

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل

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



Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur

Domaine : Science de la Nature et de la Vie

Filière : Hydrobiologie Marine et Continental

Spécialité : Biotechnologie Marine

Thème :

**Élaboration d'un couscous à base de macro  
algue destiné aux diabétiques et aux insulino-  
résistants**

Réalisé par :

- GUETARNI Naila
- SBAI Fatene

Soutenu le 01 /07/ 2025, Devant le jury composé de

Mme MEHDID S.	MAA	ENSSMAL	Présidente
Mme BAHBAH L.	MCA	ENSSMAL	Examinatrice
Mme OUAFI L.	MCA	ENSSMAL	Promotrice
Mme MERRAD A.	MAA	ENSSMAL	Co promotrice

Année Universitaire 2024/2025

## REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, nous souhaitons exprimer nos remerciements :

Nous débutons ce travail en rendant grâce à Dieu Tout-Puissant pour nous avoir permis de mener à bien notre projet de fin d'études. Nous le remercions pour la patience et la détermination qu'il nous a accordées afin d'atteindre ce niveau d'accomplissement (EL Hamdoulillah).

Ce travail a été effectué dans le cadre de notre projet de fin d'études, sous la supervision de notre promotrice, Madame **OUAFI Leila**, que nous remercions sincèrement. Nous lui profondément reconnaissants de nous avoir suggéré le thème de ce travail, qui nous a permis d'enrichir nos connaissances scientifiques et de développer nos compétences en recherche. Son accompagnement et sa disponibilité tout au long de ce projet ont constitué un soutien précieux pour nous.

Nous souhaitons également exprimer notre profonde gratitude à notre Co promotrice Madame **MERAD Anissa**, pour ses conseils judicieux, son encadrement strict et sa contribution inestimable à la réussite de ce projet.

Nous exprimons également notre gratitude aux membres du jury Madame **BAHBAH Lamia**, Madame **MEHDID Sonia**, pour l'honneur qu'ils nous accordent en acceptant d'évaluer ce travail et pour le temps qu'ils y consacreront.

Nous exprimons également notre gratitude envers l'ensemble du personnel du laboratoire, ainsi que les ingénieurs et techniciens qui ont participé à la réalisation des analyses et des expériences requises, notamment : Monsieur **Nouredinne**, Madame **Houda**, Madame **Refes**, Madame **Fariza**, Madame **Idalia**, Madame **Alane**.

# *Dédicace*

À ceux qui occupent la place la plus chère dans mon cœur, **À ma mère et à mon père**,  
Vous êtes la lumière qui a illuminé mon chemin, Le pilier sur lequel je me suis toujours reposée.  
Grâce à votre amour, votre patience et vos prières, J'ai réussi à atteindre cette étape importante de  
ma vie, Vous avez été ma force dans mes moments de faiblesse,  
Ma sérénité dans mes instants de peur, et l'espoir quand je désespérais. Vous avez été la main qui  
s'est tendue pour me relever chaque fois que je suis tombée,  
Et la voix qui m'a encouragée à chaque recul. Si le succès avait un cœur, il battrait à vos noms.  
Aucun mot ne suffit pour exprimer ma reconnaissance, car chaque mot de ce travail porte  
l'empreinte de votre dévouement.  
Aujourd'hui, je réalise mon rêve de devenir ingénieure en biotechnologie, Grâce à vos efforts,  
votre soutien et vos prières constantes.  
Je vous remercie du plus profond de mon cœur, et je prie pour que Dieu vous garde près de moi,  
Comme une couronne sur ma tête pour toujours vous aime d'un amour que les mots ne peuvent  
contenir, et que les pages ne sauraient renfermer.

Je tiens à dédier ce travail à **mes frères Anas et Mohammed**, qui m'ont apporté un soutien  
précieux et une source d'inspiration. Leur croyance en moi quand je doutais a été un moteur pour  
persévérer. Merci pour tout.

À mes précieux amis **immy, naila, imane, maissa, souha, nesrine, meriem, fatma, souad**

Merci d'avoir été à mes côtés dans chaque étape de ce parcours.

Votre soutien, votre joie et vos encouragements ont été une source inépuisable de motivation,  
et tous les beaux moments partagés ensemble resteront gravés dans mon cœur.

Je suis reconnaissante d'avoir des amis comme vous, qui rendent la vie plus belle.

À cette âme qui m'a accompagnée en silence. Lumière douce dans mes ombres, soutien discret et  
inoubliable merci

# *Dédicace*

**Mon père** Ce mémoire est le reflet d'un chemin parcouru avec courage, patience et espoir

Un chemin que je n'aurais jamais pu emprunter sans mon père

Papa, si j'ai atteint cette étape de ma vie, c'est avant tout grâce à toi, à ton amour constant, à ton soutien silencieux et à tes sacrifices invisibles. Le titre que je reçois aujourd'hui ne porte pas seulement mon nom. Il porte le tien.

Il incarne la force que tu m'as transmise, la persévérance que tu m'as enseignée, et l'amour que tu m'as donné sans compter.

Chaque fois que j'ai douté, c'est ta voix qui m'a guidée. Chaque fois que j'ai faibli, c'est ton regard qui m'a portée.

Tu es mon pilier, ma fierté, mon inspiration. Ce travail t'est dédié, à toi qui m'as tout donné, avec toute la tendresse et la reconnaissance de ta fille.

## **À ma mère**

Tu es la première personne qui a cru en moi.

Bien avant que j'atteigne cette étape, tu savais déjà que j'y arriverais grâce à ta foi, ton regard et ton amour.

Merci pour ton soutien, ton appui, ton accompagnement dans chaque moment de ma vie.

Merci d'être dans ma vie.

**À mes sœurs, Sarah et Meriem**, avec qui j'ai grandi, étudié et partagé tant de rêves. Je suis fière de ce que nous avons accompli ensemble. Je vous dédie ce travail, avec amour et gratitude.

## **À mes petits frères, Djameleddine, Sohieb et Amir.**

Même si vous êtes encore petits, nous avons grandi ensemble dans l'amour et la complicité.

Votre présence joyeuse m'apporte beaucoup de force et d'inspiration. Je vous souhaite un avenir plein de réussite.

**À mon fiancé**, pour son aide précieuse et ses encouragements qui m'ont portée dans les moments les plus difficiles. Sa présence m'a toujours motivée à avancer et à croire en moi.

**À mes amies, Yassmin, faten, Hadil et Ikram**, Nous avons partagé des moments inoubliables, traversé les hauts et les bas ensemble, Merci pour votre présence, votre amitié sincère, et tous les souvenirs qui rendent ce parcours plus beau. Je vous dédie ce travail avec tout mon affection

**Naila**

## Résumé

Ce mémoire vise l'élaboration d'un couscous enrichi en macro algues destiné aux diabétiques et aux personnes souffrant de résistance à l'insuline. Dans un premier temps, des analyses microbiologiques ont été effectuées sur la poudre d'algue *Ulva lactuca* pour garantir sa qualité hygiénique. Ces tests ont été complétés par des analyses de toxicité visant à s'assurer de l'absence de contamination par des métaux lourds, assurant ainsi la sécurité sanitaire de l'ingrédient avant son incorporation.

Par la suite, deux formulations de couscous enrichi ont été créées en mélangeant la poudre d'algue avec de la semoule, avec des proportions respectives de 25 % et 50 %. Une série de tests physico-chimiques a alors été réalisée pour déterminer notamment la teneur en humidité et la quantité de cendres, permettant de caractériser les propriétés fondamentales des produits obtenus.

Enfin, des analyses nutritionnelles ont été menées pour évaluer les teneurs en protéines, fibres, glucides, ainsi que l'activité antioxydante. Les résultats ont révélé que l'ajout d'*Ulva lactuca* entraîne une amélioration significative de la composition nutritionnelle, notamment une augmentation des fibres alimentaires et des protéines.

Une étude comparative avec des couscous conventionnels a mis en lumière les avantages fonctionnels et nutritionnels des formulations développées. Cette recherche propose ainsi une alternative naturelle et innovante, spécifiquement conçue pour répondre aux besoins des personnes souffrant de troubles métaboliques tels que le diabète ou la résistance à l'insuline.

**Les mots clés :** *Ulva lactuca*, couscous, diabète, insulino-résistance, fibres alimentaires, protéines, tests toxicologiques, analyses microbiologiques

## Abstract

Initially, microbiological analyses were performed on the *Ulva lactuca* seaweed powder to ensure its hygienic quality. These tests were complemented by toxicity analyses to confirm the absence of heavy metal contamination, thereby guaranteeing the health safety of the ingredient before its incorporation.

Subsequently, two enriched couscous formulations were developed by mixing seaweed powder with semolina at ratios of 25% and 50%, respectively. A series of physicochemical tests were then conducted to determine moisture and ash content, allowing for the characterization of the basic properties of the resulting products.

Finally, nutritional analyses were carried out to assess protein, fiber, and carbohydrate content, in addition to evaluating antioxidant activity. The results showed that the addition of *Ulva lactuca* significantly improved the nutritional composition, particularly by increasing dietary fiber and protein levels.

A comparative study with traditional couscous highlighted the functional and nutritional benefits of the developed formulations. This research thus proposes a natural and innovative alternative, specifically designed to meet the dietary needs of individuals suffering from metabolic disorders such as diabetes or insulin resistance.

**Keywords:** *Ulva lactuca*, Couscous, diabetes, insulin resistance, dietary fiber, protein, toxicological tests, microbiological analyses

## المخلص

في البداية، أُجريت تحاليل ميكروبيولوجية على مسحوق الطحالب البحرية *Ulva lactuca* لضمان جودته الصحية. واستكملت هذه الاختبارات بتحليل السمية لضمان عدم وجود تلوث بالمعادن الثقيلة، وبالتالي ضمان السلامة الصحية للمكون قبل دمجها. ثم تم إنشاء تركيبين من الكسكسي المخبب عن طريق خلط مسحوق الطحالب البحرية مع السميد بنسب 25% و50% على التوالي. ثم أُجريت سلسلة من الاختبارات الفيزيائية والكيميائية لتحديد محتوى الرطوبة ومحتوى الرماد، مما أتاح تحديد الخصائص الأساسية للمنتجات التي تم الحصول عليها. وأخيراً، أُجريت تحليلات غذائية لتقييم محتوى البروتين والألياف والكربوهيدرات، بالإضافة إلى النشاط المضاد للأكسدة. أظهرت النتائج أن إضافة نبات *Ulva lactuca* أدى إلى تحسن كبير في التركيب الغذائي، ولا سيما زيادة في الألياف الغذائية والبروتين. وأبرزت دراسة مقارنة مع الكسكس التقليدي الفوائد الوظيفية والغذائية للتركيبات المطورة، وبالتالي يقدم هذا البحث بديلاً طبيعياً ومبتكراً، مصمماً خصيصاً لتلبية احتياجات الأشخاص الذين يعانون من اضطرابات التمثيل الغذائي مثل مرض السكري أو مقاومة الأنسولين.

## الكلمات المفتاحية

وُلغا لكوكا، الكسكس الوظيفي، داء السكري، مقاومة النسولين، الألياف الغذائية، البروتينات، اختبارات السمية، التحاليل الميكروبيولوجية

## Contents

Introduction.....	1
Chapitre I SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE.....	4
1. Généralités sur le diabète et résistance à l'insuline.....	4
1.1 Aperçu des maladies métaboliques.....	4
1.1.1 Définition.....	4
1.1.2 Classification.....	4
1.1.3 Causes communes des maladies métaboliques.....	5
1.2 Le diabète : une maladie métabolique majeure.....	6
1.2.1 Histoire du diabète.....	6
1.2.2 Définition du diabète.....	7
1.2.3 Classification.....	8
1.2.4 Physiopathologie du diabète:.....	9
1.2.5 L'alimentation et la gestion du diabète et de la résistance à l'insuline.....	10
2. Les Algues.....	15
2.1 Définition des Algues :.....	15
2.2 Les principaux groupes d'algues et leurs caractéristiques.....	15
2.3 Composition biochimiques des algues.....	17
2.4 Utilisation des algues.....	18
3. <i>ULVA lactuca</i> .....	20
3.1 Généralités.....	20
3.2 Classification.....	20
3.3 Biologie.....	21
3.4 Ecologie.....	21
3.5 Habitat et Répartition :.....	21
3.6 Reproduction :.....	22
3.7 Profil nutritionnel d' <i>Ulva lactuca</i> .....	22
3.8 Effets sur la santé.....	24
3.9 Utilisations d' <i>Ulva lactuca</i> (Laitue de Mer).....	26
4. couscous comme produit alimentaire.....	27
4.1 Définition.....	27
4.2 L'origine de couscous et l'étymologie du mot couscous.....	27
4.3 Profil nutritionnel du couscous.....	28
4.3 Production de couscous artisanal et industriel.....	29
4.5 Qualité du couscous.....	31
4.6 Variétés régionales de couscous.....	33

4.7 Les variétés du couscous enrichi.....	35
II CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES.....	39
1. La Récolte et la Préparation de l'échantillon.....	39
2. Analyses réalisées sur la poudre d'algue.....	44
2.1 Les analyses microbiologiques.....	44
2.2 Les métaux lourds.....	51
2.3 l'activité antioxydante DPPH.....	54
3. La Préparation de couscous artisanal à base algue d' <i>ulva lactuca</i> .....	55
4. Les analyses sur le produit fini (couscous ).....	58
4.1 Les analyses microbiologiques.....	58
4.2 Analyses physico-chimiques.....	62
4.3 L'analyse sensorielle.....	70
III. CHAPITRE III : RESULTATS ET DESCUSSION.....	73
1. Les résultats sur la poudre d'algue.....	73
1.1 Les résultats microbiologiques pour l'algue <i>ulva lactuca</i> .....	73
1.2 Les métaux lourds.....	78
1.3 L'activité antioxydant DPPH.....	79
2. Les Résultats sur le produit fini (couscous à base d' <i>ulva lactuca</i> ).....	82
2.1 Les paramètres physicochimiques.....	82
2.1.1 Teneur en cendre.....	82
2.1.2 Teneur en humidité et matière sèche.....	83
2.2 Analyse quantitative des macronutriments.....	84
2.2.1 La Teneur en fibres.....	84
2.2.2 Le teneur en glucide.....	86
2.2.3 Teneur en protéines.....	90
2.3 Les analyses sensorielles.....	92
Conclusion.....	95
Références bibliographiques.....	97
ANNEXES.....	110
ANNEXE A.....	110
ANNEXE B.....	111
ANNEXE C.....	112
ANNEXE D.....	113

## Table

<b><u>Tableau 1</u></b> : Classification d' <i>ulva lactuca</i> (Guiry et Guiry, 2025).....	20
<b><u>Tableau 2</u></b> : Composition nutritionnelle de couscous.....	29
<b><u>Tableau 3</u></b> : paramètre physico chimique de site de récolte.....	40
<b><u>Tableau 4</u></b> : Conditions de culture (milieu, température et durée d'incubation) des micro-organismes.....	45
<b><u>Tableau 5</u></b> : la préparation des dilutions.....	52
<b><u>Tableau 6</u></b> : les concentrations prés pour la préparation de la gamme d'étalonnage.....	65
<b><u>Tableau 7</u></b> : les résultats des tests microbiologique.....	71
<b><u>Tableau 8</u></b> : Résultats des métaux lourds.....	75
<b><u>Tableau 9</u></b> : L'absorbance et inhibition selon la concentration.....	76
<b><u>Tableau 10</u></b> : Teneurs en cendre pour chaque type de couscous.....	80
<b><u>Tableau 11</u></b> : teneur en humidité et teneur en matière sèche pour chaque type de couscous.....	81
<b><u>Tableau 12</u></b> : résultats de teneur en fibre pour chaque type de couscous.....	82
<b><u>Tableau 13</u></b> : Résultats du dosage colorimétrique à 490 nm.....	84
<b><u>Tableau 14</u></b> : Concentration de glucides de chaque type de couscous.....	86
<b><u>Tableau 15</u></b> : Résultats de la teneur en protéines des variétés des couscous analysés.....	88
<b><u>Tableau 16</u></b> : Résultats analyses sensorielles.....	90
<b><u>Tableau 17</u></b> : Résultats comparative générales.....	91

