une stratégie reconnue pour lutter contre la malnutrition de manière rentable. Or, du point de vue marketing, il est primordial de connaître l'importance de l'allégation santé des aliments fonctionnels.

De nos jours, les microalgues telles que *Arthrospira platensis* sont largement cultivées car elles peuvent avoir plusieurs applications dans l'alimentation humaine et animale, ainsi que dans les produits pharmaceutiques et cosmétiques. La Spiruline est utilisée dans l'alimentation humaine non seulement en raison de sa teneur élevée en protéines (jusqu'à 70 %) mais aussi en raison de son profil d'acides aminés intéressant riche en AA essentiels. De plus, les protéines de la spiruline ont également des propriétés techno-fonctionnelles prometteuses, utilisées comme agents moussants, gélifiants et émulsifiants. Toutefois, les perceptions sensorielles de la spiruline liées notamment à sa couleur verte foncée, son odeur "poisson" un peu prononcé et son goût difficile à définir, plutôt perçu comme "fade" ou "algue iodée" constituent son premier frein à sa consommation directe ou son incorporation dans d'autres aliments.

L'*Artemia salina*, ce petit crustacé de haute valeur nutritionnelle est actuellement exclusivement utilisé en aquaculture comme nourriture de base pour les larves de poissons et crustacés. Or, du point de vue énergétique et nutritionnel, la production d'*Artemia* est un moyen efficace pour produire des protéines animales au lieu de l'utiliser pour nourrir des poissons. Par conséquent, son utilisation directe dans l'alimentation humaine vaut certainement la peine d'être considérée.

La consommation d'Artémias par l'Homme a été et continue d'être pratiquée par certaines populations indigènes en Amérique et en Afrique. En Lybie, la population de Dawada consommait des flocons d'*Artemia* séchés comme une superbe source de protéines riches en fer, en β -carotène et riboflavine". L'*Artemia* fut même commercialisée par ces populations locales comme un mets nutritif sous forme de "pains d'*Artemia*".

La mayonnaise est de loin la vinaigrette la plus populaire dans le monde entier. La mayonnaise est une émulsion de type huile-dans-eau constituée essentiellement d'huile de consommation d'origine végétale, de vinaigre et de jaune d'œuf comme ingrédients obligatoires. D'autres produits auxiliaires dont le rôle est d'influencer les caractéristiques rhéologiques et organoleptiques peuvent être ajoutés, tels : eau, sucre, sel, épices, arômes et condiments. La mayonnaise est de loin "la vinaigrette" la plus populaire dans le monde.

L'encapsulation ou la "microencapsulation" est une technique nouvelle et émergente ayant de nombreuses applications dans l'industrie alimentaire et pharmaceutique (Borgogna, Bellich, Zorzin, Lapasin, & Cesàro, 2010) non seulement pour conserver les propriétés biologiques des composés bioactifs mais aussi pour masquer les caractéristiques sensorielles désagréables.

L'association de microcapsules de spiruline et des cystes d'*Artemia* dans la Mayonnaise comme ingrédients naturels peut fournir une composition optimale en acides gras Oméga 3, acides aminés essentiels, vitamines, minéraux, et antioxydants naturels (Bêta-carotène, phycocyanine, astaxanthine, et lutéine).

Le présent projet présente une approche alternative pour élaborer des mayonnaises fortifiées, de haute valeur biologique, et améliorer les caractéristiques fonctionnelles, technologiques et organoleptiques du produit fini, en utilisant des ingrédients naturels, utiles pour développer de nouvelles formulations dans ce type de produits ; il s'agit notamment de deux bioressources naturelles encore largement sous-exploitées, il s'agit de la spiruline (*Spirulina platensis*) et les cystes d'*Artemia salina*.

Partie bibliographique

Chapitre 1.

Les émulsions alimentaires

1. Introduction aux émulsions alimentaires

1.1 Définition des émulsions

Le terme émulsion vient probablement du latin « emulgere », qui signifie « traire ». Ce terme désigne aujourd'hui un système comprenant au moins deux liquides non miscibles, dont l'un est dispersé dans l'autre, sous une forme plus ou moins stable. Rigoureusement parlant, une émulsion est instable du point de vue de la thermodynamique. En pratique, on constate cependant des stabilités qui peuvent atteindre plusieurs années. La stabilisation du système dépend à la fois de l'énergie dépensée pour disperser un liquide dans l'autre et du savoir faire du formateur à qui revient le choix des stabilisants (Brochette, 1999)

Une émulsion est, selon la définition courante, une dispersion d'un liquide en fines gouttelettes dans un autre liquide, les deux liquides étant non miscibles :

- ✓ Le liquide sous forme de gouttelettes est qualifié de phase dispersée, phase discontinue ou phase interne.
- ✓ L'autre liquide est appelé phase dispersante, phase continue ou phase externe.

La définition traditionnelle de l'émulsion comme dispersion liquide/liquide a été modifiée par l'IUPAC (international union of pure and applied chemistry) pour y inclure les cristaux liquides (le cristal liquide désignant un état combinant les propriétés d'un liquide conventionnel et celles d'un solide cristallisé). Une émulsion est donc une dispersion liquide/liquide ou cristal liquide/liquide. Cette modification se justifie par le fait que de nombreuses émulsions commerciales, dans toutes les bio-industries, contiennent de telles structures.

Les deux phases non miscibles de l'émulsion n'ont pas la même solubilité. L'une est hydrophobe ou lipophile. On parle couramment de phase huileuse (mais elle n'est pas forcément lipidique). L'autre est hydrophile, on parle aussi de phase aqueuse (Doumeix, 2011).

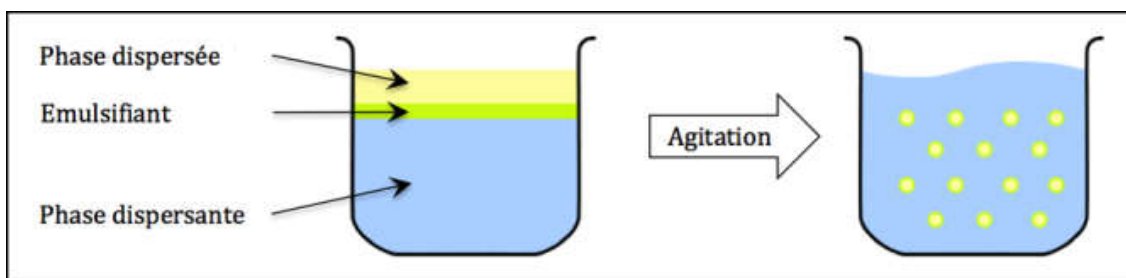


Figure 1. Schéma de formation d'une émulsion

2. Les composants des émulsions alimentaires

Une émulsion est en général composée de deux phases : une phase hydrophile, une phase lipophile et un émulsifiant.

- La phase lipophile : également appelée la phase grasse , phase huileuse ou phase organique , est généralement constituée d'un mélange d'ingrédients d'origines variées . Elle peut être composée d'huiles ; de graisses et / ou de cire (Doumeix, 2011).

Le tableau présente quelques exemples d'ingrédients pouvant être utilisés dans phase lipophile :

Tableau 1 : Exemples d'ingrédients de la phase lipophile

Origine	Huiles	Graisses	Cires
Végétale	Huile d'olive , d'arachide , de soja	Beurre de cacao , de mangue	Cire de soja , de candela
Animale	Huile de foie de requin , de morue	Lanoline lait de phoque , de baleine	Cire d'abeille , blanc de baleine
Minérale	Vaseline et paraffine	Vaseline	Paraffine
Synthétique	Huile de silicone , esters et alcool gras	Esters gras	Cire de silicone , esters gras

Références: https://ressources.unisciel.fr/formulation_cosmetique/co/1-1.html

- La phase hydrophile : appelée également phase aqueuse , contient généralement de l'eau et des composés solubles en phase aqueuse appelés composés hydrosoluble .
- Émulsifiants (tensioactifs): Tout d'abord, pour formuler une émulsion il faut une phase hydrophile et une phase lipophile. Ces deux phases étant naturellement non miscibles, on utilise un émulsifiant (tensioactif) afin de lier ces deux phases. Le tensioactif est le constituant clé, sans lui, il est impossible de former une émulsion (Legrand, 2013). Les émulsifiants réduisent la tension interfaciale entre la phase continue et la phase dispersée, favorisant ainsi la formation d'émulsions stables. Exemples d'émulsifiants couramment utilisés : lécithines, mono- et diglycérides, esters de polyglycérol, esters d'acides gras, protéines, etc.

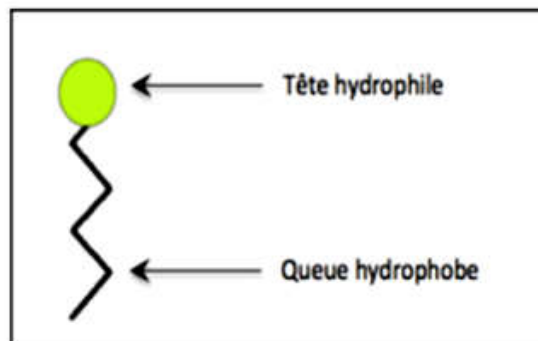


Figure 2. Schéma structural d'un tensioactif

En fonction du type d'émulsion, l'orientation des tensioactifs ne sera pas la même. En effet, dans le cas d'une émulsion Huile dans l'eau, la tête hydrophile est placée à l'extérieur des gouttelettes et inversement dans le cas d'une émulsion Eau dans l'huile (Doumeix, 2011). Cette orientation des tensioactifs est présentée figure (Caullet et al, 2017).

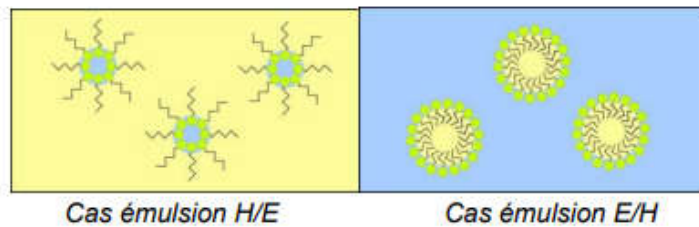


Figure 3. Schéma de l'orientation des tensioactifs dans deux types d'émulsion (

- Agents texturants et stabilisants : Ces composants sont ajoutés pour améliorer la texture, la viscosité et la stabilité des émulsions alimentaires. Ils peuvent inclure des gélifiants, des épaississants, des agents de texture, des polymères, des hydrocolloïdes (par exemple, gomme de xanthane, gomme de guar, carraghénane) et des agents de rétention d'eau (McClements, 2016).
- Additifs fonctionnels : Certains additifs peuvent être incorporés pour conférer des propriétés spécifiques aux émulsions alimentaires, tels que des antioxydants, des agents antimicrobiens, des agents moussants, des agents de blanchiment, des agents acidifiants, des agents tampons (McClements, 2016).

Il convient de noter que la composition exacte des émulsions alimentaires varie en fonction du produit spécifique et de son objectif, et différents ingrédients peuvent être utilisés en fonction des exigences du produit et des réglementations alimentaires en vigueur.

3. Les différents types d'émulsions

Il existe plusieurs type d'émulsion :

- **Les émulsions simple** : composées de deux phase (hydrophile , lipophile et un émulsifiant). Suivant que la phase continue est lipophile ou hydrophile , on définit deux types d'émulsions . les symboles utilisés désignent toujours la phase dispersée en premier . les émulsions de type huileux étant les moins courantes , elle sont parfois appelées (émulsions inverses).
- En de la taille moyenne des gouttelettes on distingue des émulsions plutôt grossières , appelées émulsions et macroémulsions et des émulsions plus fines , submicronique, appelées mini ou manoémulsions (McClements, 2016).
- **Les émulsion multiples** : il s'agit d'émulsions ou de dispersion d'une émulsions dans une phase dispersante :
- La dispersion d'une émulsion H/L Dans une phase aqueuse (H) donne une émulsion H/L/H (ou E/H/E ou W/O/W) .
- A l'inverse , la dispersion d'une émulsion L/H dans un phase huileuse (L) donne une émulsion L/H/L (Dickinson, 2015).
- **Les micro-émulsions ou émulsoides** : les micro émulsions sont des mélanges d'eau , d'huile et d'amphiphile qui forment une phase unique à l'équilibre thermodynamique , au lieu de se séparer en une phase aqueuse et une phase huileuse (Doumeix, 2011).

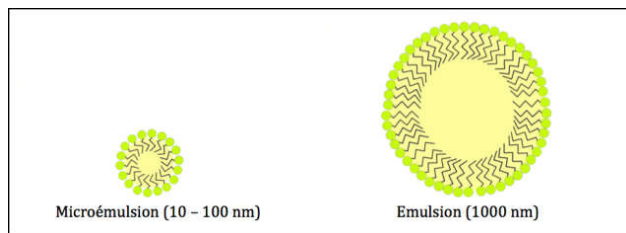


Figure 4. Schémas des gouttelettes d'une microémulsion et d'une émulsion (Doumeix, 2011).

Les micro émulsions sont parfois encore décrites comme des micelles gonflées et plutôt qu'une dispersion, la micro émulsion est conçue comme une solubilisation :

- Dans une micro émulsion O/W les molécules lipidiques sont solubilisées dans les micelles .
- Dans un micro-émulsion W/O les molécules d'eau sont solubilisées dans les micelles inverses (Doumeix, 2011).

4. Les applications industrielles des émulsions

Les émulsions sont largement utilisées dans de nombreux domaines industriels, ce qui témoigne de leur utilité au quotidien. Elles sont présentes dans diverses applications, telles que l'industrie cosmétique avec des produits tels que les laits et les crèmes, le secteur alimentaire avec des sauces et des crèmes glacées, l'industrie pharmaceutique avec des pommades et des crèmes, l'industrie de la peinture avec des peintures sans odeur, l'industrie routière avec les émulsions de bitume, l'industrie phytosanitaire avec les pesticides, l'industrie de la détergence avec les adoucisseurs textiles, l'industrie sidérurgique et du laminage avec les lubrifiants, le secteur du bâtiment avec les mastics silicones, ainsi que dans l'imprimerie, les adhésifs et le glaçage du papier (Bibette, 1996).

Cette large gamme d'applications démontre la polyvalence des émulsions et leur capacité à répondre à des besoins spécifiques dans différents secteurs industriels. Leur utilisation est essentielle pour la formulation de produits finis présentant des caractéristiques de texture, de stabilité et de performance optimales. Les émulsions jouent un rôle clé dans de nombreux produits que nous utilisons au quotidien, offrant des avantages tels que la texture agréable, la facilité d'application, la conservation des propriétés actives et bien d'autres. Le tableau ci-dessous liste les principaux secteurs d'application utilisant des émulsions (Caullet et al, 2017)

Tableau 2. Principaux secteurs d'application utilisant des émulsions

Secteur d'application	Exemples
Alimentation	Vinaigrette domestique : E/H ; stabilisée : H/E, d_m (diamètre moyen des gouttelettes) = $20\mu m$; mayonnaise (très faible volume de phase aqueuse continue et tensioactifs : lécithines du jaune d'œuf) : H/E, $d_m = 3$ à $300\mu m$ selon la nature de l'émulsifiant et la vitesse d'agitation ; beurre et margarines : émulsions figées E/H ; crème glacée : émulsions H/E aérées (foisonnées).
Cosmétique	Shampoings (phase huileuse : alcool gras $C_{16} - C_{40}$, huile de ricin hydrogénée, dérivés de lanoline...), crèmes, lotions.
Produits d'entretien	Cires nettoyantes.
Pharmacie, médecine	Pommades, crèmes, lotions, vaccins, etc.

Biotechnologie, traitement des eaux	Destruction des mousses.
Textile	Dégraissage, ensimage, apprêtage, encollage, impression, imperméabilisation.
Tannerie, mégisserie	Nourriture, habillage, huilage, imperméabilisation du cuir.
Papeterie	Couchage, désaération des pâtes, désencrage.
peintures	Emulsions alkyde, émulsions–suspensions (suspo-émulsions)
Pigments	Formulations pour broyage, dispersion.
Phytosanitaire	Concentrés émulsionnables de pesticides, fongicides, etc.
Minéralurgie	Attaque de minerais, broyage humide, flottation, etc.
Lubrifiants	Produits pour décapage, dégraissage, fluides de coupe pour usinage.
Pétrole	Boues de forage.
Revêtements routiers	Emulsions de bitume.
Carburants	« Aquazole » (émulsion d'eau dans du gazole).
Explosifs	Emulsion E/H mélangée à un gel aqueux (mines, etc.)

5. Importance des émulsions dans l'industrie alimentaire

Les émulsions jouent un rôle crucial dans l'industrie alimentaire en tant que systèmes dispersés qui contribuent à la texture, à la stabilité et à l'expérience sensorielle des produits alimentaires. Voici quelques exemples de l'importance des émulsions dans l'industrie alimentaire :

- **Texture et stabilité** : Les émulsions permettent d'obtenir des textures onctueuses, crémeuses et homogènes dans de nombreux produits alimentaires tels que les sauces, les vinaigrettes, les crèmes glacées, les desserts, les soupes et les margarines. Elles améliorent également la stabilité des produits en empêchant la séparation des phases et en assurant une distribution uniforme des ingrédients McClements (2015).
- **Amélioration de la saveur** : Les émulsions peuvent aider à la solubilisation et à la libération des composés aromatiques, ce qui améliore la perception de la saveur dans les aliments et les boissons. Par exemple, les émulsions sont utilisées dans la production de boissons aromatisées, de boissons lactées et de produits de confiserie pour améliorer le goût et (Menger, 2005).
- **Enrichissement nutritionnel** : Les émulsions permettent l'incorporation de lipides, de vitamines liposolubles et d'autres composés nutritionnels dans les produits alimentaires. Par exemple, l'émulsion de certaines huiles essentielles peut être utilisée pour enrichir les produits alimentaires en arômes naturels et en composés bioactifs bénéfiques pour la santé (Tadros, 2015).
- **Contrôle de la libération d'ingrédients actifs** : Les émulsions peuvent être utilisées pour encapsuler et protéger des ingrédients actifs sensibles tels que les antioxydants, les vitamines et les probiotiques. Cela permet de prolonger leur durée de vie, de préserver leur activité biologique et de les libérer de manière contrôlée dans le produit final (Rosoff, 2017).
- **Applications spécifiques** : Les émulsions sont utilisées dans de nombreuses applications spécifiques telles que la fabrication de chocolat, les produits laitiers, les produits de boulangerie, les produits à base de viande, les boissons protéinées, les sauces pour salade, etc. Chaque application peut avoir des exigences spécifiques en termes de type d'émulsion, de stabilité, de texture et de fonctionnalité (Garti and McClements, 2013).

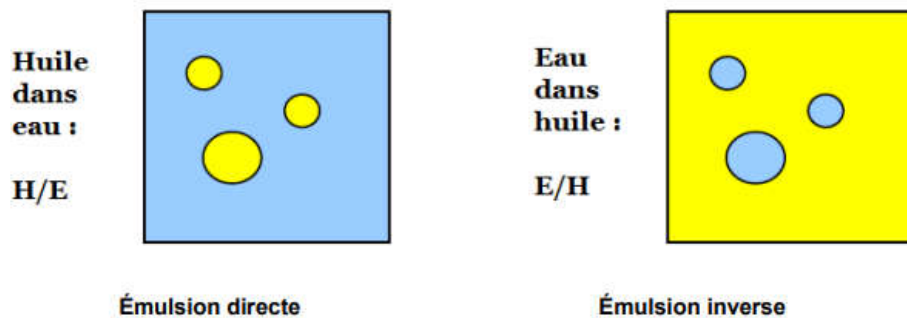


Figure 5: Représentations schématiques d'une émulsion directe et inverse (en bleu l'eau, en jaune l'huile)

6. La mayonnaise

6.1. Historique et évolution de la mayonnaise

6.1.1. La théorie française : La mayonnaise est souvent associée à la cuisine française. Une théorie populaire soutient que la mayonnaise aurait été créée à l'occasion de la victoire de Louis François Armand de Vignerot du Plessis, duc de Richelieu, lors du siège de Mahón à Minorque en 1756. Lors de la célébration de la victoire, un chef cuisinier aurait préparé une sauce en mélangeant de l'huile et des œufs pour représenter les couleurs de la maison du duc (blanc et jaune). Cependant, il n'existe pas de preuves historiques solides pour étayer cette théorie (Davidson, 2006).

6.1.2. La théorie espagnole : Certains attribuent l'origine de la mayonnaise à la sauce espagnole appelée "salsa mahonesa". Cette sauce aurait été introduite en France après la prise de Mahón par les troupes françaises. Cependant, cette théorie manque également de preuves historiques concrètes (Serventi & Sabban, 2008).

6.2. Évolution de la mayonnaise : Au fil du temps, la mayonnaise a évolué et a été adaptée dans différentes cultures. De nouvelles variations ont été développées en ajoutant des ingrédients tels que la moutarde, les herbes, les épices et les aromates. La mayonnaise s'est également diversifiée avec l'introduction de versions allégées, sans œufs ou végétaliennes pour répondre aux préférences alimentaires modernes (Davidson, 2006).

6.3. Composition et caractéristiques de la mayonnaise traditionnelle

La mayonnaise est définie par le code des usagers comme une émulsion essentiellement constituée d'huile de consommation d'origine végétale, de vinaigre de fermentation et de jaunes d'œuf. Plus précisément : La mayonnaise est une sauce condimentaire froid obtenue en émulsionnant une ou plusieurs huiles végétales alimentaires dans une phase aqueuse constituée par du vinaigre, l'émulsion

huile dans eau étant produite en utilisant du jaune d'œuf . La mayonnaise peut contenir des ingrédients facultatifs conformément aux dispositions fixées .

Tableau 3 :La formule classique de la mayonnaise.