## Table des figures

<b>Figure 1</b> : les indices glycémiques des différentes aliments.....	11
<b>Figure 2</b> : La répartition géographique d' <i>ulva lactuca</i> .....	22
<b>Figure 3</b> : Localisation géographique du site de récolte.....	39
<b>Figure 4</b> : La récolte de l'algue.....	41
<b>Figure 5</b> : <i>Ulva Lactuca</i> .....	42
<b>Figure 6</b> : Le rinçage.....	42
<b>Figure 7</b> : Séchage.....	42
<b>Figure 8</b> : <i>Ulva Lactuca</i> bien séchée.....	42
<b>Figure 9</b> : Broyage.....	43
<b>Figure 10</b> : Poudre d'algue.....	43
<b>Figure 11</b> : Poudre d'algue.....	44
<b>Figure 12</b> : solution de mère.....	46
<b>Figure 13</b> : l'étape de l'ensemencement.....	48
<b>Figure 14</b> : Réalisation de test oxydase.....	49
<b>Figure 15</b> : Réalisation de test catalase.....	50
<b>Figure 16</b> : Réalisation de coloration de gram.....	51
<b>Figure 17</b> : incubation des tubes.....	55
<b>Figure 18</b> : hydratation par l'eau froide.....	56
<b>Figure 19</b> : mélange de semoule + poudre d' <i>ulva lactuca</i> .....	56
<b>Figure 20</b> : Roulage.....	56
<b>Figure 21</b> : Tamisage.....	57
<b>Figure 22</b> : prés cuisson.....	57
<b>Figure 23</b> : Calibrage.....	58
<b>Figure 24</b> : Séchage.....	58
<b>Figure 25</b> : la recherche de sulfitoréducteurs.....	61
<b>Figure 26</b> : four à moufle.....	63
<b>Figure 27</b> : La cendre après le four à moufle.....	63
<b>Figure 28</b> : Analyse teneur en humidité.....	64
<b>Figure 29</b> : Extraction de sucres.....	66
<b>Figure 30</b> : la d'étalonnage.....	67
<b>Figure 31</b> : Distillation.....	70
<b>Figure 32</b> : titrage.....	70
<b>Figure 33</b> : Minéralisation.....	70
<b>Figure 34</b> : Dénombrement d' <i>Escherichia coli</i> sur milieu gélose Mac Conkey.....	74
<b>Figure 35</b> : Résultat de la recherche de <i>staphylococcus aureus</i> .....	75
<b>Figure 36</b> : Résultat négative test catalase.....	76
<b>Figure 37</b> : Résultat négative test oxydase.....	76
<b>Figure 38</b> : Résultat négative (pas de coques Gram + « des Bacille).....	76
<b>Figure 39</b> : Résultat des coliformes fécaux sur milieu gélose désoxycholate.....	77
<b>Figure 40</b> : Résultat des levures et moisissures sur le milieu Sabouraud.....	77
<b>Figure 41</b> : Résultat de listeria sur le milieu PALCAM.....	78
<b>Figure 42</b> : Résultat de salmonelle sur le milieu S-S.....	78
<b>Figure 43</b> : La courbe d'étalonnage DPPH.....	81
<b>Figure 44</b> : Taux d'inhibition DPPH en fonction de la concentration de l'extrait d' <i>Ulva lactuca</i> .....	82
<b>Figure 45</b> : pourcentage des fibres pour chaque type de couscous.....	86
<b>Figure 46</b> : La courbe d'étalonnage "les glucides ".....	88
<b>Figure 47</b> : la teneur en glucide de chaque type de couscous.....	90
<b>Figure 48</b> : Résultats de teneur en protéines.....	91

### Liste des abréviations :

OMS	l'Organisation mondiale de la santé
ADN	Acide Désoxyribonucléique
HbA1c	Hémoglobine glyquée A1c
DID	Diabète insulino-dépendant
DNID	Diabète non insulino-dépendant
VIH	Virus de l'Immunodéficience Humaine
MODY	Maturity Onset Diabetes of the Young (Diabète de la maturité du jeune)
GAD	Glutamate décarboxylase
IG	L'indice de glycémie
CG	Charge en glucose
LDL	Low-Density Lipoprotein (Lipoprotéines de basse densité)
RM	Le régime méditerranéen
AGPI	Acides gras polyinsaturés
INRAA	Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie
Pb	Plomb
DO	Densité optique

## ***Introduction général***

### Introduction :

Le diabète et la résistance à l'insuline représentent aujourd'hui des défis majeurs pour la santé publique à l'échelle mondiale. D'après l'Organisation mondiale de la santé (OMS), le nombre de personnes souffrant de diabète augmente de manière continue, atteignant des niveaux préoccupants tant dans les pays en développement que dans les pays industrialisés. La résistance à l'insuline, qui se définit par une réduction de la sensibilité des cellules à l'insuline, entraîne une hyperinsulinémie compensatoire et constitue un facteur déterminant dans l'apparition du diabète de type 2 (**Kahn, 2001 ; Reaven, 1988**). Ces troubles métaboliques requièrent une gestion nutritionnelle stricte, s'appuyant notamment sur une alimentation à faible indice glycémique, riche en fibres, en antioxydants et en composés bioactifs, afin de prévenir les complications et d'améliorer la qualité de vie des patients.

Dans ce cadre, l'identification de nouvelles sources alimentaires fonctionnelles est cruciale. Les macroalgues, et en particulier certaines espèces comme *Ulva lactuca*, constituent une ressource prometteuse grâce à leur richesse en fibres solubles, en polysaccharides bioactifs, en minéraux et en antioxydants naturels. Ces éléments leur confèrent des propriétés intéressantes pour la régulation de la glycémie et la prévention des désordres métaboliques.

De plus, le couscous, plat emblématique profondément ancré dans la tradition culinaire nord-africaine, notamment en Algérie où il est consommé au moins une fois par semaine par la majorité des ménages (**Boukhechem, 2015**), représente un vecteur idéal pour le développement de produits alimentaires innovants à visée nutritionnelle. L'intégration de macro algues dans sa composition pourrait ainsi fournir une alternative fonctionnelle bénéfique, particulièrement adaptée aux personnes diabétiques ou insulino-résistantes.

À notre connaissance, cette étude est la première en Algérie à utiliser des macroalgues dans l'élaboration d'un couscous fonctionnel, et la première au niveau international à intégrer *Ulva lactuca* dans ce type de produit. Réalisée par nous dans le cadre d'un projet académique, elle constitue une initiative innovante valorisant à la fois un aliment traditionnel et une ressource marine aux propriétés nutritionnelles reconnues.

Ce mémoire s'inscrit dans cette optique en visant l'élaboration d'un couscous enrichi en macro algues, spécifiquement destiné à cette population cible. Il s'agira d'étudier la faisabilité

technologique de cette formulation, d'évaluer ses qualités nutritionnelles, sensorielles et fonctionnelles.

Ce travail est structuré en trois chapitres principaux

Le premier chapitre est dédié aux notions générales relatives à la thématique. Il offre une synthèse bibliographique sur le diabète et la résistance à l'insuline, ainsi que sur les macros algues, en mettant particulièrement en lumière *Ulva lactuca*, et aborde le couscous comme un produit alimentaire traditionnel pouvant servir de base à une formulation novatrice. Le deuxième chapitre se concentre sur le matériel et les méthodes employés dans le cadre de cette recherche. Il détaille les étapes de préparation de la poudre d'algue, son intégration dans le produit final (couscous), ainsi que les analyses réalisées sur la poudre et le couscous enrichi pour évaluer la qualité microbiologique, la toxicité due aux métaux lourds et la sécurité du produit final.

Le troisième chapitre est consacré à la présentation et à l'analyse des résultats obtenus. Il propose une interprétation des données issues des diverses analyses, dans le but d'évaluer la qualité sanitaire et la pertinence du couscous élaboré à partir de *Ulva lactuca*.

Dans la conclusion seront présentés les points clés de l'étude, en soulignant l'intérêt et les limites des résultats obtenus au regard des objectifs fixés, ainsi que les perspectives de développement de cette recherche pour proposer une alternative alimentaire innovante, adaptée aux besoins des personnes atteintes de diabète ou présentant une résistance à l'insuline.

# ***Synthèse Bibliographique***

## I. Chapitre I SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

### ➤ Généralités sur le diabète et la résistance à l'insuline :

#### 1.1 Aperçu des maladies métaboliques :

Les maladies métaboliques forment un ensemble hétérogène de pathologies, caractérisées par un déséquilibre dans les processus biochimiques qui régissent le métabolisme cellulaire. Ces troubles peuvent avoir des origines génétiques ou environnementales, et influencent le métabolisme des glucides, des lipides, des protéines, ainsi que des micronutriments essentiels. Dans la plupart des cas, ils résultent d'un déficit enzymatique, d'une mutation génétique ou d'une dérégulation hormonale (Saudubray et al., 2016).

D'un point de vue clinique, ces maladies peuvent se manifester dès la naissance (comme les erreurs innées du métabolisme) ou se développer plus tard sous forme de maladies chroniques, telles que le diabète de type 2, la goutte ou l'hypercholestérolémie. Elles représentent actuellement un défi majeur pour les systèmes de santé, en raison de leur prévalence croissante et de leurs complications systémiques (Organisation mondiale de la santé (OMS), 2020).

Ce chapitre a pour objectif de présenter une classification des principales catégories de maladies métaboliques, englobant les troubles du métabolisme des glucides, des lipides, des protéines, des oligoéléments, ainsi que les maladies mitochondriales. Chacune de ces catégories sera illustrée par des exemples concrets, mettant en évidence les mécanismes pathogéniques, les manifestations cliniques typiques et les impacts physiologiques. Cette approche visera à offrir une compréhension globale des bases biochimiques et médicales de ces pathologies.

##### 1.1.1 Définition :

Les maladies métaboliques constituent un groupe d'affections définies par un dysfonctionnement dans le traitement des nutriments essentiels par l'organisme, tels que les glucides, les lipides ou les protéines. Ce dysfonctionnement peut provoquer une accumulation ou un manque de certaines substances nécessaires au bon fonctionnement des cellules et des organes. Ces pathologies peuvent avoir une origine génétique, se manifestant dès la naissance, ou se développer au cours de la vie en raison de facteurs environnementaux tels que l'alimentation, le mode de vie ou certaines maladies chroniques. (Saudubray et Garcia-Cazorla, 2018).

##### 1.1.2 Classification :

On peut classer les troubles du métabolisme en plusieurs catégories :

➤ **Maladies du métabolisme des lipides :**

Ces maladies surviennent lorsque l'organisme est incapable d'utiliser ou de transporter correctement les lipides. Cela provoque une accumulation excessive de graisses dans certains tissus, perturbant ainsi leur fonctionnement. **(Desnick et al., 2012)**. Exemple: Maladie de Gaucher.

➤ **Maladies du métabolisme des glucides :**

C'est-à-dire les maladies qui perturbent le métabolisme des sucres. Ces affections perturbent l'absorption, le stockage ou la métabolisation des glucides, ce qui conduit à des déséquilibres dans la gestion de l'énergie. **(Zimmet et al., 2001)**. Exemple : le diabète de types 1 et 2.

➤ **Maladies du métabolisme des protéides :**

Ces maladies perturbent le métabolisme des protéines et des acides aminés, ce qui provoque une accumulation de substances toxiques, dans l'organisme, ce qui peut nuire au développement et au fonctionnement du cerveau ou d'autres organes. **(Wellner et Meister, 1981)**. Exemple : Phénylcétonurie (PCU).

➤ **Maladies du métabolisme des oligoéléments :**

Ces pathologies résultent d'un dysfonctionnement dans l'utilisation, l'absorption ou le transport d'oligoéléments tels que le fer, le zinc ou le cuivre, ce qui peut conduire à des carences ou à une accumulation toxique. **(Nandkeoliar et al., 2024)**. Exemple : la maladie de Menkes (anomalie dans le transport du cuivre).

➤ **Maladies des mitochondries :**

Les maladies mitochondriales représentent des affections peu fréquentes résultant d'un dysfonctionnement des mitochondries, considérées comme les "centrales énergétiques" des cellules. Ces maladies touchent principalement les organes ayant une forte consommation d'énergie, tels que le cerveau, les muscles et le cœur. **(Gorman et al., 2015)**. Exemple : Myopathie mitochondriale.

### **1.1.3 Causes communes des maladies métaboliques :**

Les maladies métaboliques proviennent d'un ensemble de facteurs de risque qui accroissent la

chance de développer des problèmes cardiovasculaires et d'autres complications liées. Parmi ces facteurs, on trouve:

➤ **Facteurs génétiques :**

Les facteurs génétiques sont une cause majeure des maladies métaboliques. Ils résultent souvent de mutations affectant des enzymes, des transporteurs ou des protéines de régulation. Dans certains cas, le dysfonctionnement est lié à une anomalie de l'ADN mitochondrial, hérité uniquement de la mère. Ces altérations peuvent être transmises par les parents ou survenir spontanément, perturbant ainsi le fonctionnement normal du métabolisme. **(Wang et al., 2023).**

➤ **Facteurs hormonaux et sexe :**

Les facteurs hormonaux et liés au sexe exercent une influence significative sur le syndrome métabolique. Avant la ménopause, les femmes tendent à accumuler principalement de la graisse sous-cutanée, tandis que les hommes développent une plus grande masse musculaire grâce à la testostérone **(Gaurav et al., 2023).**

Après la ménopause, la diminution des œstrogènes favorise l'accumulation de graisse viscérale et l'augmentation du tour de taille, ce qui accroît le risque de diabète de type 2 **(Yu-Wai-Man et al., 2009)**. En général, les femmes non ménopausées présentent un risque inférieur de diabète de type 2 par rapport aux hommes, mais cette tendance s'inverse après la ménopause, mettant en évidence le rôle protecteur des hormones féminines **(Mauvais-Jarvis et al., 2015)** , **(Faulkner et Belin de Chantemèle, 2019).**

➤ **Obésité :**

L'obésité, en particulier lorsqu'elle se concentre au niveau abdominal, peut altérer le fonctionnement normal du corps. La graisse stockée sécrète des adipokines, des molécules qui influencent le métabolisme et peuvent provoquer une gestion inefficace du glucose par les cellules, ce qui peut conduire à des problèmes de santé. **(Stern et al., 2016).**

➤ **Habitudes alimentaires :**

Les habitudes alimentaires déséquilibrées telles qu'une consommation excessive de sucres rapides, de graisses saturées et d'aliments transformés, ainsi qu'un manque de fibres contribuent au développement des maladies métaboliques (diabète, obésité, hypertension, troubles du cholestérol)

(Bovolin et al., 2021). Ces comportements alimentaires néfastes entraînent une résistance à l'insuline, ce qui signifie que les cellules deviennent moins réceptives à cette hormone régulant le taux de sucre dans le sang, perturbant ainsi le contrôle de la glycémie et favorisant la prise de poids ainsi que les problèmes cardiovasculaires. Pour prévenir ces maladies, il est crucial d'adopter une alimentation équilibrée, riche en fruits, légumes, fibres et bonnes graisses, tout en réduisant la consommation d'aliments industriels. (Rodríguez Monforte et al., 2017).

➤ **Déséquilibre du micro biote intestinal :**

Le micro biote intestinal, qui se compose de milliards de micro-organismes résidant dans l'intestin, joue un rôle fondamental dans la régulation du métabolisme. Un déséquilibre de ce micro biote entraîne une altération de la production de métabolites essentiels, ce qui peut favoriser le développement de maladies métaboliques (Lamichhane et al., 2018). Une diversité bactérienne réduite est particulièrement associée à une augmentation de la masse grasse, à une résistance à l'insuline et à des anomalies lipidiques (Le Chatelier et al., 2013). De plus, des recherches récentes ont mis en lumière des corrélations entre les composés générés par le micro biote et le syndrome métabolique, soulignant ainsi l'importance d'un micro biote intestinal varié pour maintenir un métabolisme sain (Aron-Wisnewsky et al., 2019).

## **1.2 Le diabète : une maladie métabolique majeure :**

### **1.2.1 Histoire du diabète :**

Au XVI<sup>e</sup> siècle, le médecin européen Paracelse observa la présence d'une substance sous forme de poudre blanche dans les urines des personnes atteintes de diabète. Un siècle plus tard, au XVII<sup>e</sup> siècle, on découvrit que les urines des diabétiques avaient un goût sucré, ce qui conduisit à l'introduction du terme diabète sucré (*diabètes mellitus*) (Monnier et al., 2014).

Le mot diabète vient du grec diabète, qui signifie « celui qui traverse », dans le sens technique de siphon. Les médecins grecs l'utilisaient dès l'IV<sup>e</sup> siècle avant J.-C. pour décrire les personnes atteintes de diabète, qui avaient une soif intense et urinaient abondamment, comme si l'eau ne faisait que traverser leur corps (Marsaudon, 2011).

En 1800, Langerhans découvre les îlots pancréatiques en Allemagne, qui porteront plus tard son nom. Toutefois, il n'en identifie pas la fonction. Ce n'est que plusieurs années plus tard que Von Mering et Minkowski démontrent que l'ablation complète du pancréas provoque un diabète. En

1902, Eugène Opie observe une dégénérescence des îlots pancréatiques chez les personnes diabétiques (**Monnier et al., 2014**).

Dans les années 1970, le diabète est reconnu comme une maladie auto-immune, C'est-à-dire une maladie dans laquelle le système immunitaire s'attaque par erreur les cellules saines de l'organisme. Dans ce contexte particulier, il s'agit de la cellule bêta du pancréas, qui est chargées de la production d'insuline.

Dans les années 1990, la fabrication d'analogues de l'insuline commence, d'abord avec des formulations à action rapide, suivies de celles à effet prolongé. Récemment, après une période de stagnation, de nouveaux traitements antidiabétiques ont vu le jour, tels que les glitazones, les inhibiteurs de la DPP-4 (dipeptidyl-peptidase-4) et les analogues du GLP-1 (Glucagon-Like Peptide-1) (**Monnier et al., 2014**).

### 1.2.2 Définition du diabète :

Le diabète est une pathologie qui affecte le métabolisme des glucides. Il se manifeste par une élévation anormale du taux de glucose dans le sang (hyperglycémie). Cette condition résulte soit d'une insuffisance de production d'insuline par le pancréas, soit d'une utilisation inappropriée de cette hormone par les cellules de l'organisme, ou encore des deux mécanismes simultanément. (**Goldenberg et al., 2013**).

L'insuline est une hormone peptidique qui contrôle le taux de glucose dans le sang, sécrétée par les cellules bêta des îlots de Langerhans du pancréas (**Encarta, 2003**).

D'après l'OMS, une personne est considérée comme diabétique si son taux de glucose dans le sang, mesuré à jeun, dépasse 1,26 g/L ou 7 mmol/L (**Craig et al., 2014**)

La sécrétion insuffisante d'insuline ou une réponse altérée des tissus à cette hormone entraîne un dysfonctionnement de son action sur les tissus cibles. Cela perturbe le métabolisme des glucides, des lipides et des protéines (**Compendium, 2014**).

Le pré diabète désigne une élévation anormale de la glycémie à jeun, une intolérance au glucose ou un taux d'hémoglobine glycosylée (HbA1c) compris entre 6,0 et 6,4 %. Ces anomalies augmentent le risque de développer un diabète et ses complications (**Goldenberg et al., 2013**).

### 1.2.3 Classification :

On fait généralement la distinction entre deux principales formes de diabète : le diabète de type 1 et le diabète de type 2. Outre ces deux principales catégories, il convient d'inclure d'autres formes de diabète qui se manifestent dans des contextes spécifiques :

Le diabète gestationnel est celui qui est diagnostiqué pendant la grossesse. Il existe également d'autres types de diabète causés par différentes raisons, comme des anomalies génétiques affectant soit la fonction des cellules bêta du pancréas, soit la sensibilité à l'insuline, des maladies touchant le pancréas exocrine, ou encore des diabètes provoqués par des médicaments (**Monnier et Colette, 2014**).

➤ **Le diabète de type 1 :**

Le diabète de type 1, également connu sous le nom de DID (diabète insulino-dépendant « DID »), constitue environ 10 % des cas de diabète à l'échelle mondiale (**Rewers et al., 2016**).

Il se manifeste principalement chez les enfants et les jeunes adultes, ce qui lui vaut le nom de « diabète juvénile ». Les symptômes classiques les plus manifestes sont une sécrétion excessive d'urine (polyurie), une sensation de soif ainsi qu'une perte de poids (**Grimaldi et al., 2001**).

➤ **Le diabète de type 2 :**

Le diabète de type 2 également connu sous le nom de DNID (diabète non insulino-dépendant) est de loin la forme de la maladie la plus fréquente puisqu'elle présente 90% des cas mondiaux (**King et al., 1998**).

Le diabète de type 2, souvent désigné sous le nom de « diabète des adultes », apparaît généralement chez les personnes d'âge moyen, vers la cinquantaine, et sa fréquence augmente avec l'âge (**Peter Riesch et al., 2002**).

Avant l'apparition du diabète clinique, des symptômes précoces liés à la résistance à l'insuline peuvent se manifester, tels que la fatigue, la soif excessive (polydipsie), l'augmentation de la fréquence urinaire (polyurie), les troubles de la vision et la sensation de faim accrue (polyphagie). Ces symptômes traduisent la difficulté des tissus périphériques à répondre à l'insuline, entraînant une mauvaise utilisation du glucose et une élévation anormale du taux de sucre dans le sang (**DeFronzo et al., 2015**).

Le diabète de type 2 est caractérisé par deux anomalies principales affectant le métabolisme des glucides : une résistance à l'insuline dans les tissus cibles, responsable de ces symptômes précoces, et un dysfonctionnement quantitatif et qualitatif des cellules  $\beta$  des îlots de Langerhans, responsables de la sécrétion d'insuline (**Portha, 2023**).

➤ **Diabète gestationnel :**

Le diabète gestationnel fait référence à tout problème lié à la régulation du glucose qui se manifeste pendant la grossesse, y compris l'intolérance au glucose et le diabète qui est diagnostiqué durant cette période. Ces problèmes peuvent disparaître après l'accouchement, continuer ou même s'aggraver. Une étude intitulée \*Hyperglycemia and Adverse Pregnancy Outcomes\* a montré que le risque de complications pour la mère, le fœtus et l'enfant augmente progressivement avec le taux de glucose maternel entre la 24<sup>e</sup> et la 28<sup>e</sup> semaine, même lorsque les glycémies sont dans une fourchette qui était autrefois considérée comme normale

**(Goldenberg et al., 2013)**

➤ **Autres types du diabète :**

D'autres types spécifiques englobent une large gamme de troubles qui sont assez rares, notamment des formes de diabète qui ont des causes génétiques ou qui sont liées à d'autres maladies ou à des traitements médicamenteux **(Goldenberg et al., 2013)**.

Par exemple, il y a le diabète mono génique (comme le diabète de type MODY chez les jeunes), le diabète causé par des maladies du pancréas qui affectent sa fonction sécrétoire, ainsi que le diabète induit par certains médicaments, comme ceux utilisés dans le traitement du VIH après une transplantation d'organe **(Fajans et al., 2001)**.

#### **1.2.4 Physiopathologie du diabète:**

➤ **Diabète de type 1 :**

Le diabète de type 1 est une maladie auto-immune qui se manifeste par la destruction progressive des cellules bêta du pancréas **(Hartmann & Grimaldi, 2013)**. Qui sont chargées de produire de l'insuline. Ce processus auto-immun peut s'étendre sur plusieurs années avant que les premiers symptômes ne se manifestent, et il est marqué par l'infiltration des îlots pancréatiques par des lymphocytes T cytotoxiques CD8. Bien que l'antigène responsable ne soit pas clairement identifié, l'enzyme GAD (glutamate décarboxylase) est souvent considérée comme un suspect, car les anticorps anti-GAD sont fréquemment les premiers à être détectés. Cette destruction de la cellule bêta entraîne une presque totale absence d'insuline, ce qui empêche le corps de contrôler correctement la glycémie, entraînant ainsi une hyperglycémie persistante et un risque accru d'acidocétose **(Hartmann & Grimaldi, 2013)**.

Chez les patients atteints de diabète de type 1, on trouve généralement quatre types d'anticorps :

Les anticorps anti-îlots (ICA), anti-GAD, anti-insuline et anti-IA2 (Marsaudon, 2011), qui apparaissent progressivement avant l'apparition du diabète. (Compendium, 2014).

➤ **Diabète de type 2 :**

Le diabète de type 2 est causé par un dysfonctionnement progressif des cellules bêta du pancréas et par une résistance à l'insuline dans les tissus cibles. Au début, la production d'insuline est normale ou même élevée, mais elle ne suffit pas à compenser la résistance à l'insuline. Avec le temps, la quantité d'insuline produite diminue, ce qui entraîne une hyperglycémie persistante. En même temps, les cellules alpha produisent trop de glucagon, ce qui stimule le foie à produire encore plus de glucose, aggravant ainsi l'hyperglycémie. La résistance à l'insuline affecte surtout le foie, les muscles et le tissu adipeux, ce qui réduit l'absorption du glucose et augmente la production de glucose par le foie. De plus, l'accumulation d'acides gras libres provenant du tissu adipeux aggrave cette résistance et favorise la stéatose hépatique. Tous ces mécanismes ensemble entraînent une hyperglycémie chronique, qui est typique du diabète de type 2 ((DeFronzo et al., 2015).

### **1.2.5 L'alimentation et la gestion du diabète et de la résistance à l'insuline :**

La gestion du diabète dépend fortement de l'alimentation, tout autant que des traitements pharmacologiques et de l'exercice physique.

Il est nécessaire pour les individus atteints de diabète de suivre une diète diversifiée et équilibrée, identique à celle conseillée à la population générale. Toutefois, le diabète est lié à un trouble de la conservation des glucides issus de l'alimentation ou produits par le corps.

Il est donc nécessaire de surveiller et d'ajuster la consommation de tous les types de glucides à chaque individu. L'équilibre des apports en glucides tout au long de la journée doit être assuré en fonction du traitement médical (antidiabétiques oraux ou injectables) (Association Française des Diabétiques, 2012).

#### **1.2.5.1 Influence des macronutriments sur la glycémie :**

➤ **Les glucides :**

Les glucides ont une influence directe sur le taux de sucre dans le sang.

Les glucides liquides (tels que les boissons sucrées, les jus de fruits, les boissons chocolatées, etc.) ou à texture pâteuse (comme le pain blanc, les corn-flakes et le risotto) ont constamment un indice glycémique élevé et sont rapidement absorbés par le sang (Ascensia Diabetes Care

**Switzerland AG, 2016).**

Quand le diabète est présent, l'organisme a du mal à gérer l'énergie qui se déplace sous forme de glucose dans le sang. C'est la raison pour laquelle le taux de glucose dans le sang peut dépasser les valeurs habituelles (**Ministère de la Santé et des Services sociaux, 2024**).

Le diabète de type 1 provoque une accumulation de glucose dans la circulation sanguine, ce qui entraîne une augmentation du taux de sucre.

Le diabète de type 2 entraîne une diminution de la production d'insuline ou un retard dans sa libération, ce qui provoque une réactivation moins efficace des cellules, bloquant l'entrée appropriée du glucose et entraînant une augmentation de la glycémie (**Ascensia Diabetes Care Switzerland AG, 2017**).

La gestion de la glycémie chez les patients diabétiques est basée sur les indicateurs de l'indice de glycémie (IG) et de la charge en glucose (CG). Une glycémie faible et des aliments à faible teneur en glycémie présentent un meilleur profil de santé que d'aliments à forte teneur en glycémie. La faible glycémie et les aliments à faible teneur en glucose sont liés à une meilleure prévention et à un meilleur contrôle des maladies métaboliques et cardiovasculaires telles que le diabète et l'infarctus du myocarde (**Kouamé et al., 2021**).

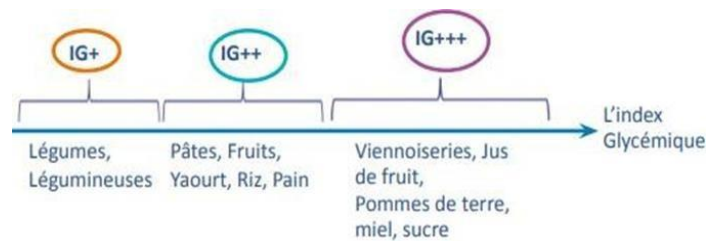
### **L'indice glycémique (IG) :**

Décrit la réaction de la glycémie suite à la consommation d'un aliment par rapport à cette même réaction après ingestion de glucose (**Colombani et al., 2018**).

Et aussi l'effet global d'un aliment sur le taux de glucose, compris entre 0 et 100. Il fournit des informations sur la capacité d'un aliment à augmenter le taux de sucre dans le sang. Un indice de glycémie élevé indique un potentiel d'hyperglycémie plus important.

Les aliments sont généralement répartis en trois catégories en fonction de leur indice de glycémie : ceux dont l'indice est égal ou supérieur à 70, ceux dont l'indice est compris entre 56 et 69 et ceux dont l'indice est égal ou inférieur à 55. Par exemple, un indice glycémique de 25 pour le pamplemousse est considéré comme faible, alors que le pain blanc a un indice glycémique supérieur à 90, ce qui le classe parmi les aliments à indice glycémique élevé (**Benkanoun, (s.d.)**).

Cette illustration montre les indices glycémiques des différents aliments. Certains aliments ont un indice glycémique bas, tandis que d'autres présentent un indice glycémique moyen ou élevé



*Figure 1 : les indices glycémiques des différents aliments*

### La charge glycémique (CG) :

Se définit comme une extension de l'index glycémique (IG) et prend en considération la quantité d'aliment ingéré (Colombani, 2018).

La charge glycémique, quant à elle, représente davantage la réalité pratique (ou plutôt culinaire) :

Elle prend en compte l'index glycémique ainsi que la quantité d'aliment glucidique consommée (OVERSTIM.s, s.d). Elle se mesure par cette relation.

$$CG = [IG \times \text{quantités de glucides d'une portion d'aliment (g)}] / 100$$

### Considérons cet exemple.

Une portion de 200g de carottes cuites contient 10g de glucides et a un indice glycémique de 49. La charge glycémique qu'ils auront sera  $CG = [49 \times 10] / 100$ , donc  $CG = 4,9$ . Donc, la charge glycémique est faible, inférieure à 10.

### ➤ L'effet des anomalies lipidiques sur le diabète :

Les anomalies lipidiques, courantes chez les personnes atteintes de diabète de type 2, se caractérisent principalement par un taux élevé de triglycérides, une baisse du HDL- cholestérol et des changements qualitatifs dans les lipoprotéines athérogènes, comme la présence de LDL de petite taille riches en triglycérides, des VLDL de grande taille ou une augmentation des LDL oxydées.

De nombreuses recherches épidémiologiques ont mis en évidence l'importance prédominante des anomalies lipidiques dans l'apparition d'accidents cardiovasculaires chez les diabétiques. Par conséquent, l'hypertriglycéridémie et le HDL-cholestérol sont liés au risque cardiovasculaire.

L'association entre l'hypertriglycéridémie et l'hypoHDLémie est indépendamment liée au risque de maladie coronarienne, et diverses études ont observé une corrélation positive entre le LDL-cholestérol et le danger d'une maladie coronarienne (**Vergès ,2006**).

➤ **Les protéines et la satiété :**

Les protéines n'augmentent pas le taux de sucre dans le sang et peuvent même contribuer à une meilleure régulation du diabète.

Parmi d'autres avantages, leur impact sur la sensation de satiété peut contribuer à réguler l'appétit et réduire les envies de grignoter entre les repas, ce qui favorise la maîtrise du poids.

En outre, elles contribuent à éviter l'hypoglycémie chez les individus qui courent un risque. Plusieurs recherches ont prouvé que l'ajout de protéines à un repas engendrait une hausse de la satiété liée à ce repas, et diminuait la consommation alimentaire lors du repas subséquent (**Fromentin et al., (2011)**).

**1.2.5.2 Le rôle des aliments :**

➤ **Les fibres alimentaires :**

Les fibres sont des « polymères glucidiques formés de trois unités monomériques (trimères) ou plus (polymères), qui ne subissent ni digestion, ni absorption dans l'intestin grêle de l'homme. » Des recherches épidémiologiques établissent un lien entre une alimentation riche en fibres et une diminution du risque de développer le diabète de type 2 ainsi que les maladies cardiovasculaires (**Brgem, s.d.**).

Une diète abondante en fibres défend l'organisme contre l'obésité et le diabète (**De Vadder, 2014**).

Ainsi Les fibres diététiques ont un rôle crucial dans le processus de digestion des aliments, elles contribuent à contrôler le taux de sucre dans le sang en modulant la rapidité d'assimilation des glucides présents dans les aliments féculents. Étant donné que les glucides sont assimilés progressivement, le niveau de sucre dans le sang va également augmenter de manière graduelle. Il est donc bénéfique de les combiner avec des glucides. C'est pourquoi il est conseillé d'en prendre à chaque repas (**Assurance Maladie, s.d**).

### 1.2.5.3 Les régimes alimentaires bénéfiques pour diabétiques :

#### ➤ Le régime DASH :

Le régime DASH est réputé pour ses bienfaits sur la santé cardiaque et sa capacité à prévenir le diabète de type 2. Il s'appuie sur la diminution de l'apport en viande rouge, en fromages et en sucreries, tout en favorisant les légumes verts à feuilles, les petits fruits et les noix **(Bertrand, 2019)**.

Le régime DASH restreint aussi les aliments riches en farines et en sucres raffinés, qui possèdent un indice glycémique haut et font monter le taux de sucre dans le sang. Une forte consommation de farine blanche, d'aliments sucrés ainsi que de viandes rouges ou transformées accroît significativement le risque de développer un diabète de type 2. Cependant, le régime DASH préconise une réduction de l'apport en ces aliments, offrant ainsi un effet préventif **(Rosenbloom, 2022)**.

#### ➤ Le régime méditerranéen :

Les régimes de style méditerranéen (RM) ont été encouragés en matière de santé publique comme un modèle nutritionnel équilibré, varié et bénéfique **(Schlienger et al., 2020)**.

Il se distingue par une quantité significative de fruits, légumes, céréales, de viande blanche et poisson qui constituent ses principales sources protéines, tandis que l'huile d'olive est sa principale source de graisses **(Delgado-Lista et al., 2022)**.

Ainsi, il se distingue par sa faible teneur en glucides et sa grande proportion d'acides gras mono insaturés. Les diètes méditerranéennes peuvent réduire significativement le risque de diabète de type 2, la résistance à l'insuline et le syndrome métabolique. De plus, un processus par lequel ces régimes peuvent favoriser une meilleure régulation de la glycémie est en améliorant la sensibilité à l'insuline grâce à des taux accrus d'adiponectine dans le sang **(Esposito et al., 2014)**.

## 2. Les Algues :

### 2.1 Définition des Algues :

Il apparaît que les algues ont été les premiers « êtres vivants » présents sur notre Terre. Et l'émergence de l'algue unicellulaire serait datée d'environ 2 milliards d'années. (Cayla, 1995).

Les algues sont des organismes vivants principalement photosynthétiques, qui se développent dans l'eau ou dans des milieux très humides. Bien qu'elles soient principalement présentes dans les mers, lacs, mares, rivières et sources thermales, on peut également les observer sur des rochers mouillés et certains types de sols. Exceptionnellement, certaines espèces peuvent vivre en tant qu'endophytes dans des tissus végétaux, et plus rarement dans des animaux, mais ce ne sont pas leurs habitats principaux.

Classées autrefois aux côtés des champignons dans la division des Thallophytes, les algues forment en réalité un groupe hétérogène et polyphylétique, composé d'embranchements très variés partageant peu de caractéristiques communes. Leur classification repose principalement sur des critères cytologiques, biochimiques, ainsi que sur les différences de structures morphologiques et de modes de reproduction. En plus de nombreuses formes unicellulaires, on trouve également des algues pluricellulaires qui forment des thalles, c'est-à-dire des structures végétatives dépourvues de feuilles, de tiges, de racines et de vaisseaux conducteurs.

On recense plus de 1 100 genres et environ 14 000 espèces d'algues d'eau douce à travers le monde. Ce sont des organismes très cosmopolites, dont une grande partie a une large répartition géographique. Ainsi, la flore algale identifiée dans les zones intertropicales d'Afrique comprend souvent une proportion significative (généralement plus de 50 %) d'espèces également présentes dans d'autres régions du globe (Durand et al, 1980).