Ingrédients	% massique
Huile	70-80
Jaune d'œuf	8-11
Vinaigre	4-5
Sel	1-1.5
Sucre	0.8-1.5
Stabilisant	0.1-0.5
Arôme	QS
Eau	QSP 100

Tableau 4: Le rôle de des ingrédients de la mayonnaise

Ingrédient	Rôle
Huiles végétale	Il est essentiel pour la stabilité et la cohésion de la mayonnaise
Jaune d'œuf	Essentiel dans la mayonnaise en tant qu'émulsifiant naturel. Sa teneur en lécithine, un phospholipide présent dans les jaunes d'œufs, permet de stabiliser l'émulsion entre l'huile et l'eau, empêchant ainsi leur séparation. La lécithine agit en réduisant la tension interfaciale entre les deux phases, facilitant ainsi la formation de l'émulsion.
Moutarde	apporte des molécules tensioactives qui facilitent la formation des micelles et jouera donc le même rôle de la lécithine. Elle assure également un apport d'eau au même titre que le vinaigre ou du jus de citron
Vinaigres ou jus de citron	Utilisé comme un composés acides à l'émulsion va en plus du premier rôle déjà précité, augmenter la charge électrique des micelles ce qui les repoussent d'avantage, renforçant ainsi la stabilité de la mayonnaise.
Sel	Essentielle pour la stabilité de l'émulsion à travers les ions sodium (Na^+) et chlorure (Cl^-) qui composent la molécule. Les ions sodium ont une charge opposée à celles des groupes phosphates des extrémités polaires des lécithines. Il va donc neutraliser ces groupes chargés négativement. Au contraire, les ions chlorure neutralisent les charges positives des atomes d'azote et c'est cette neutralisation qui va diminuer les répulsions électrostatiques entre les têtes polaires des micelles ce qui rend notre mayonnaise encore plus stable.

6.4. Processus de fabrication d'un mayonnaise

En fonction du volume de production requis, l'installation peut être configurée soit en mode batch, soit en mode continu.

6.4.1. Procédé en mode batch

Pour les productions industrielles de mayonnaise jusqu'à 1000 kg/h, le procédé en mode batch est généralement utilisé. Ce procédé implique une production par lots, où chaque lot est fabriqué séparément. Par définition la production en batch est discontinue : elle se fait en plusieurs étapes. Ci-dessous, un schéma simplifié de l'installation correspondante :



Figure 6. Schéma simplifié pour la production industrielle de la mayonnaise en mode discontinu

Étape 1 : Dans cette première étape, le système de mélangeur en ligne spécialement conçu assure la recirculation de l'eau dans la cuve. L'œuf, qu'il soit sous forme de poudre ou liquide, est ajouté dans la cuve et se hydrate rapidement, se dispersant ainsi dans le flux liquide à haute vitesse (McClements, 2015; Debus, 2013).

Étape 2 : Les autres ingrédients de la phase aqueuse sont ensuite introduits dans la cuve. La recirculation continue jusqu'à ce que tous les ingrédients soient parfaitement dispersés et hydratés (Becher, 2017).

Étape 3 : Une fois la première étape accomplie, la vanne d'alimentation en huile est ouverte et l'huile est aspirée depuis la trémie pour rejoindre la phase aqueuse à un débit contrôlé. Les ingrédients de la phase aqueuse et de l'huile passent alors à travers la tête de travail du mélangeur en ligne, où ils sont soumis à un fort cisaillement. Ce processus permet une dispersion fine de l'huile dans la phase aqueuse, créant instantanément une émulsion stable. Enfin, le vinaigre (et/ou le jus de citron) est ajouté à cette étape finale (Garti and Sato, 2013).

Étape 4 : Après l'étape précédente, le produit continue de circuler dans le système pour garantir une consistance uniforme pendant que la viscosité augmente. Une fois cette courte période de recirculation achevée, le processus est considéré comme terminé et le produit final est déchargé (McClements, 2015; Garti and Sato, 201; Debus, 2013).

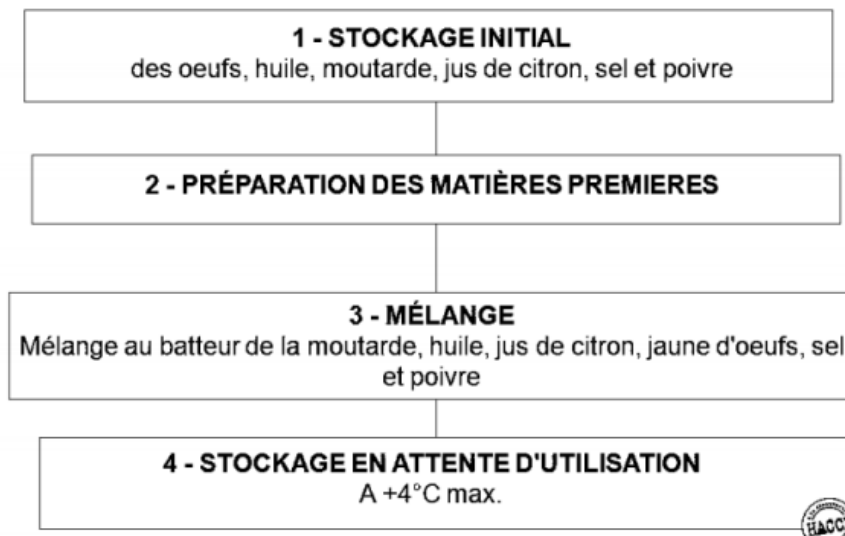


Figure 7. Diagramme de fabrication de la mayonnaise

6.4.2. Préparation des phases grasse et aqueuse

a. Préparation de la phase grasse

La phase grasse est constituée de l'huile dans les proportions définies selon la recette ainsi que des auxiliaires de fabrication qui y sont solubles tels que : l'émulsifiant, les vitamines, les arômes. La préparation proprement dite de la phase grasse consiste à dissoudre les additifs dans l'huile. Le liquide limpide ainsi obtenu constitue la phase grasse complète.

b. Préparation de la phase aqueuse

La phase aqueuse est constituée de l'eau et du vinaigre ainsi que des additifs qui y sont solubles tels que : le sel, le sucre, les arômes, les conservateurs, etc.

Le procédé discontinu ou fabrication par charge est le procédé de choix pour la production de la mayonnaise à l'échelle semi-artisanale. Selon ce procédé, le processus de fabrication dans une installation de type FRYMA se déroule de la manière suivante : - introduire la phase aqueuse et le jaune d'œuf dans la cuve, introduire, en petites quantités au départ, la phase huileuse - augmenter progressive la quantité de phase huileuse à ajouter au fur à mesure que l'émulsion commence à devenir visqueuse.

6.5. Paramètre influençant la réussite d'une mayonnaise :

La température des ingrédients : La température des ingrédients, en particulier celle de l'huile et des œufs, peut jouer un rôle dans la réussite de la mayonnaise. Il est généralement recommandé d'utiliser des ingrédients à température ambiante pour favoriser l'émulsion (McGee, 2004).

La proportion huile-jaune d'œuf : La proportion entre l'huile et le jaune d'œuf est un paramètre clé pour obtenir une mayonnaise réussie. Un déséquilibre dans cette proportion peut entraîner une mayonnaise qui ne s'émulsionne pas correctement (McGee, 2004).

La vitesse de l'émulsification: La vitesse à laquelle les ingrédients sont émulsionnés ensemble peut influencer la stabilité de la mayonnaise. Un émulsification trop rapide ou trop lent peut affecter la texture et la structure de la mayonnaise (Sahin et al, 2010).

L'ajout progressif de l'huile : Ajouter l'huile progressivement en filet fin tout en continuant à fouetter est une technique courante pour obtenir une mayonnaise stable. Cela permet une meilleure incorporation de l'huile et une émulsion plus réussie (Sahin et al, 2010).

Le pH et l'acidité : Le pH et l'acidité des ingrédients, tels que le vinaigre ou le jus de citron, peuvent influencer la réussite de la mayonnaise en modifiant l'émulsion et en affectant la stabilité (Belitz et al, 2009).

6.6. Contrôle de qualité de la mayonnaise et conservation

6.6.1. Conservation microbiologique

En l'absence de conservateurs chimiques, c'est la recette et la recette seule, qui, par sa composition, s'opposera à la croissance des microorganismes. Le pH d'une valeur toujours inférieure à 4.0, élimine d'emblée le risque de croissance des germes pathogènes. L'acidité acétique (provenant du vinaigre), complétée par l'effet des autres éléments présents (sel, sucre, moutarde, jus de citron, éventuellement amidon), s'oppose efficacement à la croissance des levures, lactobacilles et moisissures.

L'utilisation de jaunes d'œufs, reçus salés et pasteurisés, de même que le traitement thermique sur place de la phase aqueuse, permettent de garantir la propreté microbiologique au départ. L'huile n'a pas de sensibilité directe vis-à-vis des microorganismes cités. Cependant, en tant que simple vecteur, elle pourrait éventuellement être à l'origine d'une contamination de la phase aqueuse. Elle doit donc aussi répondre à des normes microbiologiques définies.

6.6.2. Conservation chimique

Le principal ennemi de la mayonnaise est l'oxygène de l'air, celui-ci est responsable des réactions dites d'oxydation. Aussi, la fabrication sous vide d'air, de même que la protection plus ou moins efficace apportée par l'emballage, contribuent à limiter la rapidité de ces réactions d'oxydation, génératrices de saveurs parasites désagréables. Cependant, d'autres réactions chimiques entre ingrédients, y compris l'huile, peuvent également être à l'origine de mauvais goûts après plusieurs mois de stockage. Il est à noter que toutes ces réactions sont fortement accélérées si la température ambiante est plus élevée et d'autant plus encore si l'emballage est peu protecteur.

7. Défis et tendances dans le domaine des émulsions alimentaires

Les émulsions alimentaires jouent un rôle crucial dans la texture, l'apparence et la stabilité des produits alimentaires. Cependant, elles présentent également des défis significatifs en termes de stabilité et de séparation, nécessitant ainsi des recherches continues pour trouver des solutions durables et naturelles. Cet article examine les problèmes de stabilité et de séparation des émulsions, la recherche de substituts d'émulsifiants traditionnels plus naturels et durables, ainsi que l'utilisation de technologies émergentes pour améliorer la stabilité et la performance des émulsions alimentaires (Dickinson, 2015).

7.1. Problèmes de stabilité et de séparation des émulsions : Les émulsions alimentaires sont souvent sujettes à des problèmes de stabilité, tels que la séparation de phases, la coalescence des gouttelettes et la dégradation de la structure. Ces problèmes peuvent entraîner une détérioration de la qualité des produits alimentaires, tant sur le plan esthétique que fonctionnel. Les causes de ces instabilités sont multifactorielles, incluant la nature des ingrédients, les conditions de stockage et de traitement, ainsi que les interactions entre les composants de l'émulsion (Dickinson, 2015).

7.2. Recherche de substituts d'émulsifiants traditionnels

Les émulsifiants traditionnels largement utilisés dans les produits alimentaires, tels que les lécithines et les mono- et diglycérides d'acides gras, peuvent soulever des préoccupations en termes de naturalité et de durabilité. Ainsi, la recherche se tourne vers l'identification de substituts plus naturels et durables, tels que les protéines végétales, les polysaccharides et les composés bioactifs issus de sources renouvelables. Ces substituts offrent des avantages potentiels en termes de fonctionnalité, de compatibilité avec les régimes alimentaires spécifiques et de durabilité environnementale (McClements, 2018).

7.3. Utilisation de technologies émergentes pour améliorer la stabilité des émulsions

Les avancées technologiques ouvrent de nouvelles perspectives pour améliorer la stabilité et la performance des émulsions alimentaires. Parmi ces technologies émergentes, on peut citer l'utilisation de nanoémulsions, de techniques d'encapsulation, de méthodes de modification de la structure interfaciale, de l'application d'ultrasons, de hautes pressions et de traitements thermiques modérés. Ces approches innovantes permettent de contrôler les propriétés des émulsions et d'optimiser leur stabilité tout en minimisant l'utilisation d'émulsifiants traditionnels (Sanguansri and Augustin, 2015).

Plus généralement, les émulsions alimentaires font face à des défis importants en termes de stabilité et de séparation. La recherche continue de substituts d'émulsifiants plus naturels et durables ainsi que l'utilisation de technologies émergentes ouvrent des perspectives prometteuses pour améliorer la stabilité et la performance des émulsions. Ces avancées contribueront à la formulation d'aliments plus durables, offrant une meilleure qualité et une expérience sensorielle améliorée.

CHAPITRE 2.

Aspects biologiques et potentiel nutritionnel de la spiruline et l'Artemia

II.1. La spiruline

II 1.1. Quelques caractéristiques biologiques de la spiruline

La spiruline est une cyanobactérie spiralée, comestible, microscopique, multicellulaire filamenteux, alcalophile, de couleur bleu-vert photoautotrophe. C'est un organisme procaryote qui partage avec les plantes la capacité d'effectuer de la photosynthèse. Connue pour sa riche source de protéines, vitamines, minéraux, etc., reconnaissable à la caractéristique morphologique du genre, cette microalgue à caractère multicellulaire, se multiplie dès que la température de l'eau dépasse 30°C. C'est un organisme symbiotique, autotrophe, qui se nourrit uniquement de minéraux contenus dans son milieu aqueux (Vonshak, 2002).

La spiruline est un procaryote gram négatif appartenant aux cyanobactéries. Possède en moyenne une longueur de 250µm. Elle est constituée de cellules transparentes empilées bout à bout appelées filaments ou trichomes. Ces derniers ont un diamètre de 10 à 12 µm, sont mobiles, non ramifiés, et enroulés en 6 ou 7 spires. L'enroulement du trichome sur lui-même s'effectue suivant le sens d'un minuscule ressort à l'origine de son appellation : « spiruline » du latin « spira » qui signifie enroulement. Se présentant généralement sous différentes formes :

Les souches spiralées: les filaments ont la forme d'une queue de cochon telle que le type « lonar » d'Inde.

Les souches ondulées: les filaments sont en spirale étirée telle que le type « Paracas » du Pérou.

Les souches droites : les filaments sont très étirés donnant l'impression d'être rectilignes tel que le type M2.

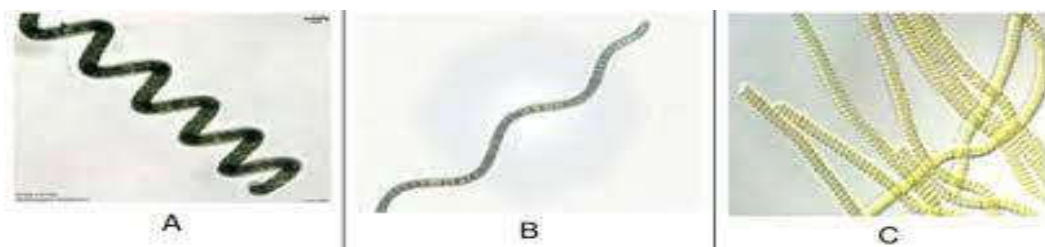


Figure 8. Les différents aspects de la spiruline. (A) spiralée, (B) ondulée, (C) droite

Le système pigmentaire photosynthétique de la spiruline est constitué de phycocyanine de couleur bleue, de chlorophylle et de caroténoïde. Certaines spirulines contiennent la phycoérythrine, un autre pigment donnant une couleur rouge ou rose à cette microalgue (Hajati et Zaghari, 2019).

II .1.2. Cycle biologique, écologie et reproduction de la spiruline

Sur un plan biologique, la spiruline évolue à la frontière entre monde végétal et animal. Longtemps considérée comme une algue microscopique (phytoplancton), elle est en fait à classer dans la catégorie des cyanobactéries (zooplancton) du genre *Arthrospira*.

La spiruline est une segmentation des filaments qui s'effectue en plusieurs étapes : Une fois la maturité atteinte, les filaments de la spiruline forment des nécridies, des cellules ayant un aspect concave.

Il s'ensuit une fragmentation du trichome à partir des nécridies aboutissant à de nouveaux filaments constitués de 2 à 4 cellules appelées hormogonies. Ces derniers croissent par division binaire et prennent la forme typique hélicoïdale, chacune des cellules donne deux cellules par scissiparité (Manet, 2016).

La Spiruline se développe préférentiellement dans des eaux chaudes, alcalines, contenant du carbonate de sodium (Na_2CO_3) ou du bicarbonate de sodium (NaHCO_3), et riches en nutriments azotés et phosphorés (Lindblad, 1998). Plus communément, elle s'observe dans les eaux saumâtres, ainsi que dans les lacs salins de régions tropicales et semi-tropicales (Margulis, 1998)

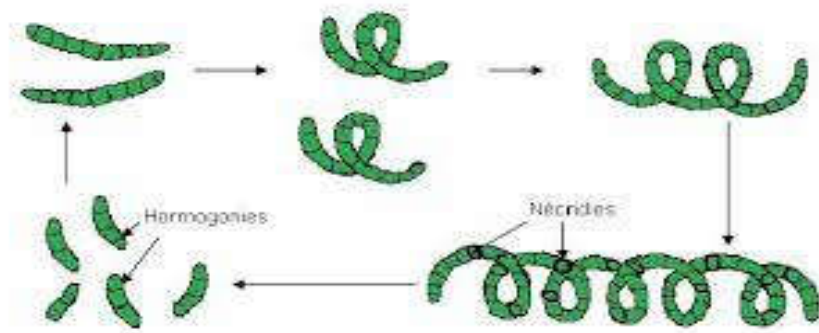


Figure 9. Cycle de vie de la spiruline

II. 2. Composition chimique et valeurs nutritionnelle

2.1. Les protéines

La spiruline est remarquable pour sa teneur élevée en protéines, représentant entre 50 et 70% de son poids sec, soit environ le double de celle du soja, qui est la deuxième meilleure source connue. Ces protéines sont de haute qualité, car la spiruline contient tous les acides aminés essentiels nécessaires à l'organisme, tels que la valine, l'isoleucine, la leucine, la lysine, la méthionine, la phénylalanine, la thréonine et le tryptophane. En fait, ces acides aminés essentiels représentent 47% du poids total des protéines de la spiruline (Falquet & Hurni, 2006).

Ce microorganisme ne possède pas de paroi cellulosique mais une enveloppe relativement fragile, constituée de polysaccharides. Cette faible teneur en cellulose explique sa digestibilité de l'ordre de 75 à 83% (Costa et al., 2002). De ce fait, la spiruline ne nécessite pas de cuisson ni même l'administration d'un traitement spécial pour une bonne digestibilité protéique. Au bout de 18h, 85% des protéines sont digérées et assimilées.

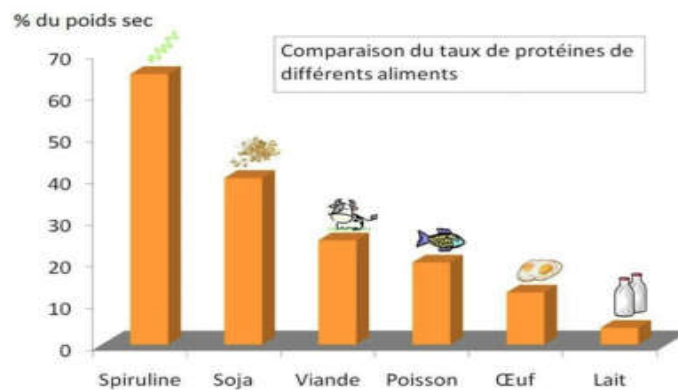


Figure 10. Positionnement de la Spiruline par rapports à d'autres aliments en termes de taux de protéines

2.2. Les glucides

Entre 15 et 25% de la matière sèche, sont principalement apportés sous forme de glycogène et de rhamnose. Le glucose, le fructose, le saccharose et les quelques polyols comme le glycérol, le mannitol et le sorbitol, ne sont présents qu'en très faibles quantités (Niangoran, 2017).

2.3. Les lipides

En totalité ils représentent entre 5 à 10% du poids sec de la spiruline, Cette fraction lipidique se caractérise par un bon équilibre acides gras saturés sur acides gras polyinsaturés. On retrouve 83% de fraction saponifiable et 17% de fraction insaponifiable dans les lipides (Charpy et al., 2008), et les plus intéressants sont les acides palmitique, palmitoléique, oléique, et surtout gamma-linolénique (oméga 6). Un équilibre optimal entre les oméga-3 et 6, garant d'une bonne santé cardiovasculaire est observé (Michka, 2005).

2.4. Les minéraux et oligo-éléments

Les minéraux spécialement intéressants dans la spiruline sont le fer, le zinc, leMagnésium, le calcium, le phosphore et le potassium (Dansou, 2002).

- Fer : Les spirulines naturelles ont rarement des teneurs en fer dépassant 500 mg/kg bien que des valeurs supérieures à 1000 mg/kg aient été trouvées (Campanella et al., 1999).
- Zinc : La Spiruline cultivée ne contient généralement que des traces de Zinc (21-40 µg/g). Ces teneurs sont insuffisantes pour que la Spiruline soit considérée comme une bonne source en Zinc.

- Magnésium et le Potassium : L'absence de l'acide phytique dans la composition de la spiruline et sa richesse en magnésium, chlorophylle et potassium (presque 50% de besoins quotidiens) la rendre l'une des meilleures sources naturelles de ces minéraux.

D'après plusieurs sources, il semblerait que la spiruline soit plus riche en calcium que le lait de vache et que le calcium de la spiruline soit mieux assimilé grâce à sa teneur en phosphore et en magnésium

Tableau 5: Teneur moyenne et principales fonctions des minéraux et des oligoéléments de la spiruline (Manet, 2016).

Minéraux et Oligoéléments	Teneur moyenne dans 10g de spiruline	Principales fonctions
Calcium	130 mg (10% des AJR)	-Édification et renouvellement du squelette - Rythme cardiaque, système nerveux
Phosphore	67 mg (8 % des AJR)	-Masse minérale du squelette osseux -Réactions biochimiques de l'organisme
Fer	7-18 g (50 à 100% des AJR) -	-Fabrication et fonctionnement de l'hémoglobine -Constitution de myoglobine
Zinc	0.4 mg (4% des AJR)	-Activation de plus de 200 enzymes
Magnésium	25-50 mg (9 à 25% des AJR)	- Masse minérale du squelette osseux - Métabolisme glucidique et lipidique (muscle, cœur, axe nerveux)
Sodium	0.09 mg	-Régulation pression osmotique -Maintien de l'équilibre hydroélectrolytique et de la masse hydrique
Sélénium	0.1-2.55 mg (20-100% des AJR)	-Cofacteur des enzymes anti oxydantes - Stimulant de l'immunité
Cuivre	0.1mg (5% des AJR)	-Cofacteur de nombreuses enzymes -Anti-inflammatoire, antioxydant
Manganèse	0.4 mg (12% des AJR)	-Formations des os et des enzymes - Métabolisme protéines, lipides, glucides - Stabilise taux de glucose sanguin
Chrome	0.03-0.25 mg (16% des AJR)	-Métabolisme glucides, lipides, acides nucléiques, cholestérol
Potassium	100-200 mg (5-10% des AJR)	-perméabilité des membranes - régulation du rythme cardiaque

2.5. Les vitamines

La spiruline contient une large gamme de vitamines, Il existe 13 vitamines, 4 liposolubles (A, D, E, K) et 9 hydrosolubles (B₁, B₂, B₅, B₆, B₁₂, C, PP). La spiruline contient de nombreuses d'entre elles et spécialement des vitamines B dans des proportions optimales. La β carotène, précurseur de la vitamine A, qui joue un rôle essentiel dans la vision, la reproduction des cellules et le fonctionnement normal du système immunitaire (Miranda, 1998).