### 2.2 Les principaux groupes d'algues et leurs caractéristiques :

#### ➤ Les algues vertes « Chlorophycées » :

Elles présentent une grande diversité de formes, unicellulaires ou pluricellulaires. Leurs plastes acquièrent une couleur verte grâce aux chlorophylles a et b, qui sont accompagnées de carotènes et de xanthophylles.

La photosynthèse conduit à la production d'amidon, tout comme c'est le cas pour les plantes supérieures. La majorité des algues vertes habitent en eaux douces ou dans des environnements marins, cependant, certaines espèces sont également capables de croître sur la terre.

Elles ont une importance majeure dans l'oxygénation des eaux, ce qui contribue à l'épanouissement de la faune aquatique. (Garon-Lardière, 2004) soient classés en tant qu'algues vertes (Zehlila, 2017).

Les chlorophycées comptent plus de 6 500 espèces. Ce sont les algues les plus largement utilisées, notamment la laitue de mer (*Ulva lactuca*) (Demoulain, 2009).

### ➤ Les algues brunes « phéophycées »

Les algues brunes, également connues sous le nom de phéophycées, représentent un large ensemble d'algues multicellulaires (Wijesinghe et al.,2011).

La couleur brune de ces algues est dû à la prédominance du pigment xanthophylle, la fucoxanthine, qui recouvre les autres pigments (chlorophylle a et c, ainsi que le bêta-carotène). Bien qu'elles aient toutes une structure pluricellulaire, leurs dimensions vont des éléments microscopiques à d'énormes spécimens (Garon-Lardière,2004).

Les Algues brunes, qui appartiennent à la classe des Fucophycées (précédemment connue sous le nom de Phéophycées), sont des organismes pluricellulaires et macroscopiques lorsqu'elles atteignent leur stade adulte, faisant partie de la division des Chromophytes. Les Chromophytes, majoritairement unicellulaires, sont caractérisés par une série de traits communs, tant cytologiques (la structure des plastes) que biochimiques (la présence de chlorophylles a et c, occultées par la profusion de carotènes et xanthophylles ; absence d'amidon à l'intérieur des plastes, mais présence de diverses réserves cytoplasmiques et vacuolaires). La teinte brunâtre ou jaune des Chromophytes est attribuée à leur composition pigmentaire.

Les Fucophycées présentent une diversité d'arrangements, allant de simples structures filamenteuses à des formes élaborées et imposantes dotées de systèmes de conduction semblables à ceux des végétaux supérieurs (Laminariales). Cependant, il est à noter que bien que certaines Laminariales apparaissent fortement différenciées en crampons, stipe et lame, elles ne s'identifient pas nécessairement aux racines, tiges et feuilles des Végétaux supérieurs ; la structure interne des différentes sections d'un *Laminaria*, malgré sa grande complexité, reste comparable de part en part du thalle. (Cabioc'h et al,1992).

Il y a environ 1500 espèces dans le monde qui font partie de ce groupe presque entièrement marin **(Raven et al ,2000)**.

➤ **Les algues rouges « Rhodophycées »**

Le groupe des rhodophytes, aussi appelés algues rouges, est extrêmement varié. Ces algues acquièrent leur teinte grâce à la présence de plastes roses dans lesquels un pigment rouge, la phycoérythrine, se combine à divers autres pigments tels que les chlorophylles.

La majorité de ces algues rouges sont marines et multicellulaires, bien qu'on puisse observer certaines formes unicellulaires et d'autres qui se développent aussi en eau douce.

On distingue deux catégories d'algues rouges : les Bangiophycées (considérées comme primitives) et les Floridéophycées (plus évoluées). Elles se caractérisent souvent par un cycle de reproduction particulièrement complexe **(Garon-Lardière, 2004)**.

Sont le plus souvent des algues marines et leur présence dans les eaux douces se limite à une trentaine de genres peu fréquents **(Durand, 1980)**.

Les rhodophycées il s'agit d'algues annuelles comptant 3 500 espèces, parmi lesquelles les algues dulse, nori sont les plus consommées. **(Demoulin, 2009)**.

➤ **Les Algues bleues « Cyanophycées »**

Cyanobactéries également connues sous le nom de cyanophycées ou algues bleu-vert. Elles ont une dimension microscopique. Elles exhibent simultanément des propriétés propres aux bactéries (telles que l'absence de membrane intracellulaire) et aux algues (activités photosynthétique). **(Blais, 2002)**.

Ce sont Des micro-organismes procaryotes gram-négatifs dont la pigmentation peut fluctuer du bleu-vert au rouge.

Les cyanobactéries, classifiées systématiquement dans le règne des Eubactéries, sont des procaryotes capables de photosynthèse. On a longtemps classé ces micro-organismes dans le règne végétal, étant donné qu'ils possèdent en plus des attributs distinctifs des bactéries, des traits caractéristiques propres aux algues :

La structure cellulaire présente des similitudes avec celle des bactéries, se distinguant notamment par l'absence de noyau et d'organites intracellulaires

Tout comme les algues, la majorité des cyanobactéries présentes dans les eaux continentales contiennent de la chlorophylle a, et non de la bactériochlorophylle comme c'est le cas pour

certaines bactéries. Comme d'autres pigments photosynthétiques, elles contiennent généralement des phycobiliprotéines et effectuent une photosynthèse génératrice d'oxygène en utilisant l'eau comme donneur d'électrons.

On utilise communément le terme cyanobactéries pour désigner ces micro-organismes, bien qu'ils soient également appelés algues bleues (Blue green algae dans la terminologie anglo-saxonne), selon des appellations plus anciennes (**Levi et al., 2006**).

### **2.3 Composition biochimiques des algues :**

L'eau représente environ 90 % de la composition des algues. Elle est maintenue grâce à des phycocolloïdes, qui diffèrent selon les types d'algues, comme les alginates, les carraghénanes et l'agar. Les algues contiennent des protéines en quantités variables, et le genre *Spirulina* est particulièrement riche, avec environ 60 % de protéines dans sa matière sèche. De plus, elles sont une excellente source de vitamines, de minéraux et d'oligoéléments (**Ollier, 2017**).

Les algues sont également une source significative de polysaccharides, représentant entre 33 et 61 % de leur composition, avec des structures variées et uniques. Bien qu'elles aient une faible teneur en lipides, certaines espèces sont riches en acides gras polyinsaturés. Enfin, leur contenu en fibres présente des structures différentes et originales par rapport aux fibres des plantes terrestres (**Zitouni, 2015**).

### 3. ULVA lactuca :

#### 3.1 Généralités :

*L'Ulva lactuca*, également appelée « laitue de mer », est une macro algue verte comestible, présente de manière cosmopolite (sur une très grande étendue) dans l'Océan Atlantique ainsi que dans les mers qui lui sont adjacentes. Elle a la capacité de se fixer sur divers substrats solides comme les roches, dans les régions littorales et sublittorales des zones littorales. En tant qu'espèce qui préfère les environnements riches en nutriments, elle sert de bio-indicateur pour l'eutrophisation d'un écosystème. On peut surtout voir cette algue lors des périodes de fort ensoleillement, notamment à la fin de l'hiver, au printemps et en été. Sa durée de vie est généralement brève, seulement quelques mois, mais plusieurs générations peuvent se succéder au fil de l'année (Salim, 2019).

#### 3.2 Classification :

Le nom intégral est *Ulva lactuca*. Cette algue verte appartient au genre *Ulva*, à la famille des *Ulvaceae*, à l'ordre des *Ulvales*, à la classe des *Ulvophyceae* et à la division *Chlorophyta* (Appeltans, 2025).

**Tableau 1:** Classification d'*ulva lactuca*

Rang taxonomique	Nom scientifique
Royaume	<i>Plantae</i>
Sous-règne	<i>Viridiplantae</i>
Embranchement (Phylum)	<i>Chlorophyta</i>
Sous-embranchement	<i>Chlorophytina</i>
Classe	<i>Ulvophyceae</i>
Ordre	<i>Ulvales</i>
Famille	<i>Ulvaceae</i>
Genre	<i>Ulva</i>
Espèce	<i>Ulva lactuca</i>

### 3.3 Biologie :

Les thalles d'*Ulva lactuca* vivent quelques mois, cependant, comme ces derniers se régénèrent souvent (notamment au printemps et en été), cette espèce est présente toute l'année. Le cycle de vie d'*U. Lactuca* se distingue par la succession de deux formes de thalles.

Le sporophyte qui produit les spores et le gamétophyte qui libère les cellules reproductrices (gamètes à deux flagelles), ce qui donne au bord du thalle une couleur blanche. (**Service municipal de l'environnement de Luc-sur-Mer, 2007**).

### 3.4 Ecologie :

Espèce qui apprécie la lumière, *Ulva lactuca* se retrouve dans les eaux peu profondes et bien éclairées de la zone côtière, s'étendant du supra littoral à l'infra littoral, et elle est surtout présente dans les mares permanentes.

Elle se développe principalement sur les rochers en compagnie des entéromorphes, là où l'eau douce, plus ou moins polluée d'origine domestique ou provenant du lessivage de sols contenant divers engrais, arrive.

Désignée comme Thio nitrophile, on la rencontre fréquemment dans les ports, où elle montre une grande tolérance à la pollution dans un environnement asphyxié (elle supporte les milieux riches en composés soufrés — « Thio » — et azotés — « intro » — issus des fermentations organiques).

Bien qu'elle soit généralement observée le long du littoral en tant qu'espèce épilithe ou épiphyte, elle peut également survivre jusqu'à 10 mètres de profondeur si la lumière est adéquate. Les courants et les vents la transportent vers le fond des baies, où elle s'accumule et peut engendrer des nuisances environnementales. (**Service municipal de l'environnement de Luc-sur-Mer, 2007**).

### 3.5 Habitat et Répartition :

*Ulva lactuca* est présente surtout sur les rochers situés dans les zones intertidales et sublittorales et dans les lieux protégés et peu profonds, tels que les lagunes saumâtres et les ports, qui sont bien éclairés. Cette algue s'épanouit dans des environnements gorgés d'eau douce et de ruissellement, riches en nutriments, même lorsqu'ils sont pollués. Elle présente une grande résistance face à l'eutrophisation. (**Botany Journal, 2001**).

Son éparpillement est global, Dans la région méditerranéenne, *Ulva lactuca* est l'espèce la plus

courante du genre *Ulva*. (**Mediterraneo, 2015**).

➤ **Répartition en Algérie :**

En Algérie, *Ulva lactuca* est largement répartie tout au long du littoral méditerranéen, des côtes ouest à l'est, où elle colonise principalement les zones rocheuses peu profondes et riches en nutriments.

### **3.6 Reproduction :**

Le cycle de reproduction implique une succession régulière de deux générations identiques, dont les thalles produisent respectivement des gamètes isogames et des zoospores créées à l'intérieur de cellules fertiles situées sur la bordure du thalle.

Initialement, les deux gamètes se combinent pour former une cellule bilobée qui présente encore quatre flagelles. C'est un plano zygote (œuf en mouvement), par la suite, le zygote se débarrasse de ses flagelles, devient rond et se divise en quatre zoospores avec une réduction du nombre de chromosomes (**Ozenda, 1990**).

### **3.7 Profil nutritionnel d'*Ulva lactuca* :**

*Ulva lactuca* est une algue verte reconnue pour sa richesse en éléments nutritifs. Elle présente un intérêt particulier en tant qu'ingrédient naturel grâce à sa composition en protéines, fibres, minéraux, vitamines et autres composés bénéfiques pour la santé (**Hamed et al., 2014**).

➤ **Les protéines et les acides aminés :**

Les recherches sur la composition biochimique d'*Ulva lactuca* ont montré des résultats très variés concernant le taux de protéines. Par exemple, (**Taboada et al., 2009**) ont mesuré un taux de 17,8 % pour une algue récoltée en Espagne, tandis que (**Satpati, 2011**) a trouvé un taux beaucoup plus bas de 6,64 % pour la même espèce en Inde. En Turquie, (**Irkin et al., 2014**) ont observé que la teneur en protéines fluctue selon le lieu de récolte et la saison, avec des valeurs allant de 4,81 % à 21,21 % en été. En revanche, une étude menée par (**Rouxel et al., 2001**) sur *U. lactuca* récoltée en France a révélé que le taux de protéines atteint son maximum en décembre, variant entre 11,3 % et 23,6 % selon les saisons.

➤ **Les lipides et les acides gras :**

Les lipides représentent une faible proportion de la matière sèche des algues, généralement comprise entre 1 et 5 %. Cependant, elles se distinguent par leur richesse en acides gras polyinsaturés (AGPI), notamment les oméga-3 et oméga-6, reconnus pour leur rôle dans la prévention des maladies cardiovasculaires, de l'arthrose et du diabète (**Ivanova et al., 2013**). Chez *Ulva lactuca*, la teneur lipidique totale peut varier de 0,79 à 12 %, selon des facteurs tels que l'environnement, les méthodes de culture et la composition du milieu. En outre, cette algue constitue une source potentielle de lipides simples et de glycolipides, dont les concentrations fluctuent selon l'habitat et les paramètres abiotiques comme l'exposition à la lumière, la salinité ou la pollution (**Ilknur et al., 2015**) (**Satpati, 2011**).

➤ **Les polysaccharides et les fibres alimentaires :**

*Ulva lactuca* renferme une quantité significative de polysaccharides et de fibres alimentaires. Parmi ces éléments, on retrouve principalement des ulvanes, des polysaccharides propres aux algues vertes, qui peuvent exercer des effets bénéfiques sur la santé, tels que des propriétés antioxydants et protectrices pour le système immunitaire (**Papaioannou et al., 2022**). En outre, sa richesse en fibres soutient une digestion saine et participe au bon fonctionnement du système digestif. Ces composants font d'*Ulva lactuca* un aliment intéressant pour la nutrition et la prévention de certains troubles digestifs (**Lahaye et Jegou, 1993**).

➤ **Les vitamines et les minéraux :**

*Ulva lactuca*, comme d'autres macro algues, est une excellente source de vitamines du groupe B, notamment les vitamines B1, B2 et B12 (**Hamed et al., 2014**). Elle constitue une source importante de vitamine B12 pour les humains, particulièrement bénéfique pour les végétariens stricts, qui sont souvent carencés en cette vitamine (**Watanabe et al., 1999**). Bien que la vitamine A soit dominante, les vitamines E et C y sont également présentes en quantités significatives (**Taboada et al., 2009**).

Par ailleurs, *Ulva lactuca* est naturellement riche en minéraux essentiels tels que le calcium, le sodium, le potassium et le magnésium (**Hamed et al., 2014**). Une analyse de sa composition minérale a révélé un rapport équilibré sodium/potassium (15,9 et 15,6 g/kg respectivement) et une teneur en magnésium de 20,94 g/kg (**Taboada et al., 2009**). La concentration en calcium atteint environ 5,24 g/kg, dépassant les niveaux retrouvés dans des fruits comme les pommes ou les oranges (**Taboada et al., 2009**).

Les algues marines se distinguent également par leur teneur élevée en iode, liée à leur environnement marin (**Hamed et al., 2014**). *Ulva lactuca* contient aussi du fer en proportions notables, allant de 2 à 7 g/kg selon (**Taboada et al., 2009**), et pouvant atteindre jusqu'à 77 g/kg d'après une étude menée sur les côtes roumaines (**Sîrbu et al., 2006**).

➤ **Les pigments et les composés phénoliques :**

Les pigments impliqués dans la photosynthèse absorbent l'énergie du soleil et influencent la coloration des algues en fonction de la quantité de chlorophylles (**Hamed et al., 2014**), particulièrement la chlorophylle a, qui joue un rôle crucial dans la photosynthèse (**Satpati, 2011**). Pour *Ulva lactuca*, le niveau de chlorophylle atteint 0,77 ng/g (nano gramme de chlorophylle par gramme d'algue sèche). En outre, les caroténoïdes, qui possèdent des structures complexes, donnent une couleur jaune-rougeâtre.

➤ **L'eau :**

Les algues sont principalement composées d'environ 90 % d'eau, localisée dans la vacuole cellulaire, le cytoplasme et la paroi des cellules (**Faller, 2011**). *Ulva lactuca* renferme entre 76 et 83,56 % d'eau. Ce pourcentage peut varier selon les nutriments disponibles dans l'environnement. On a observé une réduction de la teneur en eau en présence d'une source de carbone, tandis que l'ajout de nitrates dans le milieu augmente significativement cette teneur (**Ilknur et al., 2015**).

➤ **Les Cendres :**

La proportion de cendres dans les algues est généralement plus élevée que celle des plantes terrestres. Chez *Ulva lactuca*, elle varie selon les études, comprise entre 11 et 35 %, en fonction des conditions de croissance (**Ilknur et al., 2015**). La structure biochimique d'*Ulva lactuca* diffère également selon les zones géographiques, les saisons et des facteurs environnementaux tels que la température de l'eau, la salinité, la lumière, ainsi que la disponibilité en nutriments et en minéraux (**Irkin et al., 2014**).

### 3.8 Effets sur la santé :

➤ **Propriétés antioxydantes :**

*Ulva lactuca* est une algue qui contient de nombreux composés bénéfiques, notamment des antioxydants comme les polyphénols, les caroténoïdes (y compris le  $\beta$ -carotène), ainsi que des vitamines telles que la vitamine C (**Hassan et al., 2011**). Ces agents antioxydants jouent un rôle crucial en neutralisant les radicaux libres présents dans le corps, ce qui contribue à réduire le stress oxydatif (**Qi et al., 2005**). Ce stress est associé à de nombreuses affections chroniques, telles que

les maladies cardiovasculaires et certains types de cancer. Des recherches ont montré que les extraits d'*Ulva lactuca* présentent une efficacité de piégeage des radicaux libres comparable à celle des antioxydants de synthèse, ce qui en fait une candidate prometteuse pour la conservation des aliments et la fabrication de compléments alimentaires (Khairy et El-Sheikh, 2015).