Tableau 6. Composition en vitamines et rôle de chaque composant (Goulamabasse et al., 2018)

Vitamines	Compositions pour 10 g	Rôles
A	14mg	Vision, croissance, antioxydant
E	1mg	Lutte contre le vieillissement
B1	0,35mg	Participe à l'équilibre du système nerveux, des muscles et du cerveau
B2	0,4mg	Lutte contre le vieillissement de la peau, rides, lésions oculaires
B3	1,4mg	Indispensable au bon fonctionnement des cellules du cerveau et du système nerveux
B5	0,01mg	Accroît la résistance à la fatigue et au stress et combat le vieillissement cellulaire
B6	0,01mg	Facilite la digestion et l'assimilation des aliments
B8	0,005mg	Appétit, perte de cheveux
B9	0,01mg	Nécessaire à la croissance et à la division des cellules
B12	0,032mg	Fatigue, circulation, croissance
I	6,4mg	Action sur le système nerveux, anticancéreux
K	0,224mg	Favorise la coagulation

2.6. Les pigments

La spiruline contient de nombreux pigments qui lui permettent de capter différents spectres solaires et d'en stocker l'énergie. Alors les trois principaux pigments, contenus dans la spiruline, responsables de sa couleur sont la chlorophylle, la phycocyanine et la β carotène (Sguera, 2008).

Chlorophylle (pigment vert) : Le taux de chlorophylle contenu dans la spiruline est de 1%, C'est une molécule de couleur verte commune aux plantes, capable de capter l'énergie lumineuse et intervenant dans les premières étapes de la photosynthèse.

La structure de la chlorophylle est similaire à l'hémoglobine humaine c'est pourquoi elle est appelée "le sang vert". Au lieu de l'ion de fer dans l'hémoglobine, nous trouvons du magnésium dans la chlorophylle.

Phycocyanin (pigment bleu) : Pigment bleu spécifique des cyanobactéries, il est responsable avec la chlorophylle de la couleur bleu verte caractéristique de la spiruline. C'est le plus puissant antioxydant et anti-radicalaire que l'on puisse trouver. Couramment utilisée dans l'industrie alimentaire et

cosmétique en tant que colorant naturel en raison de sa couleur bleue, elle est aujourd'hui étudiée pour ses propriétés fonctionnelles et thérapeutiques. On estime que la spiruline est une excellente source de ce pigment puisque sa fraction protéique en contient 200g/kg (Lupatini et al., 2017) et représente 20% du poids sec de la spiruline (Martínez-Galero et al., 2016).

Béta-carotène : La bêta-carotène représente 80% des caroténoïdes de la spiruline, ces composés sont une source de vitamine A. Le bêta-carotène possède de nombreuses propriétés anti-oxydantes pour lutter contre le vieillissement des cellules, il permet aussi de réduire les risques de cancer, favoriser la cicatrisation des plaies et protège la peau des agressions extérieures (Perraut, 2017).

3. Activité biologique de la spiruline

3.1. Activité antimicrobienne et antivirale

Des études *in vitro* précoces d'extraits de spiruline sur certaines bactéries pathogènes (*E. coli* et *S. aureus*) ont permis d'observer un potentiel antimicrobien efficace (Qureshi et Hunter, 1995). Ce résultat, certifie la possession de la cyanobactérie d'un mécanisme de défense pour combattre les bactéries pathogènes et par conséquent une perspective de mettre au point ou de développer un antibiotique (agent antimicrobien) à base de plante, sûr et prometteur avec moins d'effets secondaires qui peuvent remplacer les médicaments de synthèse (Al-Ghanayem, 2017).

La richesse de la spiruline en β -carotène, en vitamine B12 ainsi que d'autres vitamines du groupe B, depuis fort longtemps établi comme substances intéressantes dans la lutte contre les infections virales n'explique pas entièrement le pouvoir antiviral de la spiruline. Il semblerait que les polysaccharides membranaires de cette algue soient aussi impliqués dans ce processus (Andreani, 2011).

3.2. Activité antioxydante

La spiruline est une source exceptionnelle d'antioxydants. Une tonne de fruits contient la quantité d'antioxydants contenus dans un kilogramme de spiruline. Elle est riche en phycocyanine, β -carotène, vitamine A, C, E, acide γ -linoléique, sélénium, méthionine ... etc.

Plusieurs études *in vitro* et *in vivo* ont identifié cette puissance potentielle de la spiruline (ou ses extraits) et ont prouvé que le traitement à la spiruline diminue le stress d'oxydation significative.

Diverses études et analyses d'experts, ont affirmé que le bêta-carotène l'un des antioxydants implantés en spiruline, peut renverser le processus cancéreux et inhiber le déploiement des cellules responsables du cancer. Une de ces analyses confirmatoires des résultats a été développée avec les personnes atteintes de leucoplasie bucco-dentaire (état précancéreux de la bouche). Ces derniers, ont montré après une consommation quotidienne de 1g de spiruline pour une année une amélioration de leur état et réussit à arrêter le développement de la pathologie.

La phycocyanine intervient aussi dans cette activité en s'attaquant aux radicaux libres responsables du cancer (Vidalo, 2015).

3.3. Activité anti-inflammatoire

Les avantages de la spiruline dans la construction de l'immunité et l'amélioration de la résistance à la réponse inflammatoire sont bien documentés. Il est bien connu que la COX-2 est l'isoforme principale impliquée dans l'inflammation, et l'induction de la COX-2 est responsable de la production de prostaglandines sur le site de l'inflammation. Dans un test de sang total chez l'homme, la phycocyanine inhibait significativement la COX-2 avec une valeur de CI50 de 80 nM. L'activité anti-inflammatoire de la phycocyanine pourrait être due, en partie, à son effet inhibiteur sélectif sur la COX-2, bien que sa capacité à piéger efficacement les radicaux libres et à inhiber efficacement la peroxydation lipidique pourrait également être impliquée.

4. Application de la spiruline dans le domaine alimentaire

De part sa composition, la spiruline nous offre plusieurs filières d'applications. Cette algue bleue microscopique se développe dans les régions tropicales et subtropicales possédant de multiples utilités : agro-alimentaire, pharmaceutique, écologique et biotechnologique. Elle attire de plus en plus l'attention des scientifiques. De nombreuses études ont montré des effets positifs de sa consommation sur la santé humaine et animale. Elle apparaît comme une algue de l'espoir qui aura un rôle de premier plan à jouer pour relever le défi alimentaire et pour servir de remède à certaines maladies qui touchent en particulier les pays en voie de développement (Razafindrajaona et al , 2008).

4.1. En alimentation humaine

Selon Sawadogo et al. (2004), la composition chimique de la spiruline et sa valeur nutritionnelle exceptionnelle découlent de multiples applications thérapeutiques dont le traitement des carences nutritionnelles. En enravant la malnutrition, elle est utilisée par des humanitaires et des médecins sous forme de poudre afin de la mélanger à des céréales ou à de l'eau, pour sauver des enfants atteints de malnutrition sévère. Elle se révèle plus efficace que les médicaments pour pallier toutes les carences et traiter les effets des maladies qui découlent de la famine comme le marasme ou la kwashiorkor (Fox, 1999). Aussi la consommation de la spiruline facilite l'effort et permet une meilleure récupération pour les sportifs. Elle est considérée comme une excellente source de vitamines B9 et B12 ainsi que de fer, la spiruline est bien adaptée aux femmes enceintes car elle leur permet d'accéder à tous les nutriments essentiels. Grâce à la phycocyanine qui augmente l'oxygénation des muscles et limite les crampes utérines, ces femmes peuvent mieux se préparer à l'accouchement et mieux récupérer par la suite après avoir pallié la fatigue causée par l'allaitement (Evoli conseil, 2014).

En raison de sa composition, la spiruline est un excellent choix pour les bébés en âge de consommer des protéines, ainsi que pour les enfants et les adolescents. Son apport en ingrédients essentiels de haute qualité et sa haute assimilation sont idéales pour le développement des organismes, pour prévenir les carences et obtenir débarrassé des toxines liées à la restauration rapide de l'adolescence, trois à cinq grammes par jour suffiront. Elle apporte également un plus sur la qualité de la peau (Vidalo, 2015). En complément de l'alimentation, la spiruline est utilisée comme complément protéique bénéfique pour la santé. Elle agit comme un produit qui freine l'appétit, et maximise l'apport énergétique.

Utilisé comme colorant alimentaire naturel dans les produits agroalimentaire (la phycocyanine est un des rares pigments naturels de couleur bleue) comme les bonbons, sorbets, chewing-gums, les produits sucrés et les boissons non alcoolisées.

4.2. En alimentation animale

La spiruline renforce aussi les défenses naturelles de l'animal. Elle joue un grand rôle important dans le maintien de son système immunitaire, lui permet de lutter contre certaines maladies, et combat son vieillissement et son épuisement.

Les chiens, les chats, les poissons et les chevaux sont certains des animaux sur lesquels la spiruline est fréquemment utilisée et fréquemment consommé pendant les phases de croissance, de compétition ou de récupération.

II. 2. Artémia Salina

L'Artémia (*Artémia salina*) est une espèce de crustacé vivant dans les lacs salés, les lagunes et les marais salants. Lorsque les conditions de vie du milieu ne sont plus favorables, l'artémia est capable de produire des Cystes ; ces derniers ont la faculté de pouvoir après réhydratation donner naissance à une larve appelée nauplius, et ce parfois même des années après.

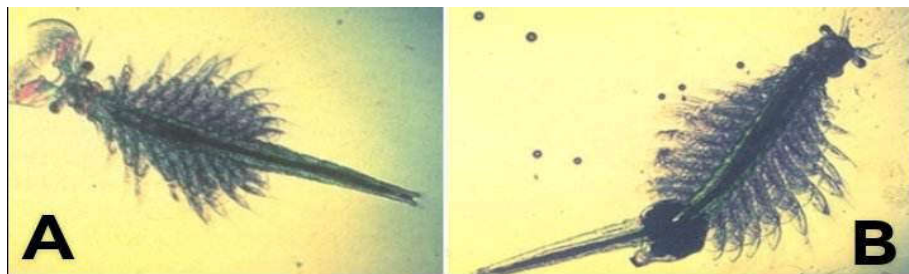


Figure 11. adultes d'Artemia

(A) Mâle d'adulte.

(B) Femelle adulte

Systématique :

Règne: Animalia **Embranchement:** Arthropoda **Sous-embranchement:** Crustacea **Classe:** Branchiopoda **Sous-classe:** Sarsostraca **Ordre :** Anostraca **Sous-ordre :** Artemiina **Famille :** Artemiidae **Genre :** Artemia, Leach, 1819

II. 3. Ecologie de l' Artemia

Les populations d'Artémia se trouvent dans environ 500 lacs naturels de sel et les marais salants artificiels dispersés dans les zones climatiques tropicales, subtropicales et tempérées, le long des côtes, ainsi que l'intérieur des terres (Lavens et Sorgeloos, 2000). L'animal est rencontré abondamment dans les milieux thalasso- halins (riches en chlorure de sodium) et thalasso-halins (riches en sulfates, en carbonates et/ou potassium) (Haddag, 1991). La diversité écologique de ces biotopes isolés et la flexibilité génétique de l'espèce ont mené à l'évolution de plus de 350 populations (Sorgeloos et Beardmor, 1995). L'Artémia est considérée comme un organisme euryhalin et eurytherme rencontré à des salinités entre 80 et 220g/l selon les populations et les espèces. Les tolérances à la salinité et la température sont très élevées. Cependant, il est largement accepté que l'Artémia ne puisse pas survivre plus de 1 à 2 jours à une salinité extrême de 340g/l. Bien que la crevette de saumure prospère très bien en eau de mer normale, elle ne peut migrer d'un biotope salin à un autre par l'intermédiaire des mers, car elle dépend de leurs adaptations physiologiques à la salinité. Ses adaptations physiologiques à la salinité élevée fournissent une défense écologique très efficace contre la prédation et la concurrence avec d'autres organismes, car la crevette de saumure possède :

- Un système osmorégulateur très efficace
- La capacité de synthétiser des pigments respiratoires très efficaces pour faire face aux niveaux d'O₂ bas aux salinités élevées
- La capacité de produire des cystes dormants quand les conditions environnementales mettent en danger la survie de l'espèce.

L'Artémia donc, est seulement trouvée aux salinités où ses prédateurs ne peuvent pas survivre (70 g/l). En raison du stress physiologique extrême et la toxicité de l'eau, l'Artémia meurt à des salinités proches de la saturation du NaCl, c'est à dire 250g/l et plus. Concernant la température, la plupart des populations ne supportent pas des températures au- dessous de 5°C, tandis qu'elle peut varier entre 6°C à 40°C pour les larves. La tolérance des cystes secs est encore plus élevée ; les limites oscillent entre – 273 °C à plus de 60°C. (Skoultchi et motowitz, 1964). Par ailleurs l'Artémia parvient à survivre à des concentrations d'oxygène allant au-dessous de 1 ppm jusqu'à plus de 150% de saturation. Pour ce qui est du pH, l'Artémia préfère des milieux légèrement alcalins (Sato, 1967). Puisque l'Artémia ne possède aucun moyen de dispersion active, les vents et les oiseaux aquatiques (surtout les Flamants roses) constituent les vecteurs les plus importants de la dispersion des cystes à travers la nature (Sorgeloos, 2004), de manière que ces derniers, lorsqu'ils flottent sur la surface de l'eau, adhèrent aux pieds et aux plumages des oiseaux aquatiques. Même quand ils sont ingérés, les cystes restent intacts pour au moins 2 jours dans leur système digestif. En conséquence, l'absence des oiseaux est probablement la raison pour laquelle certaines régions convenables pour la présence de l'Artémia (par exemple les salines de la côte nord-est du Brésil) ne sont pas naturellement habitées par ce petit crustacé (Sorgeloos, 2004).

II. 4. Répartition géographique de Artemia

4.1. L'Artemia dans le monde

Les différents pays dans le monde qui hébergent cette ressource naturelle sont résumés dans la figure ci-dessous.



Figure 12. Ditrubution géographique de l'Artemia dans le monde

4.1. L'Artemia en Algérie

D'après Haddag (1991) et Kara (1994), les travaux réalisés sur l'Artemia, en Algérie sont peu nombreux, l'espèce se rencontre dans les chotts et sebkhas, et à l'état actuel, aucun site en Algérie ne fait l'objet d'une exploitation. Néanmoins, Kara et Amrouayache (2012) ont recensé 11 sites potentiels de présence d'Artemia en Algérie (Tableau 1).

Tableau 7 : Les sites potentiels d'Artemia connus en Algérie.

Région	Superficie (ha)	Coordonnées géographiques	Espèce
Sebkhat Oran	43,000	35°43'N 00°08'W	Inconnue
Chott Ouargla	6,853	31°57'N 05°20'E	Inconnue
Chott Marouane (El Oued)	36,000	34°03'N 06°20'E	A. Salina
Sebkhat EzZemoul (Oum El Bouagui)	6,100	35°53'N 06°33'E	A. Salina
Arzew Saltern (Bethioua, Oran)	2,900	35°41'N 00°17'W	A. tunisiana
Garaet ElTarf (Oum El Bouagui)	33,460	35°42'N 07°07'E	A. Salina
Chott Melghir (Biskra)	48,000	34°10'N 06°17'E	A. Salina
Sebkhat Sidi Bouziane (Relizane)	1,740	35°50'N 00°39'W	A. Salina
El-Bahira Lake (Setif)		35°50'N 05°15'E	Inconnue
Goléa Salt Lake (Ghardaia)	18,947	30°28'N 02°55'E	Inconnue
Dayet Morseli (Oran)	150	35°30'N 00°46'W	Inconnue

5. Les cystes d'Artemia

Le cyste à une forme biconcave, après hydratation il devient sphérique, le cyste sec résiste également aux fortes radiations, une variété de solvants organiques (même à des pesticides), le manque d'oxygène et peut être entreposé pendant des mois ou des années sans toutefois perdre sa capacité d'éclosion. (Granvill, Treece, 2000) (Fig 13).

Il est enveloppé par l'espace sous cuticulaire et la membrane cuticulaire ou embryonnaire interne (mci), fine membrane perméable uniquement aux molécules ayant une taille réduite tels que l'O₂, CO₂, NH₄. Cette dernière est entourée par le chorion composé :

- la cuticule embryonnaire ou couche fibreuse et une fine membrane cuticulaire extérieure .
- l'enveloppe tertiaire composée de la couche alvéolaire et la couche corticale , les deux couches sont composées de canaux qui piègent l'air et permet la flottabilité du cyste.



Figure 13. Cyste d'Artemia (Dahloum, 2007).

5.1. La structure du cyste d'Artemia

L'enveloppe du cyste est constituée de 3 structures: **1.** le chorion: il est constitué essentiellement de lipoprotéines, sa fonction est la protection de l'embryon. **2.** la cuticule membranaire: elle protège l'embryon contre l'agression grosses molécules (CO₂) il sert en fait de filtre de perméabilité. **3.** La cuticule embryonnaire: c'est une membrane très élastique et transparente qui sépare l'embryon de la cuticule membraneuse. (Dhont et Vanstappen, 2003) (Fig.14).

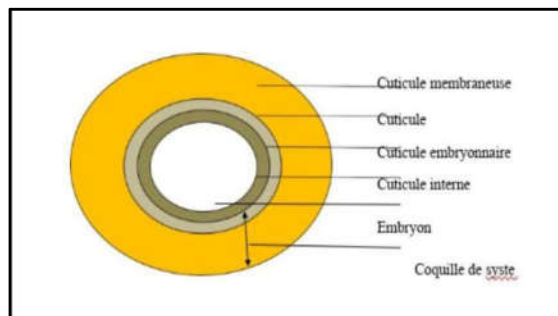


Figure 14: Structure du cyste d'Artemia (Dhont et Vanstappen, 2003)

5.2. La valeur nutritionnelle des cystes d'Artémia

Bien que l'Artemia soit connu depuis des siècles, son utilisation dans l'élevage des larves de poissons a commencé dans les années 1930 (Lavens et Sorgeloos, 1996). Il existe une demande croissante de produits à base d'Artemia, ce qui a conduit à une grande offre en provenance des habitats naturels et à sa culture dans des étangs, des bassins et des lacs d'eau salée. En raison de leur utilisation en aquaculture et de leur impact direct sur le taux de survie et la croissance des stades larvaires sensibles des crevettes et des poissons marins, les kystes d'Artemia, les cystes décapsulés et les naupliis ont fait l'objet d'études approfondies sur leur composition biochimique, notamment les profils d'acides gras (Bengtson et al., 1991 ; Lavens et Sorgeloos, 1996). Le niveau des acides gras essentiels, tels que l'acide eicosapentaénoïque (20:5 ω 3) et l'acide docosahexaénoïque (22:6 ω 3), est un facteur très important pour

déterminer la valeur alimentaire de l'Artemia pour les poissons marins (Sargent et al., 1997), et les larves de crustacés (Kayama et al., 1980 ; Mourente and Rodriguez, 1997) Cependant, leurs niveaux varient considérablement selon les populations d'Artemia, même au sein de la même souche et à différents moments d'échantillonnage, en fonction de leur régime alimentaire et des conditions climatiques (Leger et al., 1986 ; Lavens et al., 1989). Le tableau donne la composition aproximative de la composition nutritionnelles des cystes d'artemia décapsulés (Peykaran Mana et al, 2013)

Tableau 8: Composition aproximative de la composition nutritionnelles des cystes d'artemia décapsulés.

Paramètres	%
Protéines	51.7±3.0
Lipides	9.7±1.1
Carbohydrates	29.9±1.0
Calcium	0.45±0.1
Phosphores	0.5±0.1
Cendres	5.1±1.1
Fibres	1.9±0.6
Energie (Kcal/kg)	4137±10.4
Acides gras (mg/g)	96.51
SFA	26.24
MUFA	50.89
PUFA	15.92
n6-PUFA	2.94
n3-PUFA	15.92
n-3 HUFA	11.7

6. Utilisations des cystes Artémia

6.1. En alimentation animale

L'Artemia (cystes et nauplii) est un aliment de base pour les jeunes poissons et est considérée comme le meilleur type de nourriture pour eux. Il est utilisé pour nourrir les alevins après Faires éclore directement dans les 48 heures afin de ne pas perdre sa valeur nutritive au cours de sa croissance.

Certaines études ont également exploré l'utilisation de l'Artemia comme ingrédient dans l'alimentation animale, notamment pour les animaux de compagnie tels que les chiens et les chats. Des recherches ont été menées pour évaluer l'efficacité de l'Artemia en tant que source de protéines et de nutriments pour les animaux domestiques (Van Wormhoudt, 1995).

6.2. En alimentation humaine

L'utilisation directe de l'*Artemia* dans l'alimentation humaine est relativement limitée. Traditionnellement, l'*Artemia* est principalement utilisée comme aliment pour les larves de poissons, les crevettes et autres organismes aquatiques en aquaculture.

Cependant, en raison de ces caractéristiques liées notamment à sa composition nutritionnelle intéressante, riche en protéines, en acides aminés essentiels, en acides gras polyinsaturés et en divers micronutriments, certaines études ont exploré les possibilités de valorisation de l'*Artemia* pour la production d'aliments riches en protéines, tels que les compléments alimentaires ou les aliments fonctionnels (Dhont and Lavens, 2008).

En Algérie, comme souligné plus haut, divers écosystèmes hypersalins sont présents dans différentes régions du pays, où la présence d'*Artemia* a été documentée (Aloui, 2013; Aloui et El Abed, 2002; Haddag, 1991 ; Kara et al., 2004 ; Amarouayache et al., 2009a, b, 2010; Amarouayache et Kara, 2010 ; Bennabi et al., 2015). Ces écosystèmes comprennent notamment les marais salants qui offrent un potentiel commercial pour la production d'*Artemia*, ce qui permettrait de réduire les importations de ce précieux produit. L'*Artemia* présente des avantages notables pour l'élevage, notamment sa facilité d'élevage et la présence, dans son cycle de vie, d'une forme de conservation sous forme de cystes ou d'œufs de durée. Cette caractéristique permet une grande flexibilité d'utilisation, expliquant pourquoi le nauplius d'*Artemia* est la proie la plus couramment utilisée en élevage larvaire (Tirgui, 2017).

PARTIE EXPERIMENTALE

Chapitre 3.
Matériel et méthodes

III.1. Evaluation de l'activité biologique de la spiruline

1.1. Détermination de l'activité antioxydante de la spiruline

1.1.1. Test du DPPH

Le procédé de piégeage des radicaux libres du 1, 1-diphényl-2-picrylhydrazyle (ou DPPH) constitue la première approche pour évaluer le potentiel antioxydant d'un composé, d'un extrait ou d'autres sources biologiques dans un système modèle (solvant organique, température ambiante). C'est un test qui mesure la capacité d'un antioxydant (AH, composés phénoliques généralement) à réduire le radical chimique DPPH par transfert d'un hydrogène. Le DPPH, initialement violet, se transforme en DPPH-H, jaune pâle selon la réaction suivante (Figure 15) (Popovici, 2009).

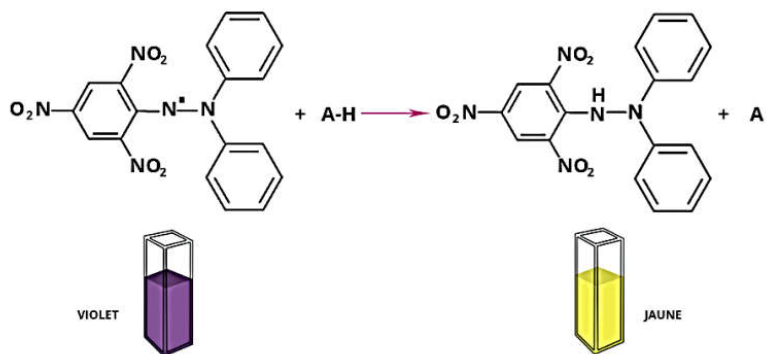


Figure 15. Réaction d'un antioxydant avec le radical DPPH

La réduction du DPPH est facilement mesurée par spectrophotométrie à 515 nm (λ_{max} DPPH). La réaction sera plus ou moins rapide selon la nature de l'antioxydant, et la quantité de DPPH-H formée dépendra de la concentration en antioxydant.

1.1.1.2. Mode opératoire

Une quantité de 40mg de poudre de spiruline sont mises à macérer dans 20ml de méthanol pendant 10 minutes à température ambiante. L'extrait aqueux est récupéré après filtration du mélange à l'aide d'un papier filtre, permettant ainsi d'obtenir un extrait caractérisé par une couleur verdâtre.

Selon le protocole décrit par Mansouri et al., (2005), 100 μl des solutions d'extraits de spiruline à différentes concentrations (50 $\mu\text{g/ml}$, 100 $\mu\text{g/ml}$,..... 250 $\mu\text{g/ml}$) ont été ajoutés à 1300 μl de DPPH (préparée dans du méthanol). Parallèlement, un contrôle négatif est préparé en mélangeant 100 μl de méthanol (sans extrait) avec 1300 μl de la solution méthanolique de DPPH. La lecture de l'absorbance à l'aide d'un spectrophotomètre est faite contre un blanc préparé pour chaque concentration à 515nm après 30 min d'incubation à l'obscurité et à température ambiante.

Le contrôle positif est représenté par une solution d'un antioxydant de synthèse qui est l'acide ascorbique (antioxydant standard) dont l'absorbance a été mesurée dans les mêmes conditions que les échantillons et pour chaque concentration. Chaque test a été réalisé en trois répétitions.

S'agissant de l'activité antiradicalaire, celle-ci est révélée par la diminution de l'intensité de la coloration du mélange qui est exprimée en pourcentage d'inhibition et calculée selon la formule :

$$PI = (D.O \text{ témoin} - D.O \text{ extrait} / D.O \text{ témoin}) \times 100$$

Où :

- PI : Pourcentage d'inhibition.
- D.O témoin : Absorbance du témoin négatif.
- D.O extrait : Absorbance de l'extrait

Pour chaque extrait, les valeurs EC50, correspondant à la concentration de l'extrait responsable de 50% d'inhibition des radicaux DPPH ont été déterminées graphiquement par la régression linéaire (Talbi et al., 2014).

III. 1.2. Dosage des polyphénols totaux

Les polyphénols totaux sont quantifiés par spectrophotométrie en utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu qui est une solution de couleur jaune constituée d'un mélange de deux acides : acide phosphotungstique et acide phosphomolybdique. Ce réactif est réduit lors de l'oxydation des phénols pour former un complexe bleu stable d'oxydes de tungstène et de molybdène (Boutalbi, 2014).

La coloration bleue produite, dont l'absorption maximale est au voisinage de 750 nm est proportionnelle à la quantité de polyphénols présents dans les extraits de la spiruline.

La quantification des polyphénols est effectuée à l'aide d'une courbe d'étalonnage linéaire, réalisée dans les mêmes conditions que l'échantillon, en utilisant l'acide gallique comme standard.

1.2.1. Mode opératoire

200µl de l'extrait aqueux de spiruline (préparé dans le méthanol avec des dilutions convenables) sont ajoutés à 1 ml de réactif de Folin-ciocalteu. Après 4 minutes, un volume de 0,8 ml (800µl) d'une solution de carbonates de sodium (Na₂CO₃) (75mg/ml) est additionné au milieu réactionnel.

Après 30 min d'incubation à température ambiante, l'absorbance des échantillons (de couleur bleue) est mesurée à 765 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV Visible. La concentration des polyphénols totaux est calculée à partir de l'équation de régression de la gamme d'étalonnage établie avec l'acide gallique (polyphénol témoin ou standard utilisée

dans cette méthode) et elle est exprimée en milligramme (ou en μg) d'équivalent d'acide gallique par gramme (ou milligramme) du poids sec de spiruline (mg EAG/g d'extrait ou μg EAG/mg d'extrait) (Talbi et al., 2014). Tous les essais sont reproduits en 3 répétitions.

3.1. Détermination de l'activité antibactérienne de la spiruline

L'activité antibactérienne de l'extrait aqueux de spiruline contre les deux souches bactériennes choisies pour le test est évaluée par la technique de diffusion sur milieu solide (ou la méthode des disques).

Les bactéries de référence utilisées sont : *Staphylococcus aureus* ATCC 33862 et *Escherichia coli* ATCC 25922

Après avoir confirmé par ces quelques tests l'identité des souches caractérisés au préalable, nous nous sommes projetés par la suite à étudier l'effet de la spiruline en tant qu'agent antimicrobien contre les deux souches sélectionnées.

3.1.1. Préparation de l'extrait de Spiruline

5g de poudre de *Spirulina platensis* ont été dissoute dans 100 ml d'eau distillée dans une fiole conique et agités régulièrement pendant six heures, puis maintenus au repos pendant 18 heures. Le macérât ainsi obtenu a été filtré avec du papier filtre Wattman N ° 1 et le filtrat a été recueilli dans un ballon propre. Environ 25 ml du filtrat ont été prélevés dans un bol en porcelaine propre et laissés sécher dans un incubateur à 40°C. La valeur d'extraction a été calculée en pesant le bol en porcelaine avec l'extrait sec. L'extrait sec ainsi obtenu est stocké par la suite pour des études ultérieures (Chakraborty et al., 2015).

3.1.2. Préparation de l'inoculum bactérien

Les microorganismes choisis (*Staphylococcus aureus* et *Escherichia coli*) pour l'étude de l'activité antibactérienne de la spiruline ont été cultivés dans un bouillon stérile de nutriments (Bouillon nutritif) et incubés pendant 4 à 8 heures dans une étuve à 37°C afin d'obtenir des résultats de croissance bactérienne en phase exponentielle.

Après incubation, les milieux de culture ont été centrifugés pour obtenir un culot puis reconstitués avec une solution saline stérile. La turbidité de la culture a été ajustée de manière similaire à la norme (en ajoutant 0,5 ml de BaCl_2 à 1% à 99,5 ml de H_2SO_4 0,36 N) (Chakraborty et al., 2015).

Un prélèvement à partir de l'inoculum préparé sert à ensemercer des boites de Pétri contenant le milieu Mueller Hinton par technique d'écouvillonnage. Des disques stériles de papier Wattman de 8 mm de diamètre, chargés de 15 μl de l'extrait aqueux (3mg par disque) sont déposés sur la surface de la gélose.

Des disques imprégnés d'eau distillée stérile et des disques d'antibiotiques chargés de 5 unités de Rifampicine et de 200 μg de Fosfomycine sont aussi utilisés en tant que témoins négatifs et

positifs respectivement. La Rifampicine est le témoin positif pour *Staphylococcus aureus* par contre la Fosfomycine est le témoin positif pour *Escherichia coli*. Après incubation des boîtes à 37°C pendant 24 heures, les résultats obtenus seront exprimés en diamètre de zones d'inhibition produites autour des disques (**Chakraborty et al., 2015**). Cette analyse est réalisée en triplicata.

4. La microencapsulation de la spiruline

La microencapsulation de la spiruline avec l'alginate de calcium est une méthode couramment utilisée pour protéger et libérer de manière contrôlée les composants bioactifs de la spiruline. La méthode adoptée dans cette étude est celle décrite par Kumar and Kumar (2019).

4.1. Mode opératoire

Préparation de la solution d'alginate : Dans un premier temps, une solution d'alginate est préparée en dissolvant l'alginate de calcium dans de l'eau ou dans un solvant organique approprié. La concentration et la viscosité de la solution peuvent être ajustées en fonction des besoins de l'expérience.

- a. Une suspension de spiruline est préparée en mélangeant la poudre de spiruline avec un liquide de suspension approprié, tel que de l'eau ou un milieu de culture.
- b. Formation des gouttelettes : La suspension de spiruline est ensuite ajoutée goutte à goutte à la solution d'alginate en utilisant une seringue ou un dispositif de goutte-à-goutte. Les gouttelettes de suspension de spiruline se retrouvent ainsi immergées dans la solution d'alginate.
- c. Gélification par le calcium : La solution d'alginate contenant les gouttelettes de spiruline est ensuite plongée dans un bain de calcium ou traitée avec une solution de calcium pour provoquer la gélification de l'alginate. Le calcium se lie à l'alginate, formant ainsi une membrane solide autour des gouttelettes de spiruline.
- d. Réticulation supplémentaire (facultatif) : Dans certains cas, une réticulation supplémentaire peut être réalisée pour renforcer la membrane d'alginate. Cela peut être fait en traitant les microcapsules avec des agents réticulants tels que le glutaraldéhyde.
- e. Lavage et séchage : Les microcapsules de spiruline obtenues sont ensuite soigneusement lavées pour éliminer tout excès de calcium ou d'alginate non réticulé. Les microcapsules sont ensuite séchées par lyophilisation, atomisation ou d'autres méthodes de séchage appropriées.

La microencapsulation de la spiruline avec l'alginate de calcium offre de nombreux avantages, tels que la protection des composants sensibles de la spiruline contre les conditions environnementales défavorables, la libération contrôlée des nutriments et des bioactifs, ainsi que l'amélioration de la stabilité et de la biodisponibilité. Cette technique trouve de nombreuses applications dans les domaines de l'alimentation, de la cosmétique et de la pharmacologie, où les propriétés bénéfiques de la spiruline peuvent être préservées et utilisées de manière optimale.

III.5. La collecte des cystes d'Artémia

La collecte des cystes d'Artemia sur les berges de la saline de Sidi Bouziane a été menée en deux périodes différentes (Mars-Avril 2012 et Avril- Mai 2013). La purification et l'incubation des cystes ont été réalisées selon les méthodes standards (Sorgeloos et al ,1986 ; Vanhaeke et Sorgeloos, 1980).

Les cystes d'Artemia récoltés dans les lacs salés ou achetés dans le commerce subissent une décapsulation, c'est-à-dire la lyse du chorion par chloration à l'hypochlorite de sodium selon le protocole de Lavens et Sorgeloos (1996), puis sont déshydratés dans une solution hypersaline (300 ‰) et stockés au réfrigérateur (5°C).

5.1. Choix du site de collecte : Les cystes d'Artémia sont souvent récoltés à partir de lacs salés naturels. Il est important de sélectionner un lac salé qui présente des conditions optimales pour la croissance de l'Artémia, telles qu'une salinité adéquate, une faible présence de prédateurs et une abondance de nourriture.

5.2. Collecte des cystes : La collecte des cystes s'effectue généralement en prélevant des échantillons d'eau du lac salé à l'aide d'un filet fin. Les cystes sont présents dans le sédiment du lac salé et peuvent être récoltés en filtrant l'eau à travers un tamis ou en effectuant une décantation pour récupérer les sédiments contenant les cystes.

5.3. Séparation des impuretés: Une fois les cystes prélevés, il est nécessaire de les séparer des impuretés telles que les débris végétaux, les cailloux ou les autres organismes présents dans l'échantillon. Cela peut être réalisé par une série de rinçages et de filtrations successives en utilisant des tamis de différentes tailles.

6. Traitement des cystes d'Artemia

6.1. Nettoyage des cystes : Les cystes collectés sont généralement nettoyés en les rinçant plusieurs fois avec de l'eau propre pour éliminer les impuretés restantes. Il est essentiel de manipuler les cystes avec précaution pour éviter toute rupture ou dommage.

6.2. Décapsulation des cystes : La décapsulation des cystes d'Artémia consiste à retirer leur enveloppe extérieure résistante, appelée chorion. Cela facilite l'éclosion des nauplius en permettant une meilleure absorption des nutriments. La méthode de décapsulation la plus couramment utilisée est la méthode de Sorgeloos.

6.2.1. Méthode de décapsulation des cystes d'Artemia

Préparation de la solution de décapsulation : Préparez une solution de décapsulation en mélangeant de l'hypochlorite de sodium (eau de Javel) et de l'eau de mer filtrée ou de l'eau salée artificielle dans des proportions spécifiques. La concentration d'hypochlorite de sodium et le temps de décapsulation peuvent varier en fonction des besoins spécifiques de l'étude ou de l'élevage. Placez les cystes collectés dans la solution de décapsulation et maintenez-les à une température contrôlée (généralement entre 28°C et

32°C) pendant une durée déterminée, généralement de 5 à 10 minutes. Pendant cette période, le chorion des cystes sera progressivement dissous par l'hypochlorite de sodium.

6.2.2. Rinçage des cystes décapsulés : Après l'incubation, rincez les cystes décapsulés à plusieurs reprises avec de l'eau salée propre pour éliminer les résidus de solution de décapsulation et d'enveloppe de chorion. Utilisez des tamis de taille appropriée pour retenir les cystes tout en permettant le rinçage efficace.

Le diamètre des cystes et la longueur des nauplii ont été mesurés en utilisant une loupe à dissection munie d'un micromètre gradué. La composition chimique générale (eau, protéines, lipides, carbohydrates et cendres) des cystes est présentée dans le tableau.....

6.2.3. Stockage des cystes décapsulés : Les cystes décapsulés peuvent être stockés dans de l'eau salée propre et oxygénée à une température appropriée jusqu'à leur utilisation ultérieure.



Figure 16. Lac mère des salines de Sidi Bouziane de l'ENASEL de Relizane



Figure 17 : la collecte des cystes d'Artémia



Figure 18 : Filtration des cystes à l'aide d'un tamis spéciale

- ❖ pendant cette étape, nous procédons à l'extraction de l'eau que nous avons ensuite filtrée à l'aide d'un tamis de 100µm, tout comme nous l'avons fait précédemment. Ainsi, nous avons pu quantifier les cystes d'artémia qui se trouvaient dans le tamis de 100µm, et avons soigneusement lavé l'échantillon pour éliminer toute trace de boue.



Figure 19. Cystes d'artémia décapsulés

III.6. Elaboration de la mayonnaise

Des échantillons de 300 g chacun de 4 types de mayonnaise ont été préparés de manière traditionnelle sur un homogénéisateur de laboratoire T25 Ultra Turrax IKA, en utilisant un système rotor-stator S25 D-14 G-KS avec une vitesse de rotation du rotor de 3500 à 24 000 tr/min. Pour cela, nous avons préalablement pesé les ingrédients (tableau)jaune d'œuf frais, vinaigre, eau et autres) et les avons mélangés avec une quantité de l'huile de tournesol. Ensuite, nous avons démarré l'homogénéisateur et ajouté lentement le reste de l'huile de tournesol, ainsi que les cystes d'Artemia décapsulés et la biomasse de spiruline microencapsulée. Le mélange a été homogénéisé pendant 5 minutes à 10 000 tr/min à température ambiante. Les autres échantillons ont été préparés de la même manière, en variant les ingrédients et les paramètres d'homogénéisation en fonction de la formulation considérée.

- mayonnaise avec 3% de spiruline libre + 3% de cystes d'Artemia (SLC);
- mayonnaise avec 3% de spiruline microencapsulée+ 2% de cystes d'Artemia (SMCA);
- mayonnaise avec 3% spiruline microencapsulée et 0% Artemia (MT)
- mayonnaise avec 3% cystes d'Artemia + 0% spiruline (CA)

Le jaunes d'œuf est mélangé avec tous les ingrédients secs pendant 1 min à la vitesse 4. De l'huile et du vinaigre sont ajoutés en alternance pendant 10 min. Le mélange est ensuite pasteurisé à 70 °C pendant 10 min et refroidi.

Les échantillons de mayonnaise ont été conservés au réfrigérateur à 4°C dans des récipients préalablement stérilisés. Un échantillon de mayonnaise industrielle de marque a été également utilisée dans la présente étude pour des fins de comparaison.

III.6.1 Analyses physicochimiques de la Mayonnaise

6.1.1. Mesure du pH

La mesure du pH est effectuée par un pH-mètre électronique relié à une électrode en verre. L'électrode est introduite dans la Mayonnaise à analyser et la lecture se fait directement sur l'enregistreur électronique quand l'affichage est stabilisé.

III.6.2. Analyses microbiologiques

Des analyses microbiologiques ont été réalisées sur les différents échantillons de mayonnaise après une période de stockage de 10 jours à 4°C. Les tests microbiologiques effectués comprenaient les étapes suivantes :

6.2.1. Recherche et dénombrement des coliformes totaux

La recherche et le dénombrement des coliformes totaux ont été effectués en utilisant le milieu de culture VRBL (Lactose Biler au cristal violet et au rouge neutre). Pour cela, une solution mère a été préparée en diluant 10g de mayonnaise dans 90g d'eau peptonée tamponnée contenant 0,7g de Tween 80. Une série de dilutions jusqu'à 10^6 a été réalisée, et 1 ml de chaque dilution a été ensemencé sur des boîtes de Pétri contenant le milieu VRBL. Les boîtes ont été incubées à 44°C pendant 48 heures pour permettre la croissance et la détection des coliformes totaux.

6.2.2. Recherche et dénombrement des levures et moisissures

La recherche et le dénombrement des levures et des moisissures ont été réalisés en utilisant le milieu de culture Yeast Glucose Chloramphenicol Agar. Les mêmes étapes que celles décrites précédemment pour les coliformes totaux ont été suivies, à l'exception de l'incubation qui a été effectuée à 25°C pendant 5 jours.

6.2.3. Recherche et dénombrement de Staphylococcus aureus

La recherche et le dénombrement de Staphylococcus aureus ont été réalisés en utilisant le milieu de culture Baird-Parker. Pour cela, une solution mère a été préparée en diluant 10g de mayonnaise dans 90g d'eau peptonée tamponnée contenant 0,7g de Tween 80. Le milieu Baird-Parker a été versé dans des boîtes de Pétri, refroidi et inoculé en stries avec 0,1 ml de la solution mère. Les boîtes ont été incubées à 37°C pendant 48 heures pour permettre la croissance et la détection de Staphylococcus aureus.

Ces analyses microbiologiques visent à évaluer la sécurité microbiologique des échantillons de mayonnaise élaborés.

6.2.4. Recherche et dénombrement de Salmonella

a. *Pré-enrichissement en milieu liquide non sélectif*: 25g de mayonnaise ont été ajoutés à 225 ml d'eau peptonée tamponnée, puis incubés à 37°C pendant 24 heures.

b. *Enrichissement sélectif* : Pour l'enrichissement sélectif, 0,1 ml du bouillon de pré-enrichissement a été transféré dans 10 ml de bouillon Rappaport Vassiliadis Soja (RVS) et incubé à 42°C ± 1°C pendant 24 heures. Parallèlement, 1 ml du bouillon de pré-enrichissement a été inoculé dans 10 ml de bouillon Muller-Kauffmann, agité et placé dans une étuve à 37°C pendant 24 heures.

c. *Isolement sélectif* : Une boucle de 10 µl contenant le bouillon Muller-Kauffmann et le bouillon RVS a été étalée et ensemencée sur des boîtes de gélose xylose lysine désoxycholate (XLD) et Hektoen. Les boîtes ont ensuite été incubées à 37°C pendant 24 heures.

Ces étapes ont été réalisées dans le but de rechercher et dénombrer la présence de Salmonella dans les échantillons de mayonnaise. Le pré-enrichissement permet de favoriser la multiplication des éventuelles cellules de Salmonella présentes, tandis que les étapes d'enrichissement sélectif et d'isolement sélectif permettent de favoriser la croissance et l'identification spécifique de Salmonella.

III. 6.3. Analyse sensorielle des échantillons de mayonnaise

La méthode utilisée pour réaliser l'analyse sensorielle dans le cadre de cette étude a été basée sur l'utilisation d'un questionnaire spécialement conçu pour évaluer les caractéristiques sensorielles des échantillons. L'objectif de cette méthode était de recueillir les préférences et les perceptions des participants par rapport aux différentes qualités sensorielles des différents échantillons de mayonnaise étudiés.