➤ **Activités antimicrobiennes et antivirales :**

Des recherches ont montré que les extraits d'*Ulva lactuca* présentent des effets antimicrobiens contre plusieurs types de pathogènes (Alghazeer et al., 2013), y compris des bactéries et des champignons. Ces effets bénéfiques sont attribués à la présence de composés bioactifs tels que les polysaccharides sulfatés, capables de freiner la prolifération des germes responsables d'infections (Tan et al., 2012). Par ailleurs, d'autres études suggèrent que cette algue possède également un potentiel antiviral (Ahmadi et al., 2015), ce qui ouvre la voie à son utilisation dans des traitements préventifs ou comme complément pour lutter contre certaines infections virales.

➤ **Effets antihyperlipidémiques :**

*Ulva lactuca* est couramment utilisée dans les pratiques traditionnelles pour contribuer à la régulation des lipides sanguins. Plusieurs études ont démontré son efficacité à réduire les taux de cholestérol total et de cholestérol LDL, connu comme le « mauvais » cholestérol. Cette propriété lui confère un intérêt particulier dans la prévention des maladies cardiovasculaires. Les effets bénéfiques observés sont principalement attribués aux polysaccharides qu'elle contient, lesquels jouent un rôle clé dans la modulation du métabolisme lipidique (Pengzhan et al., 2003).

➤ **Propriétés anti-inflammatoires et anti tumorales :**

Les éléments présents dans *Ulva lactuca* possèdent également des propriétés anti inflammatoires, susceptibles de contribuer à la réduction des réactions inflammatoires dans l'organisme, ce qui pourrait être utile dans le traitement de maladies inflammatoires chroniques (Margret et al., 2009). Concernant ses effets anti tumoraux, certaines études ont montré que des extraits d'*Ulva lactuca* peuvent inhiber la prolifération des cellules cancéreuses en agissant notamment sur le processus d'apoptose, ou mort cellulaire programmée (Lee et al., 2004).

➤ **Propriétés anticoagulantes :**

Les polysaccharides présents dans *Ulva lactuca*, en particulier l'ulvan, présentent des effets anticoagulants en inhibant l'action de la thrombine et en renforçant l'efficacité du cofacteur II de L'héparine. Des recherches ont montré qu'ils prolongent le temps d'activation de la thromboplastine dans le plasma humain, démontrant ainsi leur efficacité (Mao et al., 2006). Ces propriétés suggèrent un potentiel pour leur utilisation dans le traitement des troubles de la coagulation ou dans les dispositifs médicaux utilisés pour le prélèvement sanguin, offrant une alternative naturelle aux anticoagulants de synthèse.

➤ **Propriétés antidiabétiques :**

Des études ont montré que *Ulva lactuca* exerce des effets bénéfiques sur la régulation de la glycémie principalement grâce à la présence de composés bioactifs tels que les polysaccharides sulfatés. Ces derniers exercent une action inhibitrice sur l'enzyme alpha-glucosidase, ce qui ralentit la dégradation des glucides et permet de modérer les élévations de la glycémie postprandiale (Yu et al., 2017). De plus, ces polysaccharides participent à l'équilibre du microbiote intestinal et renforcent la signalisation de l'insuline, contribuant ainsi à une meilleure gestion du diabète de type 2 (Li et al., 2019). Leur activité antioxydante permet également de limiter les effets du stress oxydatif induit par l'hyperglycémie, réduisant ainsi le risque de complications métaboliques associées à cette pathologie (Wijesekara et al., 2011).

### 3.9 Utilisations d'*Ulva lactuca* (Laitue de Mer) :

➤ **Alimentation Humaine :**

**Consommation directe (fraîche, séchée, en poudre) :**

Utilisée dans les soupes, salades et plats traditionnels en Asie (Japon, Chine) et Europe (Irlande, France) (Holdt et Kraan., 2011).

➤ **Industrie cosmétique :**

L'extrait d'*Ulva lactuca* est très recherché dans les soins de la peau en raison de ses bienfaits hydratants, antioxydants et apaisants. Il contient une grande quantité de vitamines A, C et E, ainsi que des caroténoïdes et des flavonoïdes, qui aident à protéger la peau contre les agressions des radicaux libres (Kim et al., 2008).

➤ **Agriculture et aquaculture :**

L'*Ulva lactuca*, grâce à sa croissance rapide et sa capacité à capter les nutriments, est employée

comme biofiltre dans les systèmes d'aquaculture afin d'améliorer la qualité de l'eau (**Copertino et al., 2009**).

➤ **Applications pharmacologiques :**

Des études ont montré que *Ulva lactuca* présente plusieurs activités biologiques, notamment des propriétés antibactériennes (**Souza et al., 2020**), antifongiques et antioxydantes (**Admassu et al., 2018**), anti-inflammatoires (**Souza et al., 2020**), ainsi qu'une activité anticancéreuse (**Wang et al., 2021**), attribuées à sa richesse en composés bioactifs. Ces propriétés offrent un large éventail d'applications potentielles, notamment dans la réduction des phénomènes inflammatoires, la protection contre les dommages oxydatifs liés au stress cellulaire et l'inhibition de la prolifération des cellules cancéreuses. En outre, *Ulva lactuca* pourrait favoriser la cicatrisation des plaies et constituer une base prometteuse pour le développement de thérapies naturelles innovantes. Toutefois, des études cliniques supplémentaires restent nécessaires pour confirmer son efficacité chez l'humain.

➤ **Alimentation animale :**

*Ulva lactuca* est une algue qui présente un fort potentiel en alimentation animale en raison de sa richesse en nutriments. Son incorporation dans les régimes alimentaires a montré des effets positifs sur la croissance, la santé et l'immunité des animaux, notamment chez les porcelets et les crevettes en aquaculture (**Valente et al., 2006**). Elle constitue ainsi une alternative naturelle prometteuse aux additifs classiques.

Par ailleurs, son intérêt nutritionnel a également été démontré chez les volailles (**Ventura et al., 1994**).

## 4. Couscous comme produit alimentaire :

### 4.1 Définition :

Il n'existe pas de définition spécifique du couscous dans la réglementation ce dernier est généralement classé parmi les produits dérivés du blé dur, à l'instar des pâtes alimentaires (GUEZLANE et al., 1998).

Le couscous est un produit dérivé de la semoule de blé dur, agglomérée avec de l'eau, puis soumise à des traitements mécaniques (malaxage, roulage) et thermiques (pré-cuisson, séchage) Aucun additif n'est utilisé, hormis éventuellement du sel dans l'eau d'hydratation (AFNOR, 1991). Il se présente comme une pâte granuleuse précuite à la vapeur, séchée et conditionnée (Yousfi, 2002). On distingue le couscous humide, consommé immédiatement, et le couscous sec, destiné à une conservation prolongée (Guezlane et al., 1986).

### 4.2 L'origine de couscous et l'étymologie du mot couscous :

Le couscous est un produit alimentaire très ancien, inventé il y a environ 2000 ans (Hammani et Sissons., 2020). C'est un plat traditionnel d'Afrique du Nord, dont l'origine remonte à l'Antiquité. Il est notamment associé aux populations berbères du Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie, Libye) (Mohammed et Slimani., 2016).

L'origine du mot couscous n'est pas très claire, il pourrait venir de l'arabe *kouskous* ou du berbère *k'seksu*. Il pourrait aussi être dérivé d'un mot arabe *kaskasa*, qui signifie piler, ou d'un autre qui fait référence à la nourriture que les oiseaux donnent à leurs petits (Rodinson, 1949). De plus, le nom de ce plat varie selon les régions et les ingrédients utilisés. Par exemple, on l'appelle maftoulmoghriyyeh dans les pays de l'Est de la Méditerranée et suksukaniyyah au Soudan (Dagher, 1991).

### 4.3 Profil nutritionnel du couscous :

L'évaluation du profil nutritionnel permet de définir la composition en macronutriments des matières premières employées ainsi que celle du produit final, dans le but d'analyser leur qualité nutritionnelle et leur potentiel fonctionnel.

**Tableau 3 : Composition nutritionnelle de couscous industriel (Hebrard, 2002).**

Composition (g / 100 g de matière sèche)	Semoule du blé dur	Farine du blé tendre	Couscous moyen
Teneur en eau	14,5 ± 0,4	15,5 ± 0,3	9,8 ± 0,3
Teneur en amidon	86,2 ± 6,0	70 ± 6,0	85,6 ± 6,0
Teneur en amidon gélatinisée	5,9 ± 0,3	-	71,8 ± 3,6
Teneur en protéines totales	13,5 ± 0,5	13,5 ± 0,5	13,5 ± 0,5
Teneur en protéines solubles	12,7 ± 0,6	-	2,2 ± 0,1
Teneur en pentosanes totales	1,7 ± 0,2	1,6 ± 0,2	1,4 ± 0,1
Teneur en pentosanes solubles	0,1	0,1	0

Le couscous contient une forte proportion de glucides (70%), mais il est faible en protéines (13%) et en matières grasses (2%). Il contient également une vaste diversité de minéraux (Mg, P, K, Ca, Mn, Fer, Cu, Zn) ainsi que de vitamines (B1, B2, B3, B5, B6, B9).

Par ailleurs, le couscous se distingue par une faible concentration en protéines solubles (2,2%) et une forte teneur en amidon gélatinisé (71,8%), comparativement à la semoule de blé dur (12,7% et 5,9% respectivement). Ces variations sont attribuées aux transformations physico-chimiques engendrées par le procédé de production (Hebrard, 2002).

Le couscous peut fournir 350 calories pour 100 grammes de matière sèche. Il convient de souligner que le couscous n'est pas systématiquement consommé tel quel, mais souvent accompagné d'accompagné de légumes, de viandes et de Produits laitiers tel que le leben (Dagher, 1991).

#### 4.4 Production de couscous artisanal et industriel :

##### 4.4.1 Méthode de production de couscous artisanal :

###### ➤ Malaxage :

D'après (Benatallah et al., 2006), le processus de roulage implique d'humidifier progressivement la semoule en ajoutant de petites quantités d'eau, de la travailler manuellement par frottement, puis de la sécher partiellement avec de la semoule fine. Cette procédure est répétée jusqu'à ce que le diamètre de grain désiré soit atteint. La qualité de cuisson, le rendement du couscous et la facilité de roulage sont étroitement liés au taux d'hydratation appliqué à la semoule ainsi qu'à la durée du

mélange (Benatallah, 2006).

➤ **Roulage**

Après la phase de malaxage, il faut rouler le couscous obtenu d'avant à l'arrière avec la paume de la main pour garantir une bonne combinaison et stimuler l'absorption de l'humidité. Poursuivez le roulage tout en incorporant la semoule à grains fins jusqu'à ce qu'elle soit amalgamée en gros grains uniformément formés.

D'après (Yettou, 1998), le roulage consiste à façonner le couscous en agglomérant des particules de semoule humidifiée.

➤ **Tamissage :**

Afin d'assurer une consistance homogène du couscous, deux opérations de tamissage sont réalisées. Le premier tamissage sert à éliminer les gros agglomérats, tandis que le second a pour but de retirer les particules fines de semoule non agglomérées, qui sont ensuite réutilisées. La dimension des particules de semoule employées impacte le niveau de formation des grumeaux (Yousfi, 2002).

➤ **Cuisson à la vapeur (Pré-cuisson) :**

Le couscous, une fois tamisé, est placé dans un couscoussier qui comporte deux compartiments. Un contenant d'eau en ébullition situé en bas, surplombé par un autre récipient (couscoussier) de 13 cm de hauteur perforé afin de permettre la circulation de la vapeur et dans lequel on positionne l'aliment à préparer. La durée de la précuisson est de 10 minutes.

La précuisson est un processus hydro thermique nécessaire du couscous après sa mise en forme pour transformer l'amidon gélatinisée et prévenir l'agrégation des particules de couscous pendant la cuisson (Chemache, 2018).

➤ **Séchage :**

Le séchage vise à diminuer l'humidité du couscous précuit de 30% à une plage de 12-15% en fin de processus, afin de stabiliser le produit final et d'en garantir une conservation optimale. Pour ce faire, il faut étendre le couscous sur un tissu propre, à température ambiante sous une couverture anti-poussière pendant 2 à 3 jours.

Habituellement, la durée de séchage dépend de la température environnante et du taux d'humidité. Après la phase de séchage, le produit final est désigné sous le nom de « couscous sec ». Il est

emballé dans des sacs en toile et stocké à une température ambiante dans un lieu sec. Afin d'augmenter la durée de conservation ou d'améliorer les caractéristiques organoleptiques du couscous, les femmes au foyer incorporent souvent d'autres éléments au couscous non cuit, tels que des poivrons noirs ou rouges ainsi que des feuilles de laurier (**Chemache et al., 2018**).

#### 4.4.2 La méthode de fabrication industrielle :

La production industrielle du couscous s'inspire de manière étroite de la méthode artisanale, en intégrant ses principes essentiels.

Les étapes clés de la fabrication sont les suivantes :

##### ➤ **Hydratation et malaxage :**

L'objectif de cette procédure est de préparer et de combiner le mélange eau/semoule afin de le rendre prêt à la production du couscous, en veillant à ce que les éléments se mélangent de manière uniforme et selon les proportions déjà définies.

Cette opération consiste à combiner de la semoule de blé dur (100 kg), de l'eau (30 L) et occasionnellement du sel (0,3 - 0,5 kg), et prend généralement entre 15 et 25 minutes (**Feillet, 2000**).

##### ➤ **Roulage :**

Le processus de roulage consiste à agglomérer les particules de semoule en grains de tailles variables, généralement entre 500 et 800  $\mu\text{m}$ , parfois davantage. Cette opération se fait à l'aide de cylindres rotatifs alvéolés (rouleurs) ou de simples plansichters (**Feillet, 2000**).

Comme l'affirme (**Yousfi, 2002**), les cylindres alvéolés constituent des tambours tournants où le moule est enroulé par le frottement des palettes sur une toile dans la direction opposée du tambour. Le module est conçu pour effectuer simultanément le roulage et le tamisage du produit, tandis que le plansichter se compose de deux tamis dotés d'un mouvement circulaire. Il garantit simultanément le roulage et le calibrage du produit (**Yousfi, 2002**).

##### ➤ **Cuisson :**

Selon Boudreau et Ménard (1992), la cuisson à la vapeur pendant 8 minutes repose sur quatre éléments principaux : un distributeur, un tapis transporteur, un concasseur (ou démotteur) et un aspirateur de vapeur. Le distributeur permet d'étaler uniformément le couscous sur toute la largeur

et de réguler le temps de cuisson. Le tapis transporteur diffuse la vapeur à une vitesse réglable. Le démotteur sert à briser les grumeaux formés après la cuisson, tandis que l'aspirateur de vapeur capte l'excédent de vapeur afin d'éviter sa dispersion dans l'environnement ambiant (**Boudreau, 1992**).

➤ **Le séchage :**

Le séchage est un principe fondamental de la conservation du couscous. Selon (**Boudreau et Menard, 1992**), le séchage se déroule en deux phases : la première à 65°C pendant 120 minutes et la seconde à 55°C pendant 270 minutes.

Le processus de séchage à une température de 50-70°C pendant plusieurs heures pour obtenir un taux d'humidité final de 12-14%, puis un refroidissement (**Feillet, 2000**).

➤ **Le calibrage :**

Le calibrage est l'étape qui permet de catégoriser les diverses sortes de couscous. Ce dispositif est équipé d'un plansichter comportant plusieurs tamis de différentes tailles qui assurent le tri des particules en fonction de leurs dimensions.

Les particules fines sont renvoyées en amont de la chaîne, vers la mélangeuse, pour être recyclées. Les grandes particules et les sphères seront pilées puis réacheminées vers la chaîne aux emplacements des séchoirs (**Boudreau, 1992**).

#### **4.5 Qualité du couscous :**

Un couscous de qualité est considéré comme un produit raffiné, ayant une granulométrie uniforme et une couleur jaune pâle. Lorsque les grains de couscous sont cuits et hydratés, ils doivent rester entiers et distincts les uns des autres. Lors de la consommation, le couscous doit être ferme et ne pas avoir une texture collante (**Aboubacar, 1999**).

Les grains doivent être capables d'absorber beaucoup et de conserver leur structure même après avoir été cuits à la vapeur ou en ajoutant de la sauce (**Ounane et al., 2006**).

➤ **Qualité nutritionnelle :**

La valeur nutritionnelle d'un aliment est déterminée non seulement par ses propriétés intrinsèques, à savoir sa composition, mais aussi par les conditions de sa préparation et de sa consommation (**Derouiche, 2003**).

Grâce à sa teneur élevée en glucides (75g/100g), le couscous constitue une source significative de calories dans l'alimentation, apportant 350 kcal pour 100g de ms (**Dagher, 1991**).

➤ **Qualité hygiénique :**

Conformément à la norme de Codex Alimentaires (202-1995), le couscous doit être libre de microorganismes susceptibles de proliférer dans le produit sous des conditions d'entreposage standard et ne doit comporter aucune substance provenant de microorganismes en proportions susceptibles de nuire à la santé.