Les pots des échantillons de mayonnaise ont été tous étiquetés avant l'analyse et doivent rester anonyme (aucune information sur la composition du produit ne doit apparaître) aux dégustateurs pour la fiabilité des résultats (un code a été attribué pour chaque produit) (voir tableau).

Tableau 9 . Codage des échantillons de Mayonnaise

Type de mayonnaise	Référencement	Codage du produit
3% de spiruline microencapsulée + 2% de cystes d'Artemia	SMCA	A55
3% de spiruline libre+ 3% Artemia	SLC	H25
3% de cystes d'Artemia +0% spiruline	CA	T16
3% spiruline microencapsulée+ 0% Artemia	MT	R20
Mayonnaise industrielle de haute qualité	MCOM	B12

6.3.1. Description de la base de données

Nous disposons d'un jeu de données comprenant 5 variétés distinctes de mayonnaise. Un panel de dix personnes, passionnées et expérimentées dans la dégustation de mayonnaise, a évalué chaque type de mayonnaise et a rempli une fiche d'évaluation comportant sept descripteurs sensoriels (considérés ici comme des variables quantitatives actives).

De plus, les 5 produits ont été soumis à une évaluation sensorielle par un groupe de quarante personnes non averties, représentant différents sexes et tranches d'âge. Ces évaluateurs naïfs ont également rempli une fiche d'évaluation pour chaque produit.

Cette approche nous permet d'obtenir une vision plus complète des caractéristiques sensorielles des différentes variétés de mayonnaise, en combinant les évaluations des experts formés et des évaluateurs naïfs. Les données recueillies serviront de base pour une analyse approfondie visant à identifier les différences significatives entre les produits et à comprendre les préférences des consommateurs en fonction des descripteurs sensoriels étudiés

III. 7. Traitement statistique des données

La moyenne pour chaque produit pour chaque descripteur a été calculée. Une ANOVA à un facteur a été réalisé suivi par le test de Duncan pour comparer entre les différentes variétés de mayonnaise.

Chapitre 4.

Résultats et discussion

IV. Résultats & discussion

IV. 1. L'activité antioxydante de la spiruline: L'activité antioxydante de l'extrait méthanolique aqueux de *Spirulina platensis* et de l'antioxydant standard (acide ascorbique) vis-à-vis du radical DPPH a été évaluée à l'aide d'un spectrophotomètre en suivant la réduction de ce radical qui s'accompagne par son passage de la couleur violette (DPPH°) à la couleur jaune (DPPH-H) mesurable à 515nm. Cette capacité de réduction est déterminée par une diminution de l'absorbance induite par des substances antiradicalaires.

Les résultats de l'activité antiradicalaire de l'extrait méthanolique de spiruline présentés dans la figure 20, montre une proportionnalité entre le pourcentage d'inhibition et l'augmentation de la concentration.

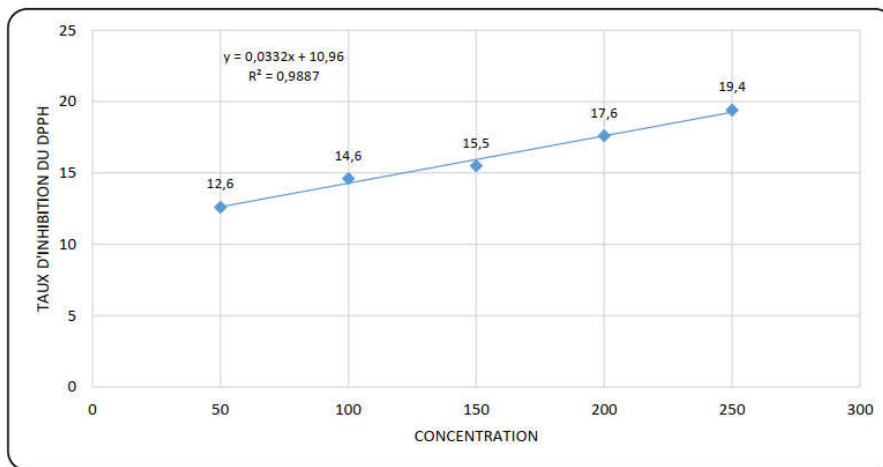


Figure 20. Pourcentage d'inhibition du DPPH en fonction des différentes concentrations de l'extrait méthanolique de *Spirulina platensis*

IV. 2. Evaluation de la concentration inhibitrice IC 50

IC50 est inversement lié à la capacité antioxydante d'un composé, car il exprime la quantité d'antioxydant requise pour diminuer la concentration du radical libre de 50%. Plus la valeur de l'IC50 est basse, plus l'activité antioxydante d'un composé est élevée (Pokorny et al, 2001).

La concentration de l'échantillon nécessaire pour inhiber 50% du DPPH radicalaire, a été calculée par régression linéaire des pourcentages d'inhibition calculés en fonction des différentes concentrations d'extraits préparés.

La valeur de l'IC 50 obtenu (0,160 mg/ml) montre que la microalgue a une capacité antioxydante légèrement supérieure par rapport à celle de l'acide ascorbique (0,156 mg/ml) (Figure 21). Son activité antioxydante est due principalement à sa composition en polyphénols ainsi qu'aux pigments, qui semblent être liées à cette activité (Piero et al., 1998).

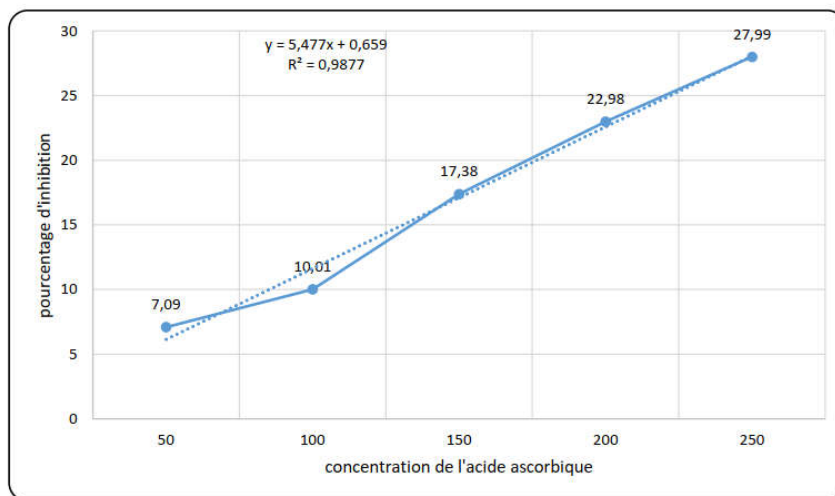


Figure 21. Pourcentage d'inhibition du DPPH en fonction des différentes concentrations de l'acide ascorbique.

IV. 3. Teneur en polyphénols totaux

La détermination de la teneur en polyphénols totaux dans l'extrait de spiruline est estimée par la méthode de Folin-Ciocalteu. Les résultats de la courbe d'étalonnage établie à partir des valeurs d'absorbance de l'acide gallique (Tableau 10), sont présentés dans la figure 22.

Tableau 10. Résultats d'absorbance des différentes concentrations d'acide gallique exprimées en µg/ml.

Tubes	1	2	3	4	5
Densité optique moyenne des 3 essais à 750nm	0,153	0,233	0,329	0,444	0,536

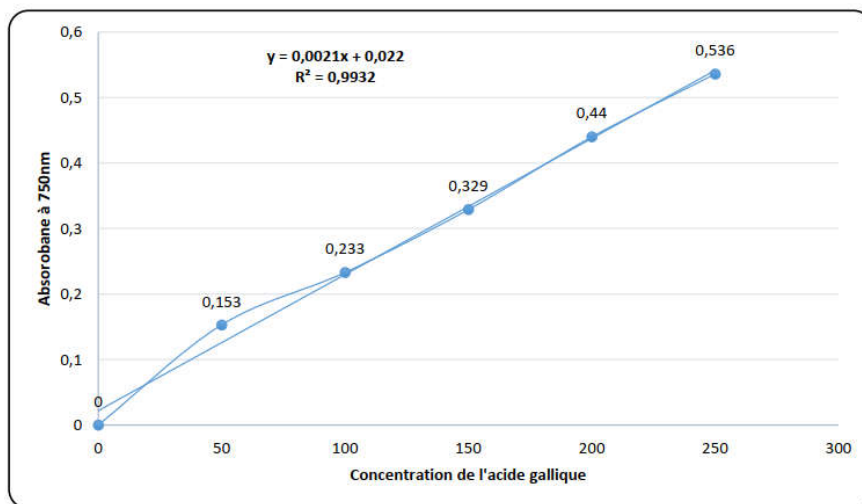


Figure 22. Courbe d'étalonnage de l'acide gallique (exprimée en µg/ml).

La valeur moyenne des phénols totaux obtenue sur l'extrait de spiruline ($64,28 \pm 0,47$ µg/mg, soit 1,6 mg EAG/g MS) calculée à partir de la droite de régression de l'acide gallique est comparable à celles trouvés par Shalaby et al., (2013) (1,7 mg EAG/g MS) et Colla et al., (2006) (1,25 mg EAG/g MS).

IV. 4. Activité antibactérienne de la spiruline

Les résultats de l'activité antibactérienne, montre que la spiruline exerce une activité inhibitrice vis-à-vis de *E. coli* et *Staphylococcus aureus* avec des diamètres d'inhibition de 17mm et 18mm respectivement (Tableau 11). L'effet inhibiteur de la spiruline était plus important contre la souche *Staphylococcus aureus* par rapport à la souche *E. coli*. En parallèle, les deux antibiotiques utilisés comme témoins positifs dans ce test, ont confirmé les valeurs du diamètre obtenu dans le test de sensibilité des deux souches étudiées, à savoir 27,3mm de diamètre pour la Fosfomycine et 30,5mm pour la Rifampicine. Le témoin négatif quant à lui, n'a exercé aucun effet sur la croissance de la bactérie

Tableau 11. Diamètre des zones d'inhibition (en mm) de l'activité antibactérienne de la spiruline vis-à-vis de *E. coli* et *Staphylococcus aureus*.

	Souches testées	
	E.coli	S. aureus
Spiruline (3%)	17	18
Fosfomycine (200)	27,3	
Rifampicine (5)		30,5
Eau physiologique (Témoin négatif)	6	6

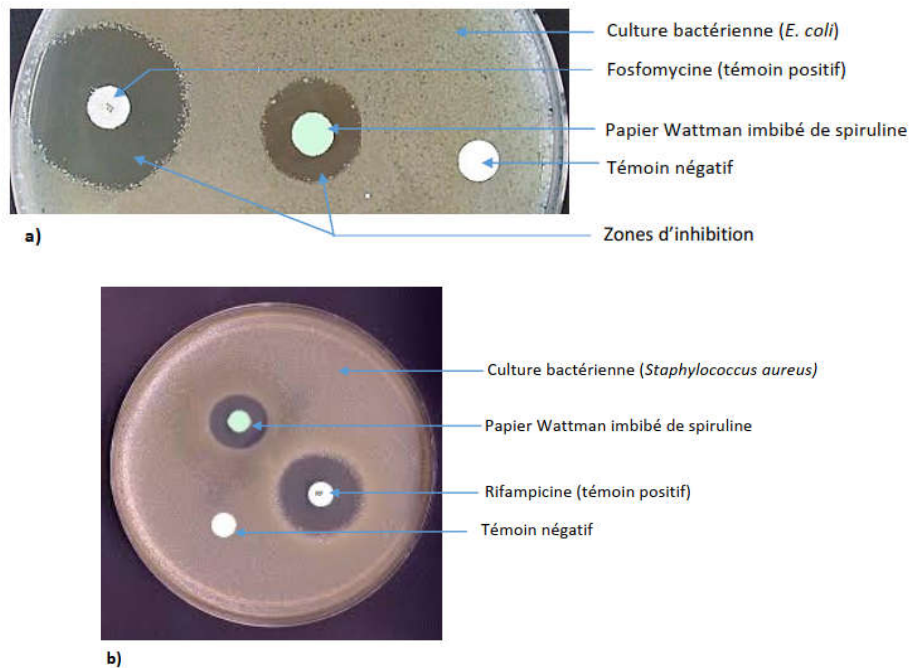


Figure 23. Résultats de l'activité antibactérienne de la spiruline contre a) *Escherichia coli*, et b) *Staphylococcus aureus*.

Tableau 12: valeur nutritionnelle de la spiruline (pour 100g; %)

Protéines	42,92
Lipides	3,5
Glucides	22,5
Energie	293Kcal
Calcium	827,9mg
Fer	386,7mg
Magensium	408,8mg
Phosphore	7678mg
Potassium	1606,7mg
Sodium	3207,1mg

IV. 5. Paramètres physicochimiques des microcapsules de spiruline

Les valeurs moyennes pour le pH et le taux d'humidité mesurés sur les échantillons de microcapsules de spirulines préparés ont été respectivement 8,2 et 8,9%



Figure 24. Microencapsules de spiruline d'une taille moyenne de 4mm

IV. 6. Qualité des cystes d'Artemia

Les résultats pour certains paramètres biométrique mesurés chez les cystes d'Artemia sont présentés dans le tableau 13 ci-dessous.

Tableau 13 . Diamètre des cystes d'Artemia du lac de sidi Bouziane avant et après décapsulation

Diamètre des cystes normaux	Diamètre des cystes décapsulés
(n=70)	(n=30)
256±13,16	202,5±7,4

Tableau 14. Composition biochimique (%) des cystes décapsulés des salines de Sidi Bouziane (en p.100), (Moyenne±écart-type) (Dahloum, 2014)

	Eau	Protéines	Lipides	Cendre	Carbohydrates
Relizane	10,88±0,68	47,23±1.4	3,35±0,35	6,80±0,4	20,13± 2,3
Béchar		19,16%	5,59		
Timimoun		21,33	16,44		

Les résultats du tableau 14 montrent que la qualité des cystes d'Artemia récoltés dans les salines de Sidi Bouziane, Béchar, et Timimoun est comparable à celle des cystes actuellement commercialisés dans le monde. A l'état actuel, aucun site en Algérie ne fait l'objet d'une exploitation. Toutefois, il est indispensable de faire une estimation de la biomasse avant toute exploitation du gisement existant afin de maintenir l'équilibre naturel des milieux et permettre un renouvellement continu de la biomasse.



Figure 25. cystes d'Artémia décapsulés (210µm)

IV. 7. Paramètres physicochimiques de la mayonnaise

7.1. Taux d'humidité

Tous les échantillons de mayonnaise analysés avaient des taux d'humidité compris entre 18% et 22% (fig 29), indiquant leur conformité aux exigences de qualité établies entre 16% et 30% (ISO 3727, 1977).

Selon Fitryaningtyas et Widyaningsih (2015), il existe une corrélation négative entre l'humidité et la teneur en matière sèche. Plus la teneur en matière sèche est élevée, plus la teneur en eau est faible. Ces résultats concordent avec nos propres observations.



Figure 26. Echantillon de mayonnaise fortifiée à la spiruline libre et les cysts d'Artémia décapsulés



Figure 27. Echantillon de mayonnaise fortifiée à la spiruline microencapsulée et les cysts d'Artémia décapsulés



Figure 28. Echantillon de mayonnaise aux cystes d'Artemia décapsulés sans spiruline

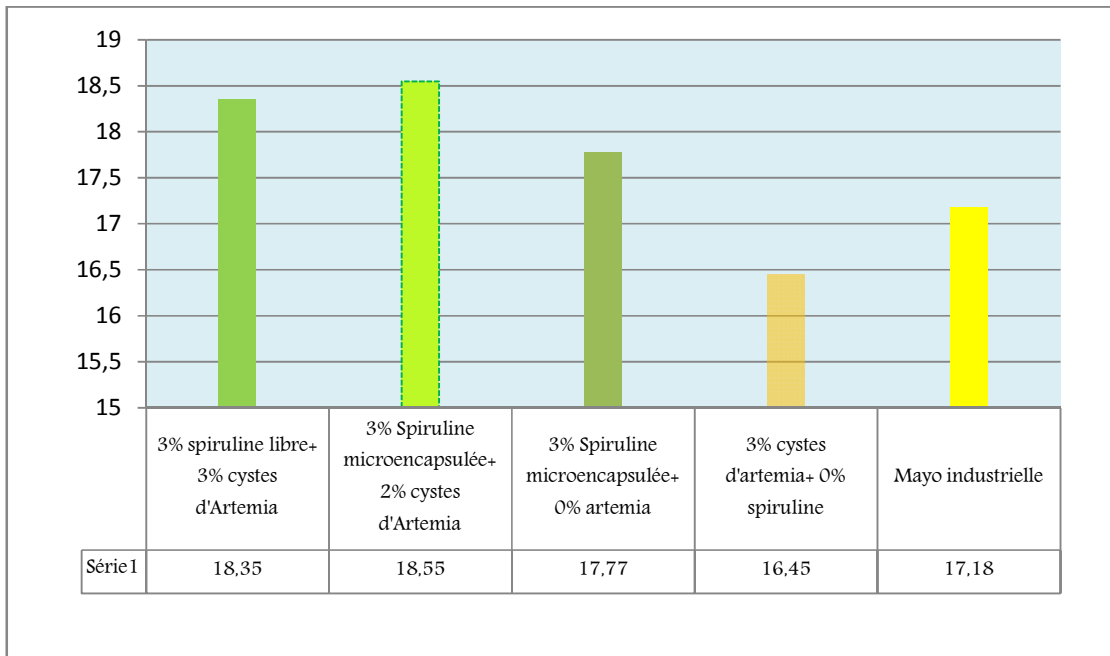


Figure 29. Taux d'humidité pour les différents échantillons de mayonnaise.

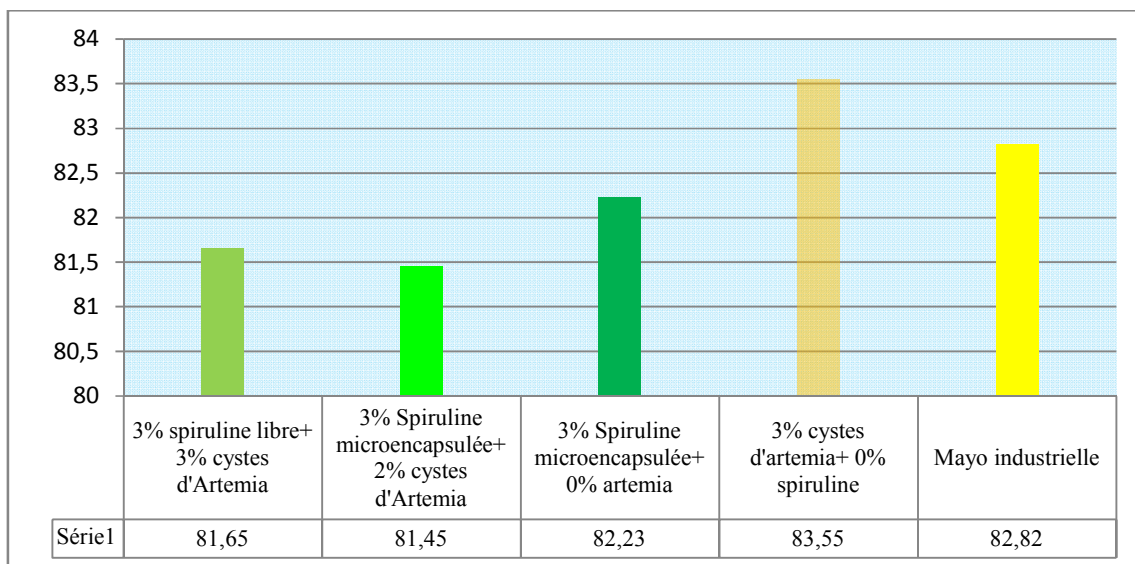


Figure 30. Teneur en matière sèche pour les différents échantillons de mayonnaise.

7.2. Le pH

Afin de suivre l'évolution du pH des échantillons expérimentaux de mayonnaise, nous avons réalisé deux mesures de pH. La première mesure a été effectuée immédiatement après la préparation de notre

sauce, tandis que la deuxième mesure a été effectuée après avoir conservé nos échantillons pendant 10 jours à 4°C.

Le produit SMCA présentait la valeur de pH la plus élevée (3,95) (Tableau 15) comparé aux autres échantillons de mayonnaise qui avaient des valeurs de pH moyennes comprises entre 3,85 et 3,93. Généralement, l'acidité d'une mayonnaise se situe dans une plage légèrement acide, généralement autour d'un pH de 3,5 à 4,5. Cette acidité est principalement due à l'ajout d'ingrédients acides tels que le vinaigre ou le jus de citron dans la recette de la mayonnaise. Cependant, il est important de noter que la valeur précise de l'acidité peut varier en fonction de la recette spécifique utilisée et des conditions de production.

Tableau 15: Valeurs de pH des échantillons de mayonnaise avant et après conservation 10 j à 4°C.

	SMCA	SLC	MT	CA	COM
Avant	3,86	3,97	3,91	3,87	3,87
Après	3,95	3,89	3,87	3,93	3,94

IV. 8. Qualité microbiologique des échantillons de mayonnaise

La sécurité et la qualité microbiologique de la mayonnaise sont des critères essentiels pour les consommateurs, tout aussi importants que sa stabilité oxydative. Afin d'évaluer la qualité hygiénique de la mayonnaise enrichie en microalgue de spiruline et des cystes d'Artemia, des analyses microbiologiques ont été réalisées sur les échantillons après une période de stockage de 10 jours. Les résultats de la qualité microbiologique des échantillons de mayonnaise élaborés sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 16: Qualité microbiologique (UFC/g) des échantillons de mayonnaise après 10 jours de conservation à 4°C.

Microorganisme	Types de mayonnaise				
	SLC	SMCA	CA	MT	MCOM
FTAM	7.10^2	61.10^2	63.10^3	31.10^2	21.10^3
Coliformes totaux	$15. 10^2$	$26. 10^2$	$52. 10^2$	$13. 10^2$	$48. 10^2$
S.aureus	ND	ND	ND	ND	ND
Salmonelles	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS

***Conclusion:** Qualité satisfaisante

(SLC): 3% spiruline libre+ 3% cystes d'artemia; (SMCA): 3% Spiruline microencapsulée+ 2% cystes d'Artemia; (CA): 3% cystes d'artemia+ 0% spiruline, (MT): 3% Spiruline microencapsulée+0% artemia; (COM): mayonnaise commerciale de marque réputée
 ND : non détectable; ABS: absence dans 25g. * sur la base de la norme algérienne, JO 2 juillet 2017)

IV. 9. Analyses sensorielle des échantillons de mayonnaise

Les résultats du tableau mettent en évidence des différences significatives entre les différentes variétés de mayonnaise pour tous les descripteurs sensoriels évalués. Ces différences soulignent l'importance de la composition des ingrédients et des formulations dans la perception sensorielle des produits alimentaires.

En ce qui concerne la couleur, les variétés SMCA, MCOM, MT et CA ont obtenu des scores moyens similaires, respectivement de $4,62 \pm 1,14$, $4,72 \pm 0,45$, $4,52 \pm 0,45$ et $4,44 \pm 0,69$. La variété SLCA présente le score le plus bas de $3,67 \pm 1,14$ ($F = 15,453$, $p < 0,001$).

L'ANOVA révèle une différence significative ($F = 42,908$, $p < 0,001$) entre les variétés de mayonnaise pour le descripteur arôme. Les variétés MCOM, SMCA et MT se distinguent par des scores significativement plus élevés, tandis que la variété SLC obtient le score moyen le plus bas.

Pour le goût, Les variétés MCOM et SMCA présentent les scores moyens les plus élevés ($F = 26,531$, $p < 0,001$) respectivement de $4,95 \pm 0,17$ et $4,68 \pm 0,44$.

L'analyse des résultats du tableau révèle des différences significatives entre les variétés de mayonnaise pour tous les descripteurs sensoriels évalués.

Des résultats similaires sont observés pour les descripteurs, sucrosité, acidité, sensation et appréciation globale. Chaque variété présente des moyennes distinctes pour ces descripteurs, indiquant des différences significatives entre elles.

Plus généralement, les résultats indiquent que les mayonnaises SMCA et MCOM ont obtenu les scores les plus élevés pour la plupart des descripteurs sensoriels évalués, tandis que la mayonnaise SLC a obtenu les scores les plus bas. Les différences observées suggèrent que les variations dans les ingrédients et les procédés de fabrication ont un impact sur les caractéristiques sensorielles de la mayonnaise.

Tableau 17: Scores moyens attribués aux critères sensoriels de différentes variétés de mayonnaise par les panelistes

Descripteurs	Type de mayonnaise						F	Sig
	SLC	SMCA	MT	CA	MCOM			
Couleur	$3,67 \pm 1,14^b$	$4,72 \pm 0,45^a$	$4,52 \pm 0,45^a$	$4,44 \pm 0,69^a$	$4,69 \pm 0,50^a$	15,453	<0,001	
Arôme	$3,10 \pm 1,00^c$	$4,60 \pm 0,48^{ab}$	$4,38 \pm 0,43^b$	$4,35 \pm 0,79^b$	$4,82 \pm 0,32^a$	42,908	<0,001	
Goût	$3,57 \pm 1,13^d$	$4,68 \pm 0,44^{ab}$	$4,37 \pm 0,58^c$	$4,65 \pm 0,56^{bc}$	$4,95 \pm 0,17^a$	26,531	<0,001	
Sucrosité	$3,40 \pm 1,15^b$	$4,40 \pm 0,73^a$	$3,99 \pm 0,74^a$	$4,01 \pm 1,10^a$	$4,36 \pm 0,62^a$	8,209	<0,001	
Acidité	$3,65 \pm 1,22^c$	$4,72 \pm 0,43^a$	$4,19 \pm 0,59^b$	$4,09 \pm 0,97^b$	$4,18 \pm 0,70^b$	8,621	<0,001	
Sensation	$3,84 \pm 1,15^c$	$4,72 \pm 0,54^{ab}$	$4,62 \pm 0,61^{ab}$	$4,40 \pm 1,05^b$	$4,96 \pm 0,18^a$	11,860	<0,001	
Appréciation	$6,06 \pm 1,27^c$	$7,47 \pm 0,67^a$	$7,04 \pm 0,59^b$	$6,99 \pm 1,05^b$	$7,59 \pm 0,57^a$	19,309	<0,001	

(SLC): 3% spiruline libre+ 2% cystes d'artemia; (SMCA): 3% Spiruline microencapsulée+ 2% cystes d'Artemia; (CA): 3% cystes d'artemia+ 0% spiruline, (MT): 3% Spiruline microencapsulée+0% artemia; (COM): mayonnaise commerciale.

Tableau 18: Classement des rangs moyens pour les descripteurs sensoriels du plus important au moins important.

Trait sensoriel	Rang moyen
Appréciation globale	6,89
Sensation	4,05
Goût	3,84
Couleur	3,74
Arôme	3,36
Acidité	3,21
Sucrosité	2,90
Friedman test: Khi-carré	<0.0001

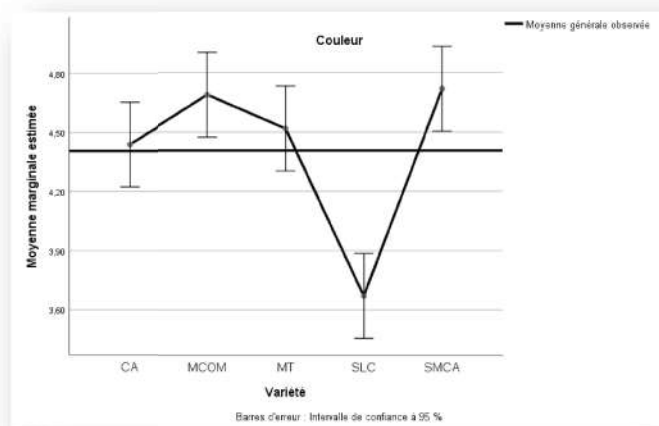


Figure 31. Rang moyen attribué pour le trait couleur

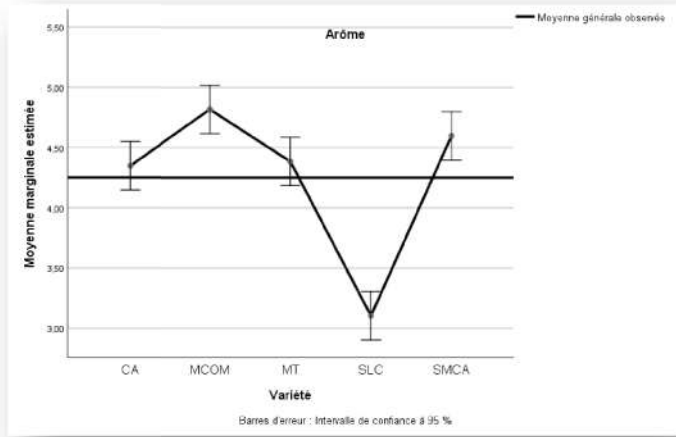


Figure 32. Rang moyen attribué pour le trait arôme

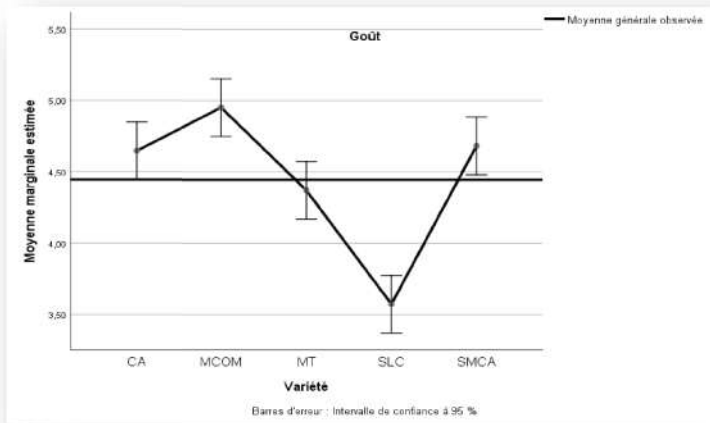


Figure 33. Rang moyen attribué pour le trait couleur

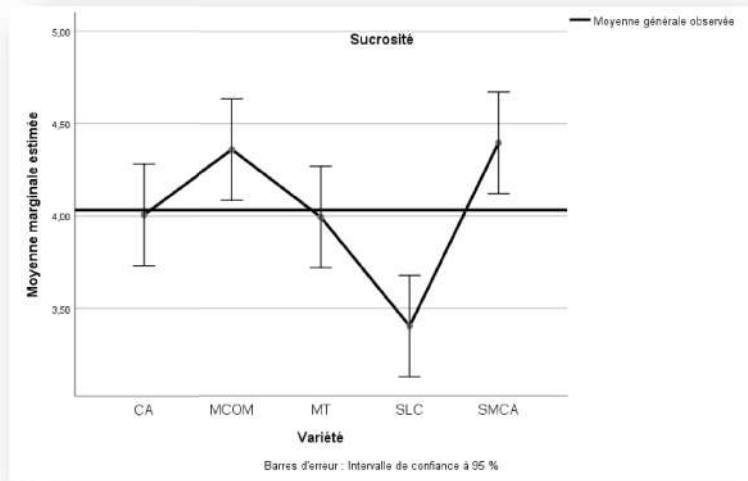


Figure 34. Rang moyen attribué pour le trait sucrosité

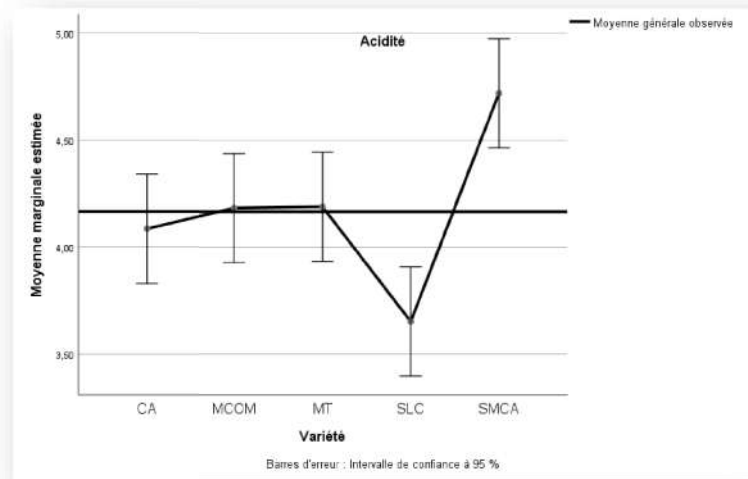


Figure 35. Rang moyen attribué pour le trait acidité

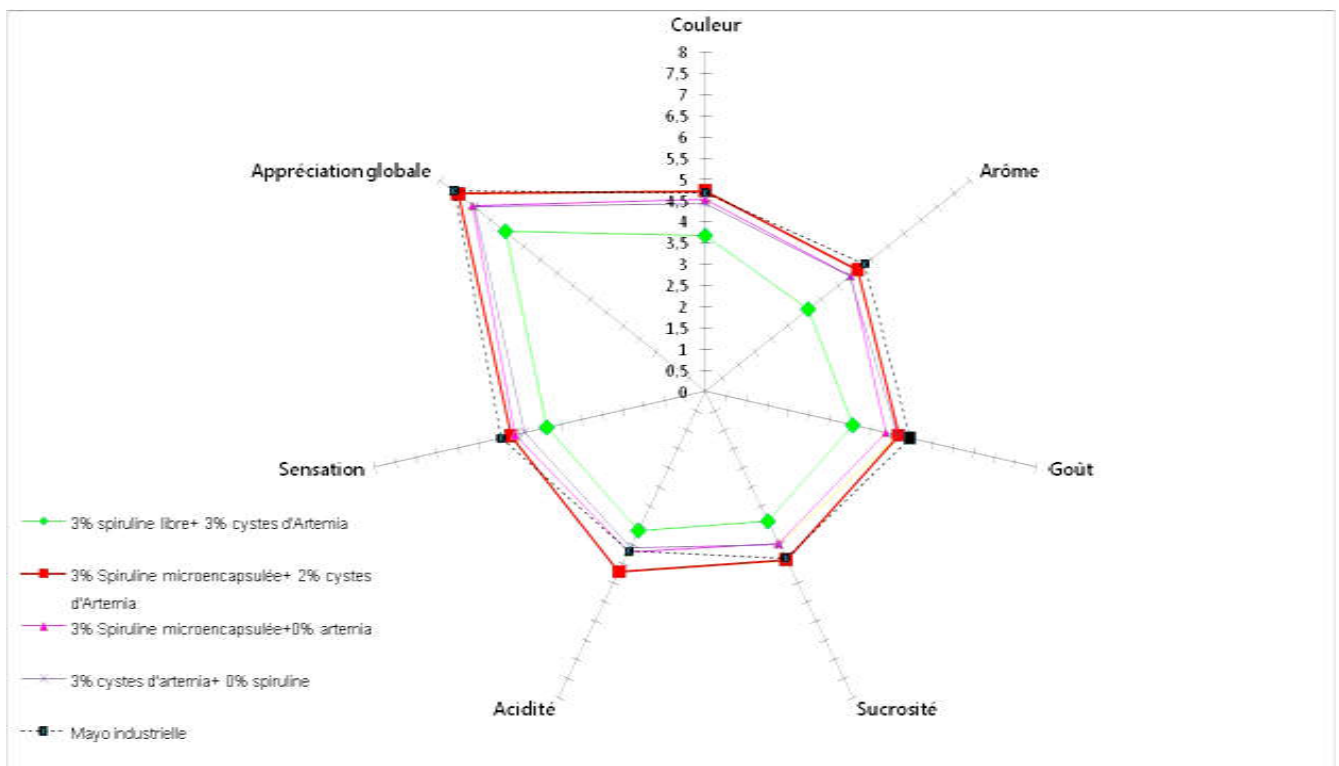


Figure 36. Profil sensoriel des 5 types de mayonnaise

Conclusion générale

En conclusion, cette étude de développement d'une mayonnaise à base de spiruline et d'Artemia a démontré des résultats prometteurs tant du point de vue des analyses physico-chimiques que des analyses sensorielles. Les résultats des analyses physico-chimiques ont confirmé la conformité aux normes établies, tandis que les dégustations ont révélé une satisfaction et une acceptabilité positives de la part des dégustateurs, en particulier pour la mayonnaise enrichie avec de la spiruline microencapsulée combinée aux cystes d'artemia édcapsulés.

Ces résultats encourageants ouvrent la voie à des perspectives intéressantes pour la poursuite et l'approfondissement de cette étude. Voici quelques perspectives de recherche qui pourraient être envisagées :

Étude de stabilité : Approfondir la recherche sur la stabilité de la mayonnaise enrichie avec de la spiruline microencapsulée combinée aux cystes d'artemia dans différentes conditions de stockage, y compris la température, l'humidité et la durée de conservation.

Optimisation de la formulation : Explorer des possibilités d'optimisation de la formulation de la mayonnaise en termes de ratio entre la spiruline et les cystes d'artemia, ainsi que d'autres ingrédients et additifs, afin d'améliorer davantage les caractéristiques sensorielles et nutritionnelles du produit.

Étude de l'impact sur la santé : Approfondir la recherche sur les avantages pour la santé liés à la consommation de mayonnaise à base de spiruline et d'Artemia, notamment en ce qui concerne les apports nutritionnels, les propriétés antioxydantes et les effets sur la santé.

Développement de nouvelles applications : Explorer la possibilité d'étendre l'utilisation de la spiruline et des cystes d'Artemia à d'autres produits alimentaires, tels que les sauces, les condiments ou les produits à base de fruits de mer, afin de diversifier l'offre et d'explorer de nouveaux marchés.

En poursuivant et en approfondissant cette étude, de nouvelles connaissances pourraient être générées, offrant des opportunités d'innovation et de développement de produits alimentaires fonctionnels. Cette étude mérite donc d'être considérée comme une base solide pour des recherches futures visant à explorer davantage les applications et les bénéfices potentiels de la mayonnaise à base de spiruline et d'Artemia dans le domaine de l'alimentation et de la santé.

Références bibliographiques

Références

1. Albentosa M., E. Naessens, P. Léger, P. Coutteau, P. Lavens, P. Sorgeloos (1989). Promising results in the seed cultunng of the Manila clam *Tapes semidecussata* with a manipulated yeast product as a partial substitute for algae. Eur: Aquac. Soc., Spec. Publ. 10,7-8
2. Al-Ghanayem Abdullah A. (2017). Antimicrobial activity of *spirulina platensis* extracts against certain pathogenic bacteria and fungi, *Advances in Bioresearch*, DOI: 10.15515/abr.0976-4585.8.6.96101
3. Amarouayache M., Derbal F., Kara M. (2012). Note on the carcinological fauna associated with *Artemia salina* (Branchiopoda, Anostraca) from Sebkha Ez-Zemoul (northeast Algeria) , *Crustaceana.* Vol. 85, no. 2. P. 129-137.
4. Atkins, P., de Paula, J. *Physical Chemistry*. 10th edition. Oxford University Press, 2014. (ISBN: 978-0199697403)
5. Becher, P. (2001). *Emulsions: Theory and Practice*. CRC Press.
6. Becher, P. (2017). *Industrial Mixing Technology: Chemical and Biological Applications*. John Wiley & Sons.
7. Beckett, S.T. (2008). *Fabrication et utilisation industrielles de chocolat* (4e éd.). Wiley-Blackwell.
8. Belitz, H.-D., Grosch, W., & Schieberle, P. (2009). *Food Chemistry* (4th ed.). Springer.
9. Bibette, J (1996): Émulsions : concepts de base et applications, *Actualité Chimique* N°194
10. Borgogna M., B. Bellich, L. Zorzini, R. Lapasin, A. Cesàro (2010). Food microencapsulation of bioactive compounds: Rheological and thermal characterisation of non-conventional gelling system, *Food Chemistry*, 122 (2), 416-423, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.07.043>.
11. Brochette P (1999). Émulsification - Élaboration et étude des émulsions, *Tech de l'ingénieur*
12. Campanella, L. G. Crescentini and P. Avino (1999). Chemical composition and nutritional evaluation of some natural and commercial food products based on *Spirulina*, *Analisis*, 27 6 533-540, DOI: <https://doi.org/10.1051/analisis:1999130>
13. Caultet L, DOS SANTOS A, Knipper. G, M. Rusalen et M. SEIGNEUR (2017): Les émulsions alimentaires et cosmétiques, *Projet Professionnel 2017-2018*, Université ed Laorraine.
14. Date, A. A., et al. (2017). Nanosuspensions : véhicules émergents pour l'administration de médicaments. *Découverte de médicaments aujourd'hui*, 22(5), 861-872.
15. Davidov-Pardo, G., & McClements, D.J. (2015). Systèmes d'administration à base d'émulsion pour composants bioactifs lipophiles. *Journal of Food Science*, 80(5), R825-R835.
16. De Oliveira, L.A.L., et al. (2018). Homogénéisation à haute pression comme outil pour améliorer les propriétés fonctionnelles des produits alimentaires à base de plantes. *Recherche alimentaire internationale*, 103, 228-235.
17. Debus, K. (2013). *Emulsion Formation and Stability in Food, Personal Care, and Nutraceutical Products*. John Wiley & Sons.
18. Dhont, J., & Lavens, P. (2008). Use of *Artemia* biomass in aquafeeds. In M. T. C. Barroso & J. R. Ferraz (Eds.), *The 7th International Conference on the Biotechnology of Microbial Products* (pp. 113-121). Springer.
19. Dhont, J., Van stappen, G (2003). *Biology, Tank production and Nutritional Value of Artemia*,
20. Dickinson, E. (2009). Hydrocolloïdes comme émulsifiants et stabilisateurs d'émulsion. *Hydrocolloïdes alimentaires*, 23(6), 1473-1482.
21. Dickinson, E. (2011). Hydrocolloïdes aux interfaces et influence sur les propriétés des systèmes dispersés. *Hydrocolloïdes alimentaires*, 25(8), 1833-1842.
22. Dickinson, E. (2013). Food Emulsions and Foams: Stabilization by Particles. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 18(4), 334-339.
23. Dickinson, E. (2015). Emulsion science: basic principles. *Food Hydrocolloids*, 43, 109-126.
24. Dickinson, E. (2015). Food emulsions: flocculation, creaming, and related phenomena. In P. Walstra, T. Vreeker, & J. R. Zijlstra (Eds.), *Advanced Dairy Chemistry Volume 1B: Proteins: Applied Aspects* (4th ed., pp. 347-380). Cham: Springer.
25. Dickinson, E. (ed.) (2012). *Food Emulsions: Principles, Practice, and Techniques* (3rd ed.). Wiley-Blackwell.
26. Doumeix O (2011). *Opérations unitaires en génie biologique*, Tome 1 : les émulsions
27. El Maghraby, G.M.M., Barry, B.W., & Williams, A.C. (2008). Liposomes et peau : de l'administration de médicaments aux membranes modèles. *Journal européen des sciences pharmaceutiques*, 34(4-5), 203-222. doi : 10.1016/j.ejps.2008.05.005
28. Falquet, J., & Hurni, J. P. (2006). *Aliments et nutrition : Cours avec exercices corrigés*. Presses polytechniques et universitaires romandes.
29. Falquet, J., Hurni, J.P. (2006). *Spirulina, Nutritional Aspects*. Antenna Technologies, Geneva, 41 p.-pakbs.org