À l'instar des pâtes, la qualité hygiénique du couscous peut être jugée excellente, à condition de respecter rigoureusement les normes d'hygiène durant le processus de fabrication, en particulier lors de la précuisson et du séchage (**Codex alimentarius, 1995**).

➤ **Qualités organoleptiques :**

Un couscous de « haute qualité » se caractérise par sa couleur jaune ambrée et son excellente capacité d'absorption. Une fois humidifié, ses grains restent bien séparés et fermes.

La qualité organoleptique du couscous inclut la qualité marchande, qui concerne l'aspect du couscous (teinte, dimension des particules, forme des grains, etc.), et la qualité en cuisine, qui dépeint le comportement du couscous pendant la cuisson (gonflement, absorption, etc.), ainsi que d'autres caractéristiques telles que sa décomposition et sa consistance. Les critères de la qualité commerciale du couscous sont les suivants : (**Guezlane, 1993**).

**1. Couleur du couscous :**

Les grains de couscous se distinguent par une teinte jaune claire (**Guezlane, 1993**). Est largement déterminée par la couleur originelle de la semoule de blé dur. Elle se manifeste dans l'aspect du produit final par une nuance claire et une couleur jaune ambrée (**Debbouzet al., 1994**).

**2. Granulométrie des particules :**

Selon le Codex Alimentarius (norme de codex 202-1995), la taille du couscous doit se situer entre 630 et 2000  $\mu\text{m}$ .

**3. Masse volumique du couscous :**

Le couscous artisanal a une masse volumique qui varie de 0,60  $\text{g}/\text{cm}^3$ , tandis que celle du couscous industriel est de 0,79  $\text{g}/\text{cm}^3$  (**Debbouz et al., 1996**).

La masse volumique du couscous à base de semoule supérieure est légèrement plus élevée que celle du couscous à base de semoule courante (**Derouiche M, 2003**).

**4. Forme des particules :**

La qualité du couscous sec se manifeste par une granulométrie uniforme, et par la forme ronde **(Derouiche M, 2003)**.

On peut caractériser la quasi-sphéricité des grains de couscous par microscopie électronique à balayage **(Debbouz et Donnelly, 1996)**.

➤ **Qualité culinaire :**

La qualité culinaire d'un aliment se réfère à la manière dont l'aliment se comporte pendant et après sa préparation **(YETTOU, 1998)**.

D'autre part, toujours selon cet auteur, l'objectif de la cuisson des denrées céréalieres est de transformer l'amidon en le gélatinisant pour lui conférer une affinité avec l'eau, de changer la texture des produits afin d'obtenir les propriétés désirées et d'augmenter leur température.

**1. Gonflement :**

On parle également de l'absorption d'eau : c'est la mesure de la quantité d'eau que le couscous peut absorber durant la cuisson. Gonflement du couscous est influencé par la durée de cuisson, le volume d'eau incorporé, la taille des grains de couscous ainsi que la proportion de gluten.

**2. Le collant :**

La texture collante de la semoule est cruciale pour la formation des grains de couscous. Cela dépend principalement du niveau d'hydratation et des caractéristiques physico-chimiques de la semoule **(Benatallah et al., 2006)**.

Le défi principal auquel fait face aujourd'hui l'industrie du couscous prêt-à-manger est le phénomène de la remontée du collant, qui découle de la qualité des lipides complexes présents dans le couscous, entraînant ainsi une hausse de sa nature collante.

**3. Perte de la matière première :**

Un couscous de qualité ne se désagrège pas lorsqu'on y verse de la sauce chaude. Plus il perd de matière sèche, moins il sera bon en cuisine. Les pertes lors de la cuisson nous indiquent le niveau de désagrégation du couscous **(Feillet, 2000)**.

**4.5 Le couscous comme base innovante pour un produit sain :**

Le choix du couscous comme base de formulation repose sur son statut de plat traditionnel très apprécié et largement consommé en Algérie, ce qui facilite son acceptation par les consommateurs. Sa composition à base de semoule se prête bien à l'incorporation d'ingrédients fonctionnels tels

que la macroalgue *Ulva lactuca*. L'enrichissement avec cette algue permet d'améliorer la qualité nutritionnelle du couscous — notamment en fibres, protéines et antioxydants — tout en le rendant plus adapté aux besoins des personnes diabétiques ou insulino-résistantes. Cette démarche vise ainsi à proposer une alternative saine à un plat familial, dans un contexte de lutte contre les maladies métaboliques. **(Benatallah et al., 2018)**.

#### 4.6 Les variétés du couscous enrichi :

##### ➤ Couscous à base de gland :

L'utilisation des glands pour élaborer du couscous constitue une alternative intéressante permettant d'enrichir la qualité nutritionnelle du produit. Riches en amidon, fibres et minéraux, les glands — fruits du chêne vert — ne contiennent pas de gluten, ce qui les rend adaptés aux personnes atteintes de la maladie cœliaque. Bien que peu répandu sur le marché algérien, ce type de couscous est encore préparé de façon artisanale dans certaines familles.

Sur le plan nutritionnel, il se distingue par sa teneur élevée en pellicules, favorisant un bon transit intestinal **(Doukani, 2015)**. Une variété régionale, le couscous bilout, à base de glands de chêne-liège, est notamment consommée à Jijel. Servi avec légumes, viandes ou poisson, ce plat traditionnel est réputé pour ses qualités organoleptiques et ses effets antidiabétiques **(Sebti, 2021)**.

##### ➤ Couscous à base de Gartoufa :

Dans la wilaya de Ghardaïa, le couscous agrémenté de plantes, notamment la Gartoufa, est un produit alimentaire traditionnellement apprécié. La Gartoufa, que l'on trouve dans diverses régions de l'Algérie telles qu'El Menia, Beni-Abbas et Ouargla, est très répandue.

Le couscous à base de gartoufa est traditionnellement utilisé pour traiter divers maux tels que les rhumatismes, les courbatures, la déshydratation, la dentition, la dysménorrhée, les problèmes oculaires, la toux, les allergies et les piqûres de scorpions. Les composants essentiels dans la production traditionnelle du couscous enrichi comprennent la semoule de blé dur, l'eau et la poudre de Gartoufa.

Le couscous amélioré peut aussi être dégusté sous forme de salade (dans 40,6% des situations) en y ajoutant des légumes frais tels que la tomate, l'oignon et le poivron doux, ou encore accompagné de Chekchouka **(Bouasla, 2021)**.

➤ **Couscous ELHAMOUM :**

Le Hamoum, produit symbiotique transformé en graines arabiques amorphes, présente de nombreux avantages nutritionnels et sanitaires et pourrait être plus largement utilisé dans l'alimentation de la population pour lutter contre diverses pathologies nutritionnelles comme le diabète et l'obésité. Le Hamoum est obtenu après plus de trois ans de fermentation spontanée dans des silos souterrains (Matmor). Le blé fermenté est principalement consommé en couscous, en soupe, en jus, ou sans accompagnement dans les pays arabes. Cependant, 53% des personnes interrogées font état de troubles digestifs, diarrhées, nausées ou flatulences. L'extrait de germe de Hamoum s'est avéré efficace comme adjuvant dans le traitement du cancer gastro-intestinal (**Drabo et al .,2019**) .

➤ **Couscous Lahmama**

Le lahmama, un mets traditionnel à base de plantes aromatiques et médicinales, est souvent considéré comme le « roi » des plats de table. Provenant des coutumes gastronomiques locales, il est réputé pour ses vertus thérapeutiques, à l'instar de la racine de caroubier employée contre la constipation et de la racine de genévrier utilisée pour traiter les rhumatismes. L'appellation « Lahmama » tire son origine du terme arabe « Hammam », en raison du fait que les végétaux employés pour sa concoction étaient utilisés par la population dans les bains d'eau thermale pour traiter diverses affections. Durant l'ère ottomane, ces herbes médicinales ont été intégrées comme composants du Lahmama, qui a gagné en popularité de par ses vertus de guérison.

Dans sa préparation, on a fait appel à plus de 70 herbes aromatiques, parmi lesquelles l'origan, le laurier, le safran, le thuya et bien d'autres.

Traditionnellement, Lahmama est concocté en combinant des plantes séchées et débarrassées de leurs feuilles, puis en les intégrant à de l'huile d'olive avant de les faire revenir dans un couscoussier. Pour bénéficier pleinement de ses effets attendus, il est conseillé de prendre le Lahmama en solitaire. Le Lahmama est vu comme un remède universel pour diverses affections, en particulier pour prévenir des maladies telles que le diabète, l'anémie et le rhumatisme, tout en aidant à stimuler la circulation sanguine (**Amrouni, 2022**).

➤ **Couscous à base de la spiruline :**

Le couscous enrichi en spiruline montre une augmentation notable de la teneur en protéines

d'environ 10%, atteignant 13,64 g pour celui fait avec de la biomasse fraîche et 13,51 g pour celui préparé à partir de spiruline déshydratée. L'intégration d'une quantité limitée de biomasse dans 100 g de semoule témoigne de l'efficacité de l'incorporation d'au moins une certaine quantité de biomasse de spiruline afin d'amplifier le contenu protéique du produit final. La dégustation réalisée par un jury sur divers échantillons de couscous cuit a abouti à la conclusion que le couscous enrichi en spiruline est apprécié (**Doumandji, 2012**).

➤ **Couscous de maïs :**

Le couscous de maïs (*Zea mays L.*), que l'on consomme dans le sud du Bénin, est un produit granuleux issu de la cuisson à la vapeur préalable de la pâte non fermentée de maïs, connue sous le nom de mawè (**Hounhouigan et al., 1993**), qui a été préalablement façonnée en granules (**Houssou, 1996**). Suite à cette pré-cuisson, le couscous peut être soit préparé et immédiatement savouré avec une sauce à base de viande ou de poisson ; soit séché et correctement emballé pour une conservation d'au minimum un an.

Cependant, le temps de préparation prolongé (minimum 24 heures) signifie que les consommateurs ne peuvent pas l'avoir quand ils le souhaitent (**IFDC-Bénin, 2023**).

## **Matériel & méthodes**

## CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

L'objectif de ce projet est de développer un produit alimentaire sain, innovant et spécifiquement adapté aux besoins nutritionnels des personnes atteintes de diabète ou souffrant de résistance à l'insuline. Pour évaluer la qualité et l'innocuité de la poudre d'algue ainsi que du produit fini, diverses analyses ont été réalisées, incluant des tests physico-chimiques et microbiologiques.

L'ensemble des travaux expérimentaux a été mené au sein des laboratoires de l'École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral (ENSSMAL) et du laboratoire de la station de recherche et d'expérimentation Mehdi Boualem, relevant de l'Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie (INRAA).

### 1. La Récolte et la Préparation de l'échantillon :

#### 1.1 Zone de récolte :

L'algue verte *Ulva lactuca* est l'une des espèces les plus répandues le long des côtes algériennes. Les thalles d'*U. lactuca* utilisés dans notre étude ont été récoltés en début de période printanière, le 11 mars 2025, au niveau de la plage de Sghirat (coordonnées : 36°47'15.9"N, 3°32'17.7"E), située dans la commune de Thénia dans la wilaya de Boumerdès en Algérie.



*Figure 3 : Localisation géographique du site de récolte*

Le site de récolte se distingue par la présence de sable et de roches dures, offrant un support favorable à la fixation des algues.

Les paramètres physico-chimiques relevés au moment de l'échantillonnage indiquent une température moyenne de l'eau de 17,5°C, un pH faiblement alcalin de 8,23 et une salinité stable

proche de 36,6 ‰. L'environnement est celui d'un milieu marin côtier algérien typique au printemps favorable à la croissance importante de macroalgues telles que *Ulva lactuca*.

**Tableau 4 : paramètre physico chimique de site de récolte**

Température C°	PH	Salinité
18,1	8,25	36,4
17,3	8,22	36,7
17,1	8,21	36,7



**Figure 4 : La récolte de l'algue**

Les algues sont récoltées à la main à une profondeur variant entre 0,5 et 1 mètre, puis transportées dans des sacs en plastique au laboratoire de l'ENSSMAL (École Nationale des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral

La plage a été choisie pour la récolte d'*Ulva lactuca* en raison de ses conditions environnementales idéales : eau propre, salinité et température favorables, ainsi qu'une faible exposition à la pollution, ce qui en fait une source organique adaptée à une utilisation alimentaire fonctionnelle.

### 1.2 Description d'*Ulva lactuca* au moment de la récolte :

*Ulva lactuca* est une algue verte à thalle plat, fin, souple et ondulé, en forme de feuille de laitue. Elle mesure entre 10 et 30 cm, présente une couleur vert clair à vert foncé, et se fixe aux substrats par un petit disque basal. Son thalle est translucide et constitué de deux couches cellulaires.

### 1.3 La préparation de la poudre :

La préparation de la poudre d'algue s'effectue en deux étapes majeures. La première étape inclut le prétraitement de l'algue (rinçage, séchage, broyage et de stockage), ce qui permet d'obtenir une poudre uniforme. La seconde étape est dédiée aux analyses microbiologiques et aux tests de toxicité liés aux métaux lourds, effectués pour s'assurer de la qualité sanitaire et de la sécurité de

la poudre. Ces vérifications sont cruciales pour garantir son adéquation à la consommation humaine.

### 1.3.1 Le prétraitement de l'algue :

#### ➤ Le rinçage :

Les thalles d'*Ulva lactuca* ont d'abord été débarrassés des débris, des petits crustacés ainsi que des autres espèces d'algues présentes. Ils ont ensuite été lavés plusieurs fois à l'eau du robinet pour éliminer les impuretés superficielles, puis rincés à l'eau distillée afin de retirer les résidus de sels et autres particules indésirables. Un nettoyage minutieux a suivi pour retirer les épiphytes (organismes fixés à la surface) ainsi que les tissus nécrotiques, assurant la qualité et la pureté de l'échantillon.



*Figure 6 : Le rinçage*



*Figure 5 : Ulva Lactuca*

#### ➤ Séchage et Broyage :

Après la phase de nettoyage, les thalles d'*Ulva lactuca* ont été soumis à un séchage dans une étuve ventilée à une température constante de 45 °C pendant trois jours. Ce séchage contrôlé a permis de réduire la teneur en humidité sans altérer la nature biochimique de l'échantillon. Une fois les thalles complètement déshydratés, ils ont été broyés à l'aide d'un hachoir de laboratoire jusqu'à l'obtention d'une poudre homogène. La poudre obtenue a ensuite été tamisée afin d'uniformiser la granulométrie et d'éliminer les particules trop grossières.



*Figure 7 : Séchage*



*Figure 8 : Ulva Lactuca bien séchée*



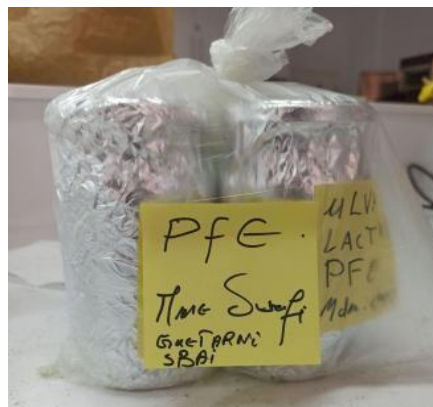
*Figure 9 : Broyage*



*Figure 10 : Poudre d'algue*

### ➤ Stockage :

La poudre d'algue est stockée dans des bocaux hermétiques stériles, recouverts de papier aluminium afin de les protéger de la lumière, puis placés dans un dessiccateur. Cette technique garantit un environnement sec et sombre, assurant la préservation de la poudre sans dégradation sur une longue durée.



*Figure 11 : Poudre d'algue*

## 2. Analyses réalisées sur la poudre d'algue :

Dans le but de vérifier la qualité sanitaire et les propriétés fonctionnelles de la poudre *d'Ulva lactuca*, plusieurs analyses ont été menées. Les analyses microbiologiques ont permis d'évaluer la charge microbienne et de détecter d'éventuels agents pathogènes. La teneur en métaux lourds a été déterminée afin de s'assurer de la conformité du produit aux normes de sécurité alimentaire. Enfin,

l'activité antioxydante a été analysée pour estimer le pouvoir protecteur de la poudre contre le stress oxydatif.

### 2.1 Les analyses microbiologiques :

Notre recherche a été réalisée conformément aux exigences de la réglementation actuelle, telles qu'elles sont stipulées dans le Journal Officiel de la République Algérienne (JORADP), n° 39 du 8 Chaoual 1438, correspondant au 2 juillet 2017 (**JORADP, 2017**).

Ces analyses permettent de repérer d'éventuelles contaminations microbiennes et d'identifier les micro-organismes pathogènes ou altérants présents dans la poudre *d'Ulva lactuca*.

#### ➤ La Recherche des *Staphylococcus aureus* :

Les staphylocoques sont des cocci Gram positif, généralement organisés en grappes et capables de croître en aérobiose ou en anaérobiose facultative (**Bourée, 2008**).

Ils se plaisent à se développer dans les environnements légèrement sucrés ou salés. *Staphylococcus aureus*, également connu sous le nom de *Staphylococcus doré*, est responsable d'intoxications alimentaires et d'infections hospitalières, provoquant des plaies graves, des suppurations et des septicémies pulmonaires, chirurgicales. (**Leyral, 1995**).

#### ➤ La recherche *d'Escherichia coli* :

Il s'agit de bacilles gram-négatifs, chimiotrophes, parfois dotés d'une capsule. Ils sont munis d'une ciliature péritriche, ce qui leur confère la capacité de se déplacer pour certaines espèces. Ces bacilles fermentent le glucose (avec ou sans émission de gaz), ils sont facultativement aéro-anaérobies et ont à la fois un métabolisme respiratoire et de fermentation. (**Loukiadis, 2007**)

*E. coli* est souvent recherché dans les aliments comme un signe de contamination fécale, sa présence peut indiquer une possible contamination des aliments par des bactéries pathogènes d'origine intestinale. (**Laskin, 1994**).