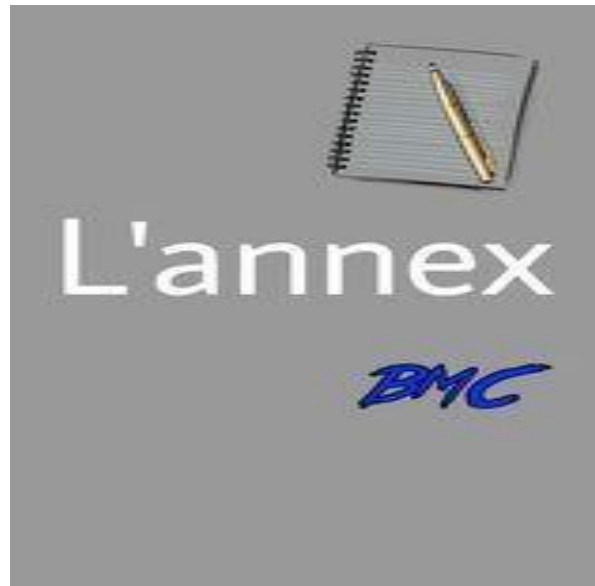
30. Friberg, S. E., & Norrby, K. (2015). *Emulsion Science: Basic Principles*. Springer.
31. Galero Elizdath Martínez, Ricardo Pérez-Pastén, Angélica Perez-Juarez, Luis Fabila-Castillo, Gabriela Gutiérrez-Salmeán, German Chamorro (2016). Preclinical antitoxic properties of Spirulina (Arthrospira), *Pharmaceutical Biology* 8(54), 1345-1353
32. Garti, N., & McClements, D. J. (2013). *Emulsion-based Systems for Delivery of Food Active Compounds*. Woodhead Publishing.
33. Garti, N., & Sato, K. (Eds.). (2013). *Biotechnology in Functional Foods and Nutraceuticals*. CRC Press
34. Gibis, M. (2016). Rheology of emulsion-based food products: Fundamentals, measurement, and applications. In E. Dickinson & M. Leser (Eds.), *Food Colloids: Self-Assembly and Material Science* (pp. 261-287). Cambridge: Royal Society of Chemistry, *Encyclopédie de chimie industrielle d'Ullmann*, "Équipement de mélange et de mélange"
35. Haddag M (1991). Contribution à l'étude d'une souche d'Artemia (Artemiatunisiana) endémique aux eaux de la saline d'Arzew, Algérie. Thèse Magister. Ins. sciences de la mer et de l'aménagement du littoral, ALGER.
36. Hajati et Zaghari (2019). *Spirulina Platensis in Poultry Nutrition Hardcover* , Cambridge Scholars Publishing; 1st edition , 230 p.
37. Harnby, N., et al. (2009). *Mélange dans les industries de transformation : deuxième édition*. Butterworth-Heinemann.
38. Huang, Q., & Mu, T. (2021). Systèmes d'émulsions alimentaires : stabilisation, libération d'arômes et applications. *Aliments*, 10(2), 278. doi : 10.3390/foods10020278
39. Jaiswal, M., Dudhe, R. et Sharma, P. K. (2015). Nanoémulsion : un mode avancé de système d'administration de médicaments. *3 Biotech*, 5(2), 123-127. doi : 10.1007/s13205-014-0214-8
40. Klinkesorn, U., & Sophanodora, P. (2010). Les hydrocolloïdes comme épaississants et gélifiants dans les aliments : une revue critique. *Food Science and Technology International*, 16(4), 375-387.
41. Kumar, D., & Kumar, S. (2019). Microencapsulation of Spirulina platensis using calcium alginate: Optimization and characterization. *Journal of Microencapsulation*, 36(1), 62-70. doi:10.1080/02652048.2018.1563637
42. Lavens, P., & Sorgeloos, P. (1996). *Manual on the production and use of live food for aquaculture* (No. 361). Food and Agriculture Organization (FAO)...
43. Lavens, P., Léger, P., & Sorgeloos, P. (1989). Manipulation of the fatty acid profile in Artemia offspring produced in intensive culture systems. *Aquaculture—a biotechnology in progress*, 731-739. -vliz.be
44. Legrand J (2013), *Emulsions alimentaires et foisonnement*. Paris : Hermes science publ.. Lavoisier. 2013. Chapitre 1.4 : Ingrédients et additifs dans la formulation des émulsions et des mousses. ISBN: 978-2-7462-3203-Davidson, A. (2006). *The Oxford Companion to Food* (2nd ed.). Oxford University Press.
45. Lu C, Vonshak A. (2002). Effects of salinity stress on photosystem II function in cyanobacterial Spirulina platensis cells. *Physiol Plant. Mar*;114(3):405-413. doi: 10.1034/j.1399-3054.2002.1140310.x. PMID: 12060263.
46. Lupatini AL., Colla LM., Canan C., Colla E (2017). Potential application of microalga Spirulina platensis as a protein source. *J Sci Food Agric* 97:724–32.
47. MacDougall, D.B., & Harvey, J.M. (2000). Les hydrocolloïdes dans les aliments : leurs caractéristiques et leurs utilisations. *Chimie alimentaire*, 71(1), 9-27.
48. Marques A, François J-M, J Dhont, P Bossier, P Sorgeloo (2004). Influence of yeast quality on performance of gnotobiotically grown Artemia. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, Vol 310, Issue 2, 247-264, <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2004.04.009>.
49. Matos, M., & Gonçalves, M.P. (2015). Influence de la concentration en surfactant sur les propriétés des explosifs en émulsion. *Propulseurs, explosifs, pyrotechnie*, 40(4), 574-579.
50. McClements, D. J. (2015). *Food Emulsions: Principles, Practice, and Techniques* (3rd ed.). CRC Press.
51. McClements, D. J. (2018). Sustainable food emulsions: opportunities for bio-based materials. *Current Opinion in Food Science*, 21, 1-6.
52. McClements, D.J., & Decker, E.A. (2000). Oxydation des lipides dans les émulsions huile-dans-eau : impact de l'environnement moléculaire sur les réactions chimiques dans les systèmes alimentaires hétérogènes. *Journal of Food Science*, 65(8), 1270-1282.
53. McGee, H. (2004). *On Food and Cooking: The Science and Lore of the Kitchen*. Scribner.
54. Menger, F. M. (2005). *Emulsion Science: Basic Principles*. Springer.
55. Miller, D. D., & Welch, R. M. (2013). Food system strategies for preventing micronutrient malnutrition. *Food policy*, 42, 115-128.

56. Miranda MS, Cintra RG, Barros SB, Mancini Filho J. Antioxidant activity of the microalga *Spirulina maxima*. *Braz J Med Biol Res.* 1998 Aug; 31(8):1075-9. doi: 10.1590/s0100-879x1998000800007. PMID: 9777014. N Corbetta, PF Chamberlain, V Rai, IL Sargent... - The lancet, 1997 - thelancet.com
57. Morowitz HJ, AI Skoultchi (1964) . Information storage and survival of biological systems at temperatures near absolute zero (<https://ntrs.nasa.gov/citations/19650048300>)
58. Mourente, G., & Rodriguez, A. (1997). Effects of salinity and dietary DHA (22: 6 n-3) content on lipid composition and performance of *Penaeus kerathurus* postlarvae. *Marine Biology*, 128, 289-298. - Springer.
59. Nelson, D. L., Cox, M. M. Lehninger (2017). Principles of Biochemistry. 7th edition. W.H. Freeman and Company, (ISBN: 978-1319108249)
60. Peykaran Mana N, H Vahabzadeh, M Seidgar et al (2014). Proximate composition and fatty acids profiles of *Artemia* cysts, and nauplii from different geographical regions of Iran, *Iranian Journal of Fisheries Science*, 13 (3).
61. Pokorny, J., Yanevskaya, N. and Gordon, M.H. 2001 Antioxidants in food: practical applications, USA: CRC press.
62. Puglisi, J. D., Tinoco Jr, I. (2013). Physical Chemistry: Principles and Applications in Biological Sciences. 5th edition. Pearson, (ISBN: 978-0136056065)
63. Rafe, A., & Ramachandran, S. (2004). Effet du type d'émulsifiant et de la concentration sur la rhéologie d'émulsions huile dans eau stabilisées par un isolat de protéines de lactosérum. *Journal of Food Engineering*, 65(1), 57-64.
64. Rayner, M. (2011). Emulsifiers in Food Technology. Wiley-Blackwell.
65. Razafindrajona J.M., Rakotozandriny J.N., Rakotozandrindrainy R., Tsivingaina A., Randria J.N., Ramampihirika K.D. (2009). Influence de l'incorporation dans les provendes de la spiruline de Madagascar (*Spirulina platensis* var *toliaensis*) sur la croissance des poulets de chair, Mémoires de l'Institut océanographique Paul Ricard- Publication Scientifique 2009, Colloque International « Spiruline et développement », 28, 29 et 30 avril 2008, Toliara, Sud Ouest de Madagascar pages 141 – 156. Disponible aussi sur les deux sites webographiques suivants : http://www.institut-paul-ricard.com/Institut/image/colloque_spiruline_tulear.pdf <http://www.eraills.net/MG/biotec-et-innovation/spiruline-provende/.HG>Ouedraogo, B Savadogo, A Traore - academia.edu>
66. Rosoff, M. (2017). Food Emulsions: Principles, Practices, and Techniques. John Wiley & Sons.
67. Sagis, L. M. C., et al. (2017). Understanding Food Structuring from a Soft Matter Perspective. *Journal of Food Engineering*, 207, 34-41
68. Sahin, S., Sumnu, G., & Bayram, M. (2010). Effects of mixing and cooling conditions on quality of mayonnaise. *Journal of Food Engineering*, 101(3), 278-285.
69. Sanguansri, L., & Augustin, M. A. (2015). Nanostructured materials in the food industry. *Advances in Food and Nutrition Research*, 76, 95-153.
70. Seixas P, M Rey-Méndez, Luísa M.P. Valente, Ana Otero (2010). High DHA content in *Artemia* is ineffective to improve *Octopus vulgaris* paralarvae rearing. *Aquaculture*, Vol 300, Issues 1–4, 156-162 p, <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.12.021>.
71. Serventi, S., & Sabban, F. (2008). Pasta, Pane, Vino: Deep Travels Through Italy's Food Culture. Translated by Antony Shugaar. New York: North Point Press.
72. Shahidi, F., & Zhong, Y. (2010). Émulsions et microémulsions à base d'acides gras oméga-3. Dans les systèmes à base d'émulsion pour la distribution de composés actifs alimentaires (pp. 273-290). Publications AEC.
73. Shalaby, E. A., & Shanab, S. M. (2013). Comparison of DPPH and ABTS assays for determining antioxidant potential of water and methanol extracts of *Spirulina platensis*.
74. Sherman, P. (2010). Emulsion Science: Basic Principles (2nd ed.). Royal
75. Sorgeloos, P., & Beardmore, J. A. (1995). Correct taxonomic identification of *Artemia* species. *Aquaculture research*.
76. Tadros, T. F. (2015). Emulsions: Formation, Stability, Industrial Applications. Wiley-VCH.
77. Van Wormhoudt, A. (1995). *Artemia* as food in aquaculture. In I. Ahuja & N. G. J. Rees (Eds.), *Nutrition and Feeding in Fish* (pp. 319-334). Springer.
78. Vanhaecke, P. & Sorgeloos, P., 1980a. International Study on *Artemia*. 4. The biometrics of *Artemia* strains from different geographical origin. In: Persoone, G., Sorgeloos, P., Roels, O. & Jaspers, E. (eds.). *The brine shrimp Artemia*, 3. Universa Press, Wetteren: 393–405.
79. Vidalo JP (2008): Spiruline, l'algue bleue de santé et de prévention, ISBN : 9782716317573, 416 p, dauphin édition
80. Walstra, P. (2003). Physical chemistry of milk fat globules, interfaces in emulsions and colloidal aggregates. In P. F. Fox & P. L. H. McSweeney (Eds.), *Advanced Dairy Chemistry Volume 1A: Proteins: Basic Aspects* (3rd ed., pp. 295-320). New York, NY: Springer.

81. Walstra, P., Wouters, J.T.M., & Geurts, T.J. (2006). *Science et technologie laitières* (2e éd.). Presse CRC.
82. Ward Testa J., Gary Oehlert, David G. Ainley, John L. Bengtson, Donald B. Siniff et al (1991). Temporal Variability in Antarctic Marine Ecosystems: Periodic Fluctuations in the Phocid Seals, <https://doi.org/10.1139/f91-08>
83. Wilde, P.J., & Singh, H. (2010). Interactions entre protéines et polysaccharides lors du séchage par atomisation : un bilan. *Recherche alimentaire internationale*, 43(5), 1119-1128.
84. Wormhoudt A V, G Bourreau, G L Moullac, (1995). Amylase polymorphism in crustacea decapoda: electrophoretic and immunological studies, *Biochemical Systematics and Ecology*, Vol 23, Issue 2, 139-149, ISSN 0305-1978, [https://doi.org/10.1016/0305-1978\(94\)00090-4](https://doi.org/10.1016/0305-1978(94)00090-4).



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة مستغانم عبد الحميد ابن باديس
حاضنة الأعمال جامعة مستغانم



ملحق نموذج العمل التجاري

Fiche technique du projet :

Nomset prénoms	<ul style="list-style-type: none">▪ DAHLOUM Lahouari▪ BENAMEUR Qada<ul style="list-style-type: none">▪ Yahla Imène▪ KESSACI Fatimazohra▪ HAMCHERIF Nebia▪ ABDERRAHMANE Houria
Intituléduprojet	Développement d'uneémulsionalimentairetype Mayonnaise fortifiée avec les cystes décapsulés et de labiomasse d'Artémia , et de la Spirulinemicroencapsulée.
Numérodetéléphone	0656443628
Adresseemail	flavoregroup@gmail.com
Laville d'activité	Wilaya deMostaganem

La nature du projet

-Invention- Développement d'une sauce alimentaire type "Mayonnaise"

- Le problème à résoudre soutenu par des données et des statistiques:

❖ Problématique

Le marché des mayonnaises commerciales est saturé de marques conventionnelles qui offrent peu d'innovation en termes d'ingrédients et de valeur nutritionnelle. La plupart des mayonnaises disponibles sur le marché contiennent des ingrédients artificiels, des conservateurs et des additifs, ce qui ne répond pas aux attentes croissantes des consommateurs en matière de produits alimentaires sains et de qualité supérieure.

Cependant, malgré cette demande croissante pour des produits alimentaires plus sains, les consommateurs ont encore du mal à trouver une mayonnaise qui associe à la fois le goût délicieux, la texture crémeuse et les bienfaits nutritionnels. C'est là que FLAVOR entre en jeu avec sa proposition de mayonnaise à base de spiruline et d'Artemia.

❖ Différenciation

La spiruline, une algue riche en protéines et en nutriments essentiels, est reconnue pour ses avantages pour la santé. Elle contient une quantité élevée d'antioxydants, de vitamines et de minéraux, ce qui en fait un ingrédient exceptionnel pour une mayonnaise plus nutritive. De plus, l'Artemia, une source naturelle d'acides gras oméga-3 et de protéines, ajoute une dimension gustative unique à notre produit.

La proposition de valeur de FLAVOR repose sur la combinaison innovante de ces ingrédients pour créer une mayonnaise délicieuse, saine et respectueuse de l'environnement. Notre produit offre aux consommateurs une alternative supérieure aux mayonnaises traditionnelles, en répondant à leur besoin de produits alimentaires de qualité et en les aidant à maintenir un mode de vie sain.

❖ Impact

En choisissant FLAVOR, les consommateurs peuvent avoir la certitude de consommer une mayonnaise qui non seulement ravira leurs papilles gustatives, mais qui contribuera également à leur bien-être global. En offrant une option plus saine et plus nutritive, nous souhaitons encourager les consommateurs à adopter de meilleurs choix alimentaires et à se tourner vers des alternatives plus durables.

Plus généralement, le marché actuel de la mayonnaise commercialisée ne répond pas pleinement aux attentes des consommateurs en matière de qualité, de nutrition et de durabilité. FLAVOR vise à combler ce vide en proposant une mayonnaise à base de spiruline et d'Artemia, qui offre une expérience gustative exceptionnelle tout en offrant des bienfaits pour la santé. Notre objectif est de révolutionner le marché des mayonnaises en fournissant un produit novateur et de haute qualité qui répond aux besoins croissants des consommateurs soucieux de leur santé et de l'environnement.



Notre proposition de valeur

Nous sommes passionnés par la création d'une mayonnaise de haute qualité qui transforme les repas en expériences culinaires exceptionnelles. Notre mission est de réinventer la mayonnaise en offrant des saveurs uniques, des ingrédients naturels et une expérience gustative inégalée.

Qualité supérieure : La Mayonnaise FLAVOR développée est une Mayonnaise plus saine. FLAVOR est fortifiée avec de la spiruline libre ou microencapsulée et des cystes d'Artemia décapsulés, et de la biomasse d'Artemia lyophilisée. L'association de microcapsules de spiruline et des cystes d'Artemia dans la Mayonnaise comme ingrédients naturels fournit une composition optimale en termes d'acides gras Oméga 3, acides aminés essentiels, vitamines, minéraux (fer et magnésium en particulier) et antioxydants naturels (phycocyanine).

Nous nous engageons à n'utiliser que des ingrédients de la plus haute qualité pour garantir une mayonnaise délicieuse et saine. Notre produit est élaboré à partir d'huiles végétales d'excellente qualité et d'œufs fermiers frais provenant de sources responsables.

Saveurs innovantes: Nous repoussons les limites de la mayonnaise traditionnelle en proposant des saveurs audacieuses et créatives qui éveillent vos papilles et vous transportent vers de nouvelles dimensions gustatives. En combinant des ingrédients de première qualité, un savoir-faire artisanal et une attention méticuleuse aux détails, notre produit offre une proposition de valeur inégalée. Nous avons une gamme diversifiée pour satisfaire tous les palais et ajouter une touche spéciale à chaque plat. Avec notre produit, préparez-vous à redéfinir votre relation avec la nourriture et à savourer le plaisir pur et exquis de chaque repas. "Bienvenue dans une nouvelle ère de délices gastronomiques".

Expérience culinaire : Nous ne considérons pas la mayonnaise simplement comme une sauce d'accompagnement. Nous la voyons comme un ingrédient essentiel pour améliorer la saveur et la texture des plats. En utilisant notre mayonnaise, les chefs et les amateurs de cuisine peuvent créer des recettes uniques et délicieuses qui raviront leurs papilles.

Engagement envers la durabilité : Nous nous soucions de l'environnement et de notre impact sur la planète. C'est pourquoi nous nous engageons à minimiser notre empreinte écologique en soutenant des pratiques de production durables.

Personnalisation : Nous comprenons que chaque personne a des préférences différentes en matière de goût et d'alimentation. C'est pourquoi nous offrons des options de personnalisation, permettant à nos clients de choisir les ingrédients et les saveurs qui correspondent le mieux à leurs besoins et à leurs envies.

Nous sommes convaincus que notre mayonnaise exceptionnelle et nos valeurs distinctives feront de FLAVOR le choix évident pour tous les amateurs de mayonnaise à la recherche d'une expérience culinaire unique et authentique.

"Savor the pleasures of FLAVOR and discover a symphony of FLAVOR in each dish"

Quels autres projets ciblant le même problème ont été mis en œuvre ?

Projet d'élaboration de barres énergétiques à la spiruline

Description : La barre énergétique à la spiruline est une collation saine et délicieuse qui associe les bienfaits de la spiruline à une combinaison d'ingrédients nutritifs. Chaque barre est spécialement formulée pour fournir une dose concentrée de vitamines, de minéraux et de protéines essentiels à une alimentation équilibrée.

Ingrédients principaux

Spiruline : La spiruline est une algue bleue-verte riche en protéines, en vitamines (notamment la vitamine B12), en minéraux (comme le fer et le magnésium) et en antioxydants. Elle est connue pour ses propriétés nutritionnelles exceptionnelles et est souvent considérée comme un superaliment.

Fruits à coque : Un mélange de noix et de graines, tels que des amandes, des noix de cajou et des graines de tournesol, qui apporte des acides gras insaturés, des fibres et des protéines.

Dattes : Les dattes fournissent des glucides naturels pour une énergie rapide et durable, ainsi que des fibres et des minéraux comme le potassium.

Miel : Utilisé comme édulcorant naturel, le miel apporte une douceur agréable tout en fournissant des antioxydants et des enzymes bénéfiques.

Cacao : Le cacao, en poudre ou en pépites, est une source de magnésium, de fer et d'antioxydants, et ajoute une saveur chocolatée à la barre.

Avantages du produit :

Apport nutritionnel élevé : La spiruline est riche en protéines et en nutriments essentiels, ce qui en fait un excellent complément alimentaire.

Source d'énergie durable : Les dattes et les fruits à coque fournissent des glucides complexes et des graisses saines pour une libération d'énergie progressive.

Pratique et portable : Les barres énergétiques sont faciles à transporter et constituent une collation pratique pour les déplacements, les séances d'entraînement ou les pauses au bureau.

Sans additifs artificiels : Le produit est formulé sans colorants, arômes ou conservateurs artificiels, offrant ainsi une option naturelle et saine.

Utilisation suggérée : La barre énergétique à la spiruline peut être consommée comme collation entre les repas, avant ou après une activité physique, ou chaque fois que vous avez besoin d'un regain d'énergie et de nutriments.

2/Segments de clientèle

- Qui sont nos clients les plus importants ? À qui dirigeons-nous la valeur? (préciser en détail)

Pour notre mayonnaise "FLAVOR" à base de spiruline libre ou microencapsulée et de la biomasse et des cystes d'Artemia décapsulés, voici quelques segments de clients qui pourraient être importants pour notre Startup :

- Les consommateurs soucieux de leur santé : Les personnes qui accordent une grande importance à leur santé et à leur bien-être seraient des clients clés pour notre produit. Notre mayonnaise à base de spiruline et d'Artemia offre des avantages nutritionnels, tels que des protéines, des acides gras essentiels et des antioxydants, qui répondent aux attentes des consommateurs soucieux de leur alimentation.
- Les adeptes du mode de vie sain : Les personnes qui adoptent un mode de vie sain, qui pratiquent une alimentation équilibrée et qui cherchent des alternatives plus saines pour leurs condiments seraient également intéressées par notre mayonnaise à base d'ingrédients naturels. Notre produit peut constituer une option attrayante pour ceux qui veulent se faire plaisir tout en maintenant une alimentation équilibrée.
- Les amateurs de produits écologiques : Notre proposition de valeur écologique, en utilisant des ingrédients naturels et en soutenant des pratiques de production durables, attirera les consommateurs soucieux de l'environnement. Les personnes qui privilégient les produits respectueux de l'environnement seront sensibles à cette caractéristique de notre mayonnaise.
- Les gastronomes et les chefs cuisiniers : Les personnes passionnées par la cuisine et l'expérimentation culinaire seront attirées par notre mayonnaise à base de spiruline et d'Artemia pour ajouter une touche unique à leurs recettes. Notre produit offre une possibilité d'innovation culinaire en apportant des saveurs et des textures nouvelles à différents plats.
- Les restaurants et les établissements alimentaires : Les professionnels de la restauration et les établissements alimentaires qui cherchent à offrir des options de condiments de haute qualité à leurs clients pourraient être des clients importants pour notre startup. Notre mayonnaise à base de spiruline et d'Artemia peut être un choix attrayant pour les chefs qui veulent se démarquer en proposant des plats créatifs et sains.

- Quelle est la nature de cette solution au problème, est-ce des valeurs qualitatives ou quantitatives ?