#### ➤ La recherche des coliformes fécaux :

Les coliformes thermo tolérants (fécaux) sont caractérisés comme des bactéries anaérobies facultatives, Gram négatif, sans spores, ayant une forme de bâtonnets.

C'est un indicateur d'une contamination récente ou continue, d'origine fécale humaine ou animale. (Centre D'Expertise En Analyse Environnementale Du Québec, 2014.)

➤ **La recherche de salmonella :**

La salmonelle est un bacille Gram négatif, non sporulé, mobile grâce à des flagelles péritriches, qui font partie de la famille des Enterobacteriaceae. C'est une bactérie facultativement anaérobie, capable de réduire les nitrates et de fermenter le glucose, souvent en produisant des gaz.

Elle possède un fort potentiel pathogène, et la présence d'une unité formant colonie (UFC) dans 25 g d'aliment prêt à consommer est suffisante pour entraîner une contamination alimentaire. (Patel et al., 2024).

➤ **La recherche des levures et moisissures :**

Les levures (unicellulaires) et les moisissures (filamenteuses) constituent des champignons microscopiques fréquemment à l'origine de la dégradation des aliments. Certaines espèces ont la capacité de générer des toxines nocives (mycotoxines). L'étude de ces organismes en microbiologie alimentaire est essentielle pour assurer la sécurité sanitaire et la qualité des produits. (Garnier et al., 2017).

➤ **La recherche de *Listeria monocytogène***

*Listeria monocytogène* est une bactérie pathogène responsable de la listériose, une infection grave transmise par les aliments contaminés. Sa recherche est essentielle en agroalimentaire en raison de sa capacité à se développer à basse température et de son impact sur la santé publique (Swaminathan 2007).

**A. Mode opératoire :**

➤ **Préparation de la solution mère :**

Pour la préparation de la suspension mère, il est nécessaire de peser 25 grammes de l'échantillon de poudre d'algue *ulva lactuca* et de les incorporer à un flacon rempli de 225 ml d'eau peptonée stérilisée. Puis, il est nécessaire de positionner le flacon dans un vortex pour assurer un bon mélange des ingrédients. Puis, placez la solution mère dans l'étuve pendant 24 heures à une température de 37°C.



Figure 12 : solution de mère

➤ **Préparation de dilutions :**

Le processus de préparation des dilutions décimales en série pour la suspension mère implique une succession de dilutions dans une solution stérile d'eau peptonée.

Chaque dilution est réalisée en déplaçant 1 ml de la suspension à diluer dans un tube qui contient 9 ml d'eau peptonée. Nous avons réalisé la dilution de  $10^{-1}$  jusqu'à  $10^{-8}$ .

➤ **Ensemencement et incubation :**

L'ensemencement consiste à déposer 0,1 ml de l'échantillon dilué sur un milieu gélosé adapté, afin de permettre la croissance des micro-organismes ciblés (*Staphylococcus spp*, *Escherichia coli*, *coliformes fécaux*, *Listeria monocytogène*, *levures et moisissures*, *Salmonelle spp*). L'inoculation a été réalisée en surface, puis les boîtes de Pétri ont été placées à l'envers dans l'étuve. La température et la durée d'incubation ont été déterminées en fonction du type de micro-organisme recherché, comme le montre le tableau ci-dessous.

Le tableau ci-dessous présente les principaux micro-organismes recherchés dans le cadre du contrôle microbiologique des aliments, ainsi que les milieux de culture spécifiques, les températures et les durées d'incubation nécessaires à leur isolement et leur identification. Ces paramètres sont essentiels pour garantir la sécurité sanitaire des produits alimentaires et détecter toute contamination potentielle.

**Tableau 5** : Conditions de culture (milieu, température et durée d'incubation) des micro-organismes

Micro-organisme recherché	Le milieu de culture	La température d'incubation	Le temps d'incubation
<i>Staphylococcus aureus</i>	Chapman	37°C	24-48 h
<i>Escherichia coli</i>	MacConkey	37°C	24-48h
Coliformes fécaux (thermotolérants)	Désoxycholate	44°C	24-48h
<i>Salmonella</i>	Milieu S-S	37°C	24-48h
<i>Listeria monocytogène</i>	Palcam	37°C	24-48h
Levures et moisissures	Sabouraud	25°C	5 lecture 1 ère 7jours la lecture

➤ **Dans le cas de salmonelle :**

La détection de *Salmonella* s'effectue en trois étapes successives, car la bactérie peut se trouver en faible quantité ou en état de stress. Le pré-enrichissement permet sa réactivation, l'enrichissement favorise sa croissance sélective, et l'isolement sur un milieu spécifique permet son identification.

Ce processus rigoureux est crucial pour prévenir les faux négatifs (Baylis, 2010).

➤ **La Recherche de *Salmonella* spp. En trois étapes :**

La détection de *Salmonella* s'effectue en trois étapes successives, car la bactérie peut se trouver en faible quantité ou en état de stress. Le pré-enrichissement permet sa réactivation, l'enrichissement favorise sa croissance sélective, et l'isolement sur un milieu spécifique permet son identification. Ce processus rigoureux est crucial pour prévenir les faux négatifs. (Bayliset et C. L, (2012).

- **Le pré enrichissement** : le bouillon peptone tamponné 225ml et 25 g de la poudre d'algue puis mettre le mélange dans l'étuve à 37 °C pour l'incubation.



*Figure 13 : l'étape de l'ensemencement*

- **L'enrichissement** : mettre 1ml de la culture précédente (pré enrichissement) dans le milieu SFB avec l'ajout de disque SFB puis mettre le dans l'étuve à 37°C pendant 24h.
- **Isolement** : inoculer 0.1 de la solution D'enrichissement dans le milieu S-S 37°C pendant 24h.

Par la suite, on étale cette quantité sur la surface de la gélose à l'aide d'un râteau en effectuant un mouvement circulaire horizontal tout en appliquant ce même mouvement à la boîte.

Les boîtes ont été placées à l'envers dans l'étuve, puis incubées à 37 °C pendant 24 heures, des conditions spécifiques à la recherche de *Salmonella* spp.

### **B. Dénombrement des colonies :**

Ce processus implique de déterminer le nombre de colonies présentes dans les boîtes qui présentent une dilution comparable. L'évaluation est réalisée par une inspection visuelle. Dans toutes les situations, seules les boîtes contenant entre 30 et 300 colonies sont considérées.

### **Les tests de confirmation**

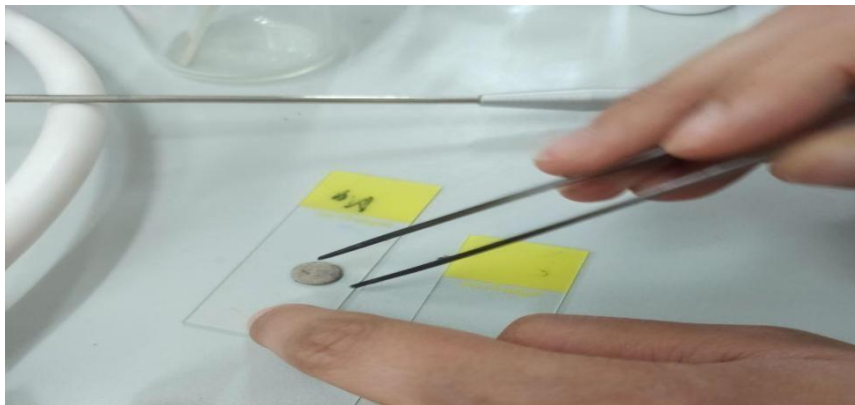
Nous avons effectué les tests de confirmation uniquement pour les germes *Staphylococcus*, car nous avons des doutes concernant les résultats obtenus lors de l'ensemencement initial. Ces tests permettent de valider l'identité des germes suspects identifiés au cours des analyses

microbiologiques. Ils sont essentiels pour garantir la fiabilité des résultats et éviter toute confusion avec des micro-organismes non pathogènes (Montet et Ray, 2016).

➤ **Test d'oxydase :**

Détecte l'enzyme cytochrome c oxydase, qui joue un rôle dans la chaîne respiratoire aérobie.

**Protocole simplifié :**



- Imprégner un disque d'oxydase avec le réactif.
- Appliquer une colonie fraîche.
- ✓ Si le disque devient violet foncé en moins de 30 secondes → test positif.

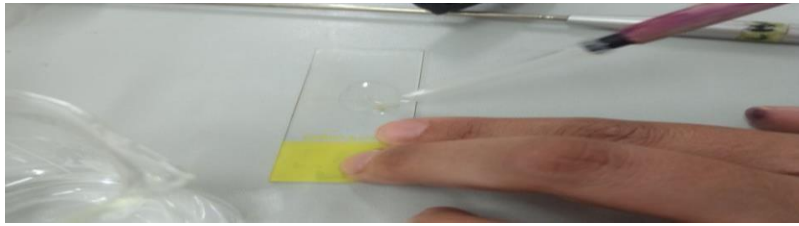
➤ **Test de catalase :**

Permet de détecter l'enzyme catalase, qui décompose le peroxyde d'hydrogène ( $H_2O_2$ ) en eau et en oxygène.

**Protocole simplifié :**

*Figure 14 : Réalisation de test oxydase*

- Déposer une goutte de  $H_2O_2$  (3 %) sur une lame.
- Ajouter une colonie bactérienne.
- Observer la formation de bulles ( $O_2$ ) → test positif. (Cappuccino et al, 2019).

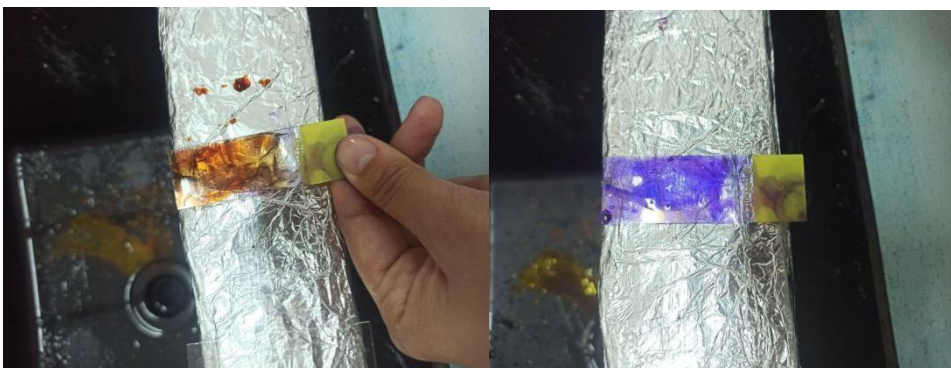


*Figure 15 : Réalisation de test catalase*

### ➤ Coloration de Gram

Le processus de coloration est réalisé sur un frottis séché à température ambiante et fixé par la flamme.

- Recouvrir la lame par le violet de gentiane. Laissez agir pendant une minute, puis rincez à l'eau.
- Appliquer une couche de lugol sur la lame. Laissez agir pendant une minute, puis rincez à l'eau
- Éclaircir avec de l'alcool, laissez agir pendant 10 s et rincer à l'eau
- Couvrir avec de la fuchsine. Laissez agir pendant une minute, puis rincez à l'eau. Et laisser sécher.
- Observer les lames en immersion. (DELMAS, 2009)



*Figure 16 : Réalisation de coloration de gram*

## 2.2 Les métaux lourds :

### ➤ Les métaux lourds :

Les métaux lourds, tels que le plomb (Pb) et le cadmium (Cd), sont toxiques même à faible concentration et peuvent poser un risque pour la santé humaine. L'évaluation de leur concentration

dans la poudre d'*Ulva lactuca* vise à déterminer sa sécurité et sa conformité alimentaire, en utilisant la spectrométrie d'absorption atomique (SAA) (Jaishankar et al., 2014).

### A. Mode opératoire :

Avant l'étape de minéralisation, une analyse de la teneur en humidité de la poudre d'*Ulva lactuca* a été réalisée afin de déterminer la quantité d'eau résiduelle dans l'échantillon. Le protocole suivi est le suivant :

- Le godet de pesée est d'abord séché dans une étuve à 105 °C pendant 24 heures afin d'éliminer toute trace d'humidité.
- Il est ensuite transféré dans un dessiccateur pendant 5 minutes pour le laisser refroidir à température ambiante.
- Une fois refroidi, le godet est pesé, et cette masse est notée X (en grammes).
- Environ 1 g d'échantillon sec ou 5 g d'échantillon humide est introduit dans le godet, puis l'ensemble (godet + échantillon) est pesé. La masse obtenue est notée Y (en grammes).
- Le godet contenant l'échantillon est placé dans une étuve à 105 °C, jusqu'à l'obtention d'un poids constant (durée minimale : 24 heures).
- Après séchage, le godet est à nouveau placé dans le dessiccateur pendant environ 10 minutes pour le refroidir.
- Le godet refroidi contenant l'échantillon sec est pesé, et cette masse est notée Z (en grammes).

La teneur en humidité (A) de l'échantillon est déterminée à l'aide de la formule suivante :

$$A (\%) = \frac{(Y - X) - (Z - X)}{Y - X} \times 100$$

- Calcul du poids sec au four (Wo) : Le poids sec au four (Wo) est déterminé à l'aide de la formule suivante

$$W_o (g) = W - \left( \frac{A}{100} \times W \right)$$

**❖ Minéralisation à blanc (préparation des godets) :**

- Ajouter 5 ml d'acide nitrique (HNO<sub>3</sub>) dans un godet en téflon.
- Chauffer sur une plaque chauffante à 120 °C pendant 2 h 30.
- Laisser refroidir, puis rincer soigneusement les godets avec de l'eau ultra pure.
- Sécher les godets dans une étuve à 105 °C.

**❖ Préparation de l'échantillon :**

- Peser 0,5 g de poudre d'*Ulva lactuca*.
- Introduire la poudre dans un godet propre et sec.
- Ajouter 20 ml d'acide nitrique (HNO<sub>3</sub>).
- Chauffer le godet sur une plaque chauffante à 120 °C pendant 2 h 30 pour assurer la minéralisation.

**❖ Transfert et dilution :**

- Laisser refroidir le contenu.
- Transvaser le mélange dans un tube Falcon propre.
- Compléter le volume avec de l'eau ultra pure jusqu'à 50 ml.
- Bien homogénéiser la solution.

**❖ Analyse :**

Procéder à la détermination des métaux lourds (ex. : Pb, Cd, Zn) par spectrométrie d'absorption atomique (SAA) selon les paramètres spécifiques à chaque métal

**❖ Calcul du résultat :**

$$\text{Concentration } (\mu\text{g/g de MS}) = \frac{C \times V}{W_0}$$

**C** : concentration mesurée dans l'extrait, en µg/L

**V** : volume total de l'extrait (L)

### 2.3 L'activité antioxydante DPPH :

Le test DPPH est une méthode rapide et simple permettant d'évaluer le pouvoir antioxydant d'un extrait en mesurant la réduction du radical libre DPPH par spectrophotométrie. Il est largement utilisé pour comparer l'activité antioxydante de différentes substances. (Molyneux et al., 2004).

#### A. Mode opératoire :

##### ➤ Préparation de l'échantillon :

- Peser 0,03 g de poudre de *d'ulva lactuca*.
- Ensuite, ajouter 30 ml de méthanol à la poudre.
- Laisser le mélange reposer pendant 30 minutes à température ambiante sous agitation.

##### ➤ Préparation des dilutions :

- Prélever les volumes suivants de l'extrait brut : 0,625 ml, 1,25 ml, 2,25 ml, 5 ml, 10 ml.
- Compléter chaque volume jusqu'à 10 ml avec du méthanol afin d'obtenir les concentrations finales :

**Tableau 6** : la préparation des dilutions

La concentration (µg/mL.)	Volume de l'extrait (ml)	Volume de méthanol (ml)
1000	10	0
500	5	5
250	2.5	7.5
125	1.25	8.75
62.5	0.625	9.375

- Nous avons Prélevé 4,5 ml de chaque dilution dans des nouveaux tubes.
- Et ensuite nous avons Ajouté 0,5 ml de DPPH (0,1 M).
- Puis les laissés incuber pendant 30 minutes à l'abri de la lumière.

- Et lire l'absorbance à 517 nm au spectrophotomètre.



*Figure 17 : incubation des tubes*

**Pour le témoin** : nous avons préparé le blanc contenant 4.5 ml de méthanol et 0.5 ml de solution DPPH et La mesure de l'absorbance à 517 nm est réalisée à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Visible.

Le calcul du pourcentage d'inhibition est effectué à l'aide de la formule suivante :

$$I\% = (DO \text{ témoin} - DO \text{ échantillon}) / DO \text{ témoin}$$

### 3. La Préparation de couscous artisanal à base algue *d'ulva lactuca* :

Le couscous est préparé selon une méthode artisanale spécifique, incorporant la poudre *d'Ulva lactuca*. La préparation se déroule en plusieurs étapes essentielles : hydratation, roulage, tamisage, pré cuisson, calibrage et séchage, garantissant ainsi une texture et une qualité optimales du produit final.

#### ➤ **Hydratation :**

Le mélange de la semoule avec la poudre d'algue fine est effectué dans une Gsâa. L'eau froide salée est ajoutée progressivement tout en mélangeant, afin d'assurer une répartition homogène des ingrédients.

Les deux ingrédients ont une bonne capacité d'absorption de l'eau, ce qui facilite l'agglomération.