La création de notre startup de mayonnaise fortifiée en spiruline et en Artemia peut résoudre à la fois des problèmes qualitatifs et quantitatifs.

- ✓ *Problèmes qualitatifs* : Notre produit peut contribuer à résoudre des problèmes qualitatifs liés à l'alimentation et à la santé. En offrant une mayonnaise à base d'ingrédients naturels et nutritifs tels que la spiruline et l'Artemia, nous proposons une alternative plus saine aux mayonnaises traditionnelles. Nous mettons en avant les avantages pour la santé tels que la richesse en protéines, en acides aminés essentiels et en micronutriments. En offrant une option plus qualitative, notre produit peut aider les consommateurs à adopter un mode de vie plus sain et à combler les lacunes

nutritionnelles dans leur alimentation.

- ✓ *Problèmes quantitatifs* : Notre startup peut également contribuer à résoudre des problèmes quantitatifs liés à la disponibilité de sources de protéines durables et à la sécurité alimentaire. La spiruline et l'Artemia sont des ingrédients qui peuvent être cultivés de manière durable et efficace, ce qui en fait des sources potentielles de protéines alternatives pour l'industrie alimentaire. En utilisant ces ingrédients dans notre mayonnaise, nous contribuons à réduire la dépendance aux sources de protéines conventionnelles qui peuvent être limitées en termes de disponibilité et de durabilité. De plus, la culture de la spiruline peut également contribuer à la sécurité alimentaire en fournissant une excellente source de nourriture nutritive dans les régions où les ressources sont limitées.

Plus généralement, grâce à notre engagement envers la qualité, notre approche innovatrice permettra de répondre aux besoins et aux préoccupations des consommateurs algériens en matière de nutrition tout en apportant une valeur ajoutée sur le marché agroalimentaire.

3. Relation clients

Nous nous efforçons de personnaliser notre produit en fonction des désirs et des besoins de nos clients. En d'autres termes, notre objectif est de répondre aux exigences spécifiques de chaque client à travers notre produit. Notre priorité absolue est de garantir la satisfaction du client et de maintenir sa confiance envers notre produit.

❖ **Pour attirer l'attention des clients sur notre mayonnaise fortifiée avec de la spiruline et de l'Artemia, nous adopterons les stratégies suivantes :**

a. Marketing ciblé : Identifiez notre public cible, tels que les consommateurs soucieux de leur santé, les adeptes du mode de vie sain, les personnes intéressées par les aliments fonctionnels, etc. nous devons adapter nos messages marketing et nos canaux de communication en fonction de ces segments spécifiques pour maximiser leur impact.

b. Positionnement unique : nous mettons en avant les caractéristiques uniques de notre produit, comme sa teneur élevée en protéines, en acides gras oméga-3 et ses bienfaits pour la santé. Nous devons aussi communiquer sur les aspects innovants, tels que l'utilisation de la spiruline et de l'Artemia, pour nous différencier des autres marques de mayonnaise existantes sur le marché.

c. Marketing digital : Via les médias sociaux, les sites web, les blogs et d'autres canaux numériques pour créer une présence en ligne forte. Nous partageons du contenu informatif, des recettes, des témoignages de clients satisfaits et nous organisons des concours ou des promotions pour susciter l'intérêt des consommateurs.

d. Dégustations et échantillons gratuits : par l'organisation des dégustations dans des supermarchés, des foires ou des événements culinaires pour permettre aux clients potentiels de goûter notre mayonnaise innovante. Nous devons distribuer également des échantillons gratuits dans des endroits stratégiques pour stimuler l'essai de notre produit.

❖ **2. Pour inciter un client à acheter votre produit ou service de mayonnaise innovante fortifiée, vous pouvez adopter les stratégies suivantes :**

a. Valorisation des avantages : Nous mettons en avant les bénéfices uniques de notre mayonnaise, tels que sa valeur nutritionnelle, son goût délicieux, sa qualité supérieure et son caractère innovant. Nous expliquons comment notre produit peut répondre aux besoins des clients en matière de santé, de goût et de praticité.

b. Offres promotionnelles : en proposant des remises, des offres groupées ou des coupons de réduction pour encourager l'achat de notre produit. Nous envisagerons également la création des programmes de fidélité pour récompenser les clients réguliers.

c. Témoignages et recommandations : Par la collecte et la mise en avant des témoignages positifs de clients satisfaits, que ce soit par le biais de commentaires en ligne, de vidéos ou de témoignages écrits. Les recommandations et les expériences positives des autres clients peuvent avoir un fort impact sur la décision d'achat des consommateurs potentiels.

d. Communication claire : Nous devons nous assurer que les informations sur notre produit, telles que les avantages, les ingrédients, les certifications, les instructions d'utilisation, seront facilement accessibles et clairement communiquées sur l'emballage, le site web, les brochures ou tout autre support de communication.

❖ **3. Comment le client profite-t-il de notre produit ou service ?**

Pour que le client profite pleinement de notre mayonnaise innovante fortifiée, nous devons prendre les

mesures suivantes :

a. Recettes et suggestions d'utilisation : Fournir aux clients des recettes créatives et des suggestions d'utilisation de notre mayonnaise innovante. Cela les aidera à tirer le meilleur parti de notre produit et à l'incorporer facilement dans leur alimentation quotidienne.

b. Informations nutritionnelles détaillées : les informations nutritionnelles de notre mayonnaise doivent être clairement indiquées sur l'emballage. Cela permettra aux clients de comprendre les bienfaits nutritionnels qu'ils obtiennent en consommant notre produit.

c. Contenu éducatif : via le partage des articles, des blogs ou des vidéos éducatives sur les avantages de la spiruline, de l'Artemia et des autres ingrédients de notre mayonnaise. Nous devons aussi informer les clients sur les raisons pour lesquelles notre produit est bénéfique pour leur santé et comment il peut s'intégrer dans un mode de vie sain.

❖ **4. Quelles sont les méthodes utilisées pour le service après-vente de notre produit ou service ?**

Pour assurer un bon service après-vente de notre produit mayonnaise innovante fortifiée, nous envisagerons la mise en place des éléments suivants :

a. Support client réactif : par la mise en place d'un service client réactif, disponible via différents canaux tels que téléphone, email ou médias sociaux, pour répondre aux questions, résoudre les problèmes ou recueillir les commentaires des clients.

b. Programme de suivi des clients : en établissant un programme de suivi des clients pour obtenir des commentaires sur leur expérience avec notre produit. Nous pouvons aussi utiliser des enquêtes, des sondages ou des avis en ligne pour collecter ces informations et les utiliser pour améliorer notre produit.

c. Politique de retour ou de remboursement : en définissant une politique claire de retour ou de remboursement pour les clients insatisfaits.

d. Engagement continu : Nous devons rester en contact avec nos clients par le biais de réseaux sociaux ou d'autres moyens de communication, en leur fournissant des informations sur les nouveaux développements, les améliorations de produit ou les offres spéciales pour les fidéliser et les maintenir intéressés par notre marque.

En mettant en œuvre ces stratégies, nous pourrions attirer l'attention des clients, les inciter à acheter notre produit, leur permettre de profiter pleinement de celui-ci.



Figure1: Lenomcommercialdenotre Mayonnaise



Figure 2: Emballage en verre de la Mayonnaise Flavor



Figure 5: Design de l'emballage de Flavor



Figure6 : 1ère affiche publicitaire pour la mayonnaise flavor

4. Canaux

4.1. Mécanismes et méthodes pour informer nos produits

En effet, il est essentiel de déterminer les canaux et les mécanismes pour informer le public de notre produit alimentaire. Principalement la démarche adoptée consiste à utiliser pleinement

- Les Canaux de communication en ligne.

- Site web : en créant un site web attrayant et informatif pour présenter notre startup, notre produit.
- Médias sociaux : en utilisant des plateformes populaires telles que Facebook, Instagram, Twitter et LinkedIn pour promouvoir notre produit, partager des recettes, des conseils et interagir avec notre public cible.
- Blog : En tenant un blog régulier sur notre site web pour partager des articles informatifs sur les bienfaits de la spiruline et de l'Artemia, des idées de recettes et des actualités liées à notre startup.
- le délégué médicale : est très important pour la distribution de produit dans les alimentations ,les resturants , les hotel et dons les salon internationaux afin de présenter notre produit .

Canaux de communication hors ligne :

- Points de vente physiques : en cherchant des partenariats avec des magasins d'aliments naturels, des épicerie fines ou des supermarchés spécialisés dans les produits bio pour distribuer notre mayonnaise.
- Événements et salons : nous devons participer à des événements, des salons ou des foires alimentaires pour présenter notre produit, interagir avec les consommateurs et établir des relations avec d'autres acteurs de l'industrie.
- Relations publiques : en travaillant avec des agences de relations publiques pour promouvoir notre startup et obtenir une couverture médiatique dans les journaux, les magazines, les émissions de télévision ou de radio.

Mécanismes et méthodes pour informer le public :

- Emballage attrayant : Nous veillons à la conception d'un emballage accrocheur et informatif qui met en valeur les ingrédients et les avantages de notre mayonnaise à base de spiruline et d'Artemia.

- Étiquetage clair : les informations nutritionnelles, et toute autre information pertinente doivent être clairement visibles sur l'emballage de notre produit.
- Dégustations et échantillons gratuits : par l'organisation des dégustations dans les points de vente ou lors d'événements pour permettre aux consommateurs de goûter notre produit.
- Campagnes de marketing numérique : Lancez des campagnes de marketing en ligne ciblées, telles que des publicités payantes sur les médias sociaux, pour atteindre un public spécifique et augmenter la visibilité de notre marque.

En combinant une présence en ligne solide, une distribution stratégique et des efforts de communication ciblés, nous serons en mesure d'informer efficacement le public sur notre marque de mayonnaise et d'attirer l'attention sur notre startup.

4.2.Canaux de distribution préférés des clients:

Les canaux de distribution préférés des clients peuvent varier en fonction de plusieurs facteurs, notamment les préférences des consommateurs et les tendances du marché. Pour Notre mayonnaise innovante fortifiée, nous identifions les canaux de distribution couramment utilisés et populaires auprès des clients :

- Magasins physiques : Les points de vente traditionnels, tels que les supermarchés, les épiceries, les boutiques spécialisées et les magasins d'aliments naturels, restent populaires pour l'achat de produits alimentaires. Les clients apprécient la possibilité de voir et de toucher les produits avant de les acheter, ainsi que la proximité géographique et la commodité d'accès.
- Commerce électronique : L'essor du commerce en ligne a considérablement changé les habitudes d'achat des consommateurs. Les plateformes de commerce électronique, telles que les sites web de vente en ligne, les applications mobiles et les marketplaces, offrent une grande commodité, une accessibilité 24/7 et une variété de choix.
- Abonnements et livraison régulière : Les services d'abonnement et de livraison régulière gagnent en popularité, en particulier pour les produits alimentaires. Les clients peuvent s'abonner pour recevoir régulièrement notre produit, généralement à des intervalles préétablis, ce qui leur offre une commodité supplémentaire et leur assure un approvisionnement continu.
- Restaurants: La distribution de notre mayonnaise à des restaurants, des hôtels et d'autres établissements de restauration peut être un canal de distribution pertinent. Les chefs et les professionnels de l'alimentation apprécient les produits de qualité et les ingrédients innovants pour leurs menus.
- Vente directe : La vente directe peut également être une option, notamment lors de la participation à des événements, des marchés fermiers ou des foires alimentaires. Cela nous permet d'interagir directement avec les clients, de leur faire déguster notre mayonnaise et de leur fournir des informations personnalisées.

Plus généralement, une présence à la fois en ligne et hors ligne peut être bénéfique pour toucher différents segments de clientèle et répondre à leurs besoins spécifiques.

- E-mail commercialisé: **flavoregroup@gmail.com**
- Facebook : **FlavoreGroupe**
- Instagram: **flavore_Groupe**



Figure7: Carte visitée de notre Satrtup

5. Key partners

5.1. Les principaux partenaires:

1. Sociétés ENASEL (salines de RELIZANE et salines de Bethioua)
2. Entreprise de AQUAYATE pour spiruline. « 0665131535 » à bechar.
3. Signature d'un accord avec des agences de publicité et de communication. « 0793169014 » « 0549325104 » Email: graph-imp@outlook.com, Adresse Rue ghorbal Madani, mohammadiamascara.
4. Laboratoire des analyses et contrôle de qualité
5. Banque , ANAD, ASF.
6. CNAS , CASNOS
7. Startup DZ , KATI
8. Le propriétaire de locaux .
9. ADE Mostaganem .
10. Sonelgaz

5.2. Principaux fournisseurs

1. Fournisseur d'huiles végétales
2. Fournisseurs d'oeufs
3. Fournisseur d'emballage (bocaux en verre)
4. Fournisseur de produits de laboratoire Tél (0771514109), sialchim_tlm@yahoo.fr

6. Activités principales

6.1. Les principales étapes de fabrication :

La marque et le prosédure de nom de marque et l'enterprise et aussi la protection intellectuelle

- 1) L'achat des machines de fabrication
- 2) L'achat du matières premières: La spiruline, huile, oeufs, moutarde, sel, sucre, poivre, jus de citron, amidon; tomate concentrée, autres additifs.
- 3) Fabrication de la mayonnaise Flavor
- 4) Technique de microencapsulation de la spiruline
- 5) Technique de décapsulation des cystes
- 6) Embalage de la mayonnaise Flavor
- 7) La vente et la distribution

7. Ressources clés

7.1. Ressources physiques

Ressources	La source (locale ou étrangère)	Fournisseur
Les ingrédients (huile de tournesol, œufs fermiers (caille, cane, poule))	Locale	Mostefa Haouali Mohammadia (Mascara) Tél: 0556449767
Spiruline sèche	Locale	AQUAYATE Béchar Tél: 0665131535 »
Cystes d'artémia, biomasse	Locale et/ou étrangère	- Algérie: ENASEL Relizane, Bethioua (prélèvement à partir des salines) - Chine
Bocaux en verre pour l'emballage de la mayonnaise	Locale	Abdelsamie 0660192206 AZPUBORAN (tél: 0794947766)
Camionnette	Local	Location
Matériel de Laboratoire et produits chimiques	Local	Fournisseur Wilaya de Telmcen « Tél: 0771514109 » Sialchim_tlm@yahoo.fr
Machines de l'entreprise	Local	SARL KLEIN FAB www.KLEINFAB.DZ 0560093990 Bir eldjiroran

Matériel de bureau	local	Karim Ben Benkamla Benkamlakarim25@gmail.com 80rueFernandfôrestoran
--------------------	-------	--

7.2. Ressources humaines

Le nombre d'employés varie bien entendu en fonction de la taille de notre entreprise, de la capacité de production prévue, de la complexité des opérations et de nos objectifs commerciaux. Au départ, nous comptons démarrer avec un effectif réduit et de faire évoluer notre équipe en fonction de la croissance de notre entreprise. avec le démarrage du projet nous n'aurons pas besoin d'un grand nombre de travailleurs nous les partenaires prendrons en charge la majeure partie du travail car nous avons répartie les rôles en fonction de les capacités des partenaire:

- HAMCHERIF NEBIA: Gestion administrative et économique
- KESSACI FATIMA ZOHRA: Responsable production et contrôle de la qualité hygiénique du process de fabrication
- ABDERAHMANE HOURIA : Marketing et commercialisation

Pour notre première année d'activité au sein de notre startup, nous prévoyons recruter les

- un agent de sécurité pour la protection de nos locaux et à la sécurisation de nos ressources.
- Un chauffeur sera également essentiel pour assurer les déplacements nécessaires et garantir la fluidité de nos opérations.
- Une femme de ménage jouera un rôle crucial dans le maintien d'un environnement propre et bien entretenu au sein de nos locaux.
- Enfin, nous aurons un employé spécialisé dans la production et le stockage, qui sera chargé de la création et de la gestion de nos produits.

Ces catégories de travailleurs, soigneusement sélectionnées, constituent le socle de notre startup et contribueront à son bon fonctionnement dès le début de notre activité.

7.3. Ressources financières

Ressource financière	Besoin
Electricité, eau et gaz	
Location	Durée 3 ans renouvelable (40000 DA/mois)
Les caméras de surveillance	03
Matériel de bureau (PC, -Imprimante couleur)	1 pc + 1 imprimante
Equipement de production de mayonnaise	Des machines de Capacité plus de 140kg/jour

8. La structure des coûts

8.1. Les coûts

Frais d'établissement	ND
Frais d'ouverture de compteurs (eaux-gaz-...)	600DA par jour 54000.00DA/3mois alors 20000.00 par mois
Logiciels, formations	ND
Dépôt marque, brevet, modèle	ND
Droits d'entrée	ND
Achat fonds de commerce ou parts	ND
Droit au bail	Loyer 40000.00DA/mois
Caution ou dépôt de garantie	ND
Frais de dossier	ND
Frais de notaire ou d'avocat	30000.00DA
Enseigne et éléments de communication	-Sponsorisation 4000 DA -Site Web 35000.00DA
Achat immobilier	100000.00
Travaux et aménagements	ND
- Matériel de production (y compris le matériel de laboratoire)	1000000000,00DA
Matériel de bureau (Ordinateurs, Imprimantes)	100000,00 DA
Stock de matières et produits	Ingrédients 68200.00DA/jour Soit 2046000.00DA/mois
Trésorerie de départ	1000000.00/mois
Total	13371400.00DA

8.2. Vos dépenses ou frais fixes pour votre projet

Assurances	01 employé: 2200.00DA/ trimestre 04 employés: 3000.00 DA/ trimestre
Téléphone, internet	2000.00 DA/mois
Autres abonnements	ND
Carburant, transports	60000.00DA/mois
Frais de déplacement et Hébergement	ND
Eau, électricité, gaz	600.00 DA/jour, soit 18000.00DA/mois

Mutuelle	ND
Fournituresdiverses	ND
Entretienmatérielvétéments	10000.00DA/mois
Nettoyagedes locaux	Control de l'hygiène chaque mois 20000.00Da
BudgetpublicitéetCommunication	50000.00DA
Total 163000,00 DA	

8.3. Salaires des employés et des dirigeants de l'entreprise:

Salaires employés	1500DA/jour
Rémunération nette Dirigeant, (les responsables de l'Enterprise)	20% du revenu net pour chaque dirigeant alors 4 dirigeants =80% et 20% pour le développementdel'entreprise

1. Calcul des revenus

- Vente des pots de mayonnaise : Nombre de pots vendus par jour = 30 cartons x 12 pots = 360 pots
- Revenu quotidien des pots = Nombre de pots vendus x Prix de chaque pot = 360 pots x 230DA = **82800.00 DA**
- Vente des petits sachets de mayonnaise : Nombre de sachets vendus par jour = 100cartons x 50 sachets = 5,000 sachets
- Revenu quotidien des sachets de mayonnaise = Nombre de sachets vendus x Prix de chaque sachet = 5,000 sachets x 15 DA = **75000 DA**
- Revenu total quotidien = Revenu des pots + Revenu des sachets = 82800.00 DA + 75000.00 DA = **157800.00 DA**

2. Calcul des coûts

- Coût des ingrédients pour les pots de mayonnaise par jour = 120 DA / une boîte et 43200.00 DA pour 360 pots .
- Coût des ingrédients pour les sachets de mayonnaise par jour = 5DA/ une sachet et 25000.00 DA
- Coût salarial des employés par jour = **6000 DA /jour**
- Coût du loyer par jour = **1330 DA /jour**
- Coût de l'électricité .gaz eau par jour = **600 DA /jour**
- Coût de livraison par jour = **2000 dinars algériens/jou**
- Coût de l'assurances pour 1 employé: 2200.00DA/ trimestre, soit 4 employés: 3000.00 DA/ trimestre, équivaut à **97 DA / jour.**

•

3. Calcul du bénéfice :

Bénéfice quotidien = Revenu total quotidien - Coûts totaux quotidiens
157800.00DA - (68200.00DA+ 10027.00DA)= Le bénéfice de la vente quotidienne de la mayonnaise serait donc
79573.00 DA/jour

9. Sources de revenus

Dans le cadre de notre projet de startup de mayonnaise innovante à base d'Artemia et de spiruline, les principales sources de revenus que nous pouvons envisager sont:

1. Vente directe aux consommateurs par le biais de points de vente physiques, tels que des supermarchés, des épiceries spécialisées ou des stands sur les marchés locaux.
2. Vente en ligne : Par la mise en place d'une plateforme de vente en ligne.
3. Vente en gros : Établissez des partenariats avec des distributeurs, des restaurants, des hôtels ou d'autres entreprises du secteur alimentaire qui souhaitent incorporer notre mayonnaise innovante dans leurs produits ou services. La vente en gros nous permettra de réaliser des ventes plus importantes en une seule transaction.
4. Vente aux entreprises : Ciblez les entreprises qui ont besoin de grandes quantités de mayonnaise pour leur service de restauration ou leurs événements. Proposez des offres et des tarifs spéciaux pour les commandes en gros ou récurrentes.
5. Partenariats de marque : Collaborez avec d'autres marques alimentaires ou partenaires de l'industrie pour créer des éditions spéciales de notre mayonnaise ou pour intégrer notre produit dans des offres promotionnelles conjointes. Cela peut nous aider à atteindre de nouveaux segments de marché et à renforcer notre visibilité.
6. Produits dérivés : Nous explorerons la possibilité de développer des produits dérivés de notre mayonnaise innovante, tels que des sauces à base de spiruline et d'Artemia, des marinades ou des condiments spéciaux. Cela peut diversifier nos sources de revenus et offrir des options supplémentaires aux consommateurs.

Ces différentes sources de revenus peuvent être adaptées en fonction de notre stratégie commerciale, de notre marché cible et des objectifs spécifiques. Il est important de comprendre notre public cible et de développer des canaux de distribution qui leur conviennent le mieux, tout en veillant à maintenir la qualité et l'innovation de notre produit

9.1.Revenu total

Les chiffres par jour (au minimums)

Déclaration	Valeurs
Le nombre d'unités produites	360 pots de mayonnaise 100 cartons contenant 50 pièces de petits sachets de mayonnaise (15g) chacun
Prix de vente	Pot de mayonnaise: 230.00 DA Carton de 50 petits sachets :750DA)
Revenu global	157800.00Da /jour 79573.00Da / jours des revenu nette

9.3. Evolution du volume d'affaires sur une période de 5 ans