**Figure 19** : mélange de semoule + poudre d'*ulva lactuca*



**Figure 18** : hydratation par l'eau froide

### ➤ Le roulage

Cette phase consiste à effectuer un mouvement de va-et-vient avec les mains ouvertes, paumes dirigées vers le bas et légèrement écartées, pour assurer une bonne combinaison et faciliter l'absorption d'eau par les particules de semoule grossière et de la poudre d'algue. Cela permet aux particules de commencer à adhérer entre elles et à se dilater, ce qui marque le début du processus d'agglomération. À cette étape finale, on introduit progressivement de la semoule fine en fonction du niveau d'hydratation qui doit toujours rester adéquat pour favoriser l'agglomération jusqu'à l'obtention de la granulation souhaitée.



**Figure 20** : Roulage

### ➤ Tamisage

Le choix des ouvertures de tamis assure l'homogénéité et la granulométrie désirées. Pour atteindre ces normes de qualité, un double tamisage est nécessaire. Nous devons employer deux tamis : le premier doit avoir des ouvertures de mailles plus larges que la granulométrie souhaitée afin

d'écarter les gros agglomérats (grumeaux), tandis que le second (Reffad) doit présenter des ouvertures de mailles plus étroites que la granulométrie idéale pour éliminer les fines particules de semoule non agglomérée et les agrégats insuffisamment compactés. Les deux types de produits écartés sont ensuite recyclés.



*Figure 21 : Tamisage*

➤ **Pré cuisson :**

Le couscous est cuit à la vapeur d'eau pendant 15 minutes à une température proche du point d'ébullition de l'eau (100°C). Le temps de cuisson préalable dépend de la taille des grains de couscous, ainsi que de l'épaisseur et de la profondeur de la couche de couscous. L'émergence de la vapeur d'eau à la surface du couscous signale qu'il est prêt.



*Figure 22 : prés cuisson*

➤ **Calibrage :**

Le couscous précuit est émotté à la main à chaud, car son émottage devient ardu lorsqu'il est fait à froid. Par la suite, il est tamisé pour garantir que tous les grains de couscous passent à travers une maille de tamis.



*Figure 23 : Calibrage*

➤ **Séchage :**

Le couscous est soigneusement dispersé sur un tissu propre, à l'abri du soleil et à température ambiante

Le produit commence à se déshydrater progressivement. La durée de séchage dépend de la température environnementale et du taux d'humidité de l'air.



*Figure 24 : Séchage*

**4. Les analyses sur le produit finissent (couscous) :**

**4.1 Les analyses microbiologiques :**

Selon JORA N° 35 du 27 Mai 1998, les microorganismes recherchées dans les grains

De céréales et les produits de mouture (semoule, couscous) sont : les moisissures et les clostridiums sulfito-réducteurs (ASR).

➤ **Recherche et dénombrements des moisissures : JORA 1998**

Les moisissures sont des champignons filamenteux, aérobies, acidophiles et mésophiles, capables de se développer sur des aliments à faible teneur en eau. Pour leur isolement, le milieu sélectif

généralement utilisé est la gélose OGA (gélose glucosée enrichie en oxytétracycline). Cependant, en raison de l'indisponibilité de ce milieu, nous avons utilisé la gélose Sabouraud comme alternative (Deacon et al., 2006).

➤ **Mode opératoire :**

➤ **Réalisation des dilutions décimales**

Pour assurer l'exactitude des résultats, il est crucial d'effectuer une manipulation rapide et précise lors de la préparation de la suspension, des dilutions et de la culture. Les dilutions doivent suivre une progression logarithmique, par exemple les dilutions décimales : 0,1 ( $10^{-1}$ ), 0,01 ( $10^{-2}$ ), etc.

La technique est la suivante :

- Les dilutions sont toujours effectuées dans des conditions aseptiques.
- Marquer les tubes de diluant (10-1, 10-2,10-3, 10-4,10-5,10-6):.
- Peser 25 g de couscous enrichi stérilement.et transférer dans un flacon stérile contenant 225 ml de EPS (Eau peptonée stérile) Obtention de la suspension mère.
- Prélever aseptiquement 1 ml de la suspension mère à l'aide d'une micropipette et l'ajouter dans le premier tube (9 ml) (dilution  $10^{-1}$ )
- Homogénéiser le tube.
- Prélever 1 ml de cette dilution  $10^{-1}$  et l'ajouter dans le 2e tube → dilution  $10^{-2}$ .
- Répéter l'opération jusqu'à la dilution souhaitée (par exemple, jusqu'à  $10^{-6}$ ).

➤ **Ensemencement et l'incubation :**

Les dilutions préparées sont ensemencées en déposant 0,1 ml sur une gélose Sabouraud, puis réparties à l'aide d'un râteau stérile. Les boîtes sont ensuite incubées à 25–28 °C pendant 5 à 7 jours pour favoriser la croissance des moisissures.

➤ **Expression des résultats :**

- Observer les colonies de moisissures (souvent filamenteuses, colorées)
- Compter les **UFC (unités formant colonie)** sur les boîtes avec moins de 150 colonies/moisissures.

## **Dénombrement des clostridium sulfito réducteur : JORA 1998**

Les Clostridium sulfito-réducteurs sont des bactéries strictement anaérobies, à Gram positif, catalase positive, mobiles et sporulées, qui appartiennent à la famille des Bacillaceae. Elles colonisent généralement le tube digestif humain. Leurs spores ont une résistance considérable dans les milieux naturels, Ces bactéries sont capables de réduire le sulfite de sodium et, en présence de fer, de produire des sulfures de fer, ce qui entraîne l'apparition d'une coloration noire caractéristique.

### **A. Mode opératoire :**

#### ➤ **Préparation de milieu :**

- Faire fondre un flacon de gélose VF dans un bain-marie à 45°C puis ajouter une ampoule d'Alun de fer et une ampoule de Sulfite de sodium ensuite mélanger soigneusement et aseptiquement.
- Maintenir le milieu dans une étuve à 45°C jusqu'au moment de l'utilisation.

#### ➤ **Préparation des dilutions décimales :**

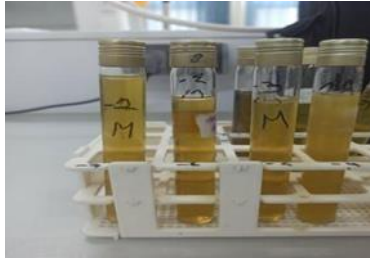
- Peser 25 g de l'échantillon et les introduire dans 225 ml d'eau peptonée.
- Agiter jusqu'à obtention d'une solution homogène, constituant la solution mère (Sm, dilution  $10^{-1}$ ).

Prélever ensuite 1 ml de cette solution mère et le transférer dans un tube contenant 9 ml d'eau peptonée. Agiter jusqu'à homogénéisation pour obtenir la dilution  $10^{-2}$ , ensuite 1 ml de cette dilution  $10^{-2}$  est à nouveau transféré dans un nouveau tube contenant 9 ml d'eau peptonée, permettant d'obtenir une dilution  $10^{-3}$ .

#### ➤ **Ensemencement :**

Les tubes contenant les dilutions  $10^{-1}$  et  $10^{-2}$   $10^{-3}$  seront soumis à un :

- Chauffage à 80°C pendant 10 minutes.
- Refroidissement immédiat sous l'eau de robinet dans le but d'éliminer les formes végétatives et garder uniquement les formes sporulées.
- Porter aseptiquement 1 ml de chaque dilution dans 3 tubes puis ajouter environ 15 ml de gélose VF prêt à l'emploi : dans chaque tube
- Laisser solidifier sur la paillasse pendant 30 minutes.



**Figure 25 :** la recherche de sulfitoréducteurs

➤ **Incubation :**

L'incubation est effectuée à 37°C pendant 16 à 24 H ou au plus tard 48 H.

➤ **Lecture :**

- La lecture doit être effectuée après 16 heures, car les colonies envahissantes peuvent complètement noircir le tube et empêcher l'interprétation.
- D'autre part, il est essentiel d'identifier toute colonie noire ayant poussé en masse et mesurant plus de 0,5 mm de diamètre.
- En l'absence de colonies caractéristiques, les tubes doivent être incubés et une seconde lecture sera réalisée après 24 heures.
- Les résultats sont exprimés en nombre d'anaérobies sulfite réducteur par gramme de produit.

## 4.2 Analyses physico-chimiques :

### 4.2.1 Teneur en cendre : Codex Alimentarius – STAN 202-1995 (Révisé en 2015)

Les cendres sont le résidu obtenu après incinération d'une prise d'essai de 3 g dans un four à moufle jusqu'à l'obtention d'un résidu minéral ayant un poids constant.

L'objectif de cette étude est d'évaluer la concentration en matières minérales totales contenues dans la poudre, ce qui permet d'apprécier sa qualité nutritionnelle ainsi que sa pureté.

✓ **Principe :**

Incinération d'une prise d'essai dans une atmosphère oxydante à une température de 600°C jusqu'à combustion complète de la matière organique et pesée du résidu obtenu.

➤ **Mode opératoire :**

✓ **Préparation des creusets :**

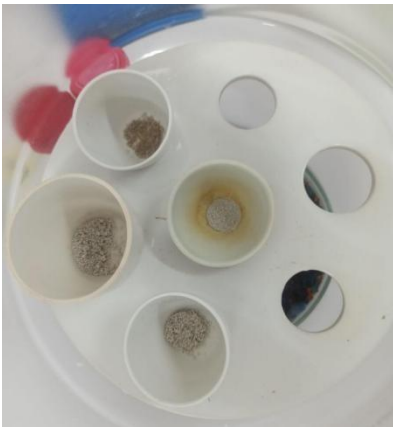
- Nettoyer et sécher les creusets.
- Les placer dans le four à moufle à 550 °C pendant 1 h pour éliminer toute impureté.
- Refroidir dans un dessiccateur pendant 30 min, puis peser chaque creuset vide (noter le poids :  $m_0$ ).

✓ **Pesée des échantillons :**

- Peser environ 3 g de chaque type de couscous dans chaque creuset
- (Noter le poids total :  $m_1 = \text{creuset} + \text{échantillon}$ ).

✓ **Calcination et refroidissement :**

- Transférer les creusets dans le four à moufle à 600 °C pendant 4 à 6 heures, jusqu'à obtention d'une cendre blanche ou gris clair (absence de particules noires).
- Sortir les creusets à l'aide de pinces, les placer dans le dessiccateur pendant 30 min, puis les peser (noter :  $m_2 = \text{creuset} + \text{cendres}$ ).



*Figure 27 : La cendre après le four à moufle*



*Figure 26 : four à moufle*

➤ **Expression des résultats :**

Le taux de cendres exprimé en pourcentage (%) est donné par la formule suivante :

$$\text{Teneur en cendre \%} = (M3 - M1) / (M2 - M1) * 100$$

- M1 : Masse en gramme de creuset vide.
- M2 : Masse en gramme de creuset plus la prise d'essai.
- M3 : Masse en gramme de creuset plus le résidu.

#### 4.2.2 Teneur en humidité :

La teneur en humidité fait référence à la quantité d'eau présente dans un produit, exprimée en pourcentage par rapport à sa masse totale. C'est un facteur crucial pour la conservation, la stabilité microbiologique et la qualité des aliments. (Institut National de la Recherche Agronomique (INRAA). (2015)

##### ✓ Le protocole :

Selon AFROR NF V03 -322 afnor 1993

- peser un creuset en porcelaine et noter sa masse « M0 », en grammes.
- Mesurer 3 g d'un échantillon de couscous dans le creuset M1.
- Positionner l'échantillon dans une étuve à 105°C pendant une nuit.
- Retirer l'échantillon, le refroidir dans le dessiccateur et peser de nouveau le creuset et noter sa masse « M2 », en grammes.



*Figure 28 : Analyse teneur en humidité*

Et finalement calculer par cette relation

$$H = 100 \times (M1-M2) / (M1-M0)$$

**M0** : creuset vide

**M1** : creuset avec l'échantillon avant séchage

**M2** : creuset avec échantillon après le séchage

### C. Pour la matière sèche

$$MS\% = 100-H$$

## 5. Les tests quantitatifs des macronutriments

### 5.1 Dosage des fibres par la méthode de Weend :

La méthode de Weende est une technique traditionnelle employée pour évaluer la quantité de fibres brutes dans un aliment. Elle implique l'élimination des composants solubles (sucres, protéines, etc.) par une digestion acide suivie d'une digestion alcaline, puis la mesure du résidu insoluble, qui est principalement constitué de cellulose et de lignine partielle. (Henneberg et Stohmann ,1864)

#### Mode opératoire :

Peser 1 g de chaque échantillon de couscous : couscous industriel, couscous aux glands, couscous enrichi à 25 % et 50 % de poudre d'Ulva lactuca

- Traiter l'échantillon avec une solution d'acide sulfurique à 1,25 %.
- Chauffer la solution pendant 30 minutes pour dégrader les sucres, protéines et autres matières organiques, en conservant uniquement les fibres alimentaires.
- Transférer les mélanges dans des tubes adaptés
- Centrifuger à 3000 tours/min pendant 10 minutes pour récupérer le culot
- Traiter ensuite le résidu avec 10 ml de solution d'hydroxyde de sodium à 1,25 % pour chaque échantillon

- Chauffer de nouveau à proximité du point d'ébullition pendant 30 minutes.
- Filtrer avec l'eau distillé et Sécher les fibres récupérées à 105 °C jusqu'à poids constant.
- Refroidir dans un dessiccateur avant pesée.
- Calciner le résidu dans un four à 550 °C pendant 3 heures.
- Refroidir les creusets dans un dessiccateur, puis les peser.

### **Calcul de la teneur en fibres :**

La teneur en fibres alimentaires est exprimée en pourcentage de matière sèche selon la formule suivante :

$$\text{Fibres (\%MS)} = (P1 - P2) / E \times 100 / MS \times 100$$

- P1 : poids du creuset contenant le résidu
- P2 : poids du creuset vide
- E : poids de l'échantillon analysé
- MS : pourcentage de matière sèche de l'échantillon

### **5.2 Dosage des sucres totaux par la méthode de Dubois (1956):**

La méthode de Dubois est une technique colorimétrique qui permet de quantifier les sucres totaux (monosaccharides et certains oligosaccharides) présents dans un échantillon. Cette méthode repose sur la création d'un complexe coloré qui peut être mesuré à l'aide d'un spectrophotomètre.

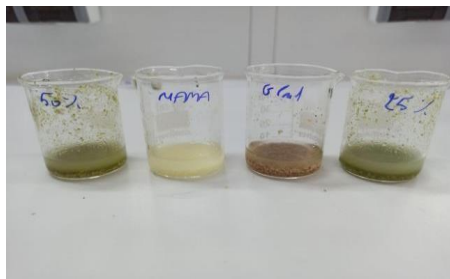
Le principe est que les sucres réagissent avec l'acide phénol et l'acide sulfurique concentré pour produire un complexe de couleur jaune-orange, dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en sucres. Lecture de l'absorbance à 490 nm (**Dubois et al ., 1956**)

### **Mode opératoire :**

Nous débutons par l'extraction de l'échantillon, suivie de la préparation de la gamme d'étalonnage. Par la suite, nous procédons au dosage en ajoutant les réactifs (phénol et acide sulfurique). Enfin, nous réalisons la lecture de l'absorbance à 490 nm à l'aide d'un spectrophotomètre.

### **✓ Extraction des sucres totaux :**

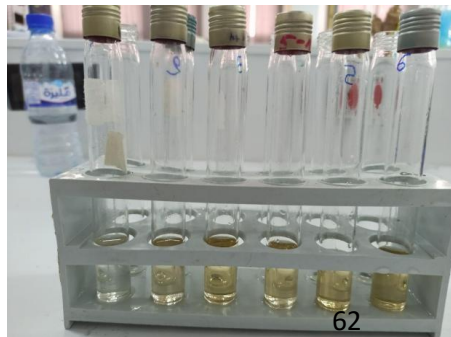
- Nous avons mesuré 1 gramme de chaque type de couscous : celui aux glands, celui contenant 25% d'ulva et celui qui contient 50% d'ulva.
- Nous avons ajouté 10 ml d'eau chaude à 80°C sur chaque l'échantillon.
- Puis on agite soigneusement sur la plaque chauffante en utilisant un barreau magnétique.
- Puis, les laisser à la température ambiante pendant 30 minutes pour obtenir l'extrait.
- Ensuite, nous avons filtré en utilisant un papier filtre et un entonnoir. Pour récupérer le surnageant (Sadasivam, 1996).



*Figure 29 : Extraction de sucres*

✓ **Préparation de la gamme d'étalonnage :**

- Nous avons pris le glucose comme étalon de référence et chaque tube contient 1 ml de « solution mère + eau distillée ».
- On ajoute ensuite 50  $\mu$ L de phénol à 5% et 5 ml d'acide sulfurique concentré dans chaque tube, puis on les laisse reposer pendant 30 minutes à température ambiante.
- Effectuer la lecture de l'absorbance par spectrophotométrie à 490nm et établir le graphique d'étalonnage.



*Figure 30 : la d'étalonnage*

**Tableau 7** : les concentrations prés pour la préparation de la gamme d'étalonnage

Concentration ( $\mu\text{L}/\text{ml}$ )	Volume de solution mère «du glucose» ( $\mu\text{L}$ )	le volume d'eau distillé
0 (blanc)	0	1000
20	20	980
40	40	960
60	60	940
80	80	920
100	100	900

✓ **Dosage par méthode de Dubois :**

- Nous avons prélevé  $5\mu\text{L}$  de chaque extraite couscous « gland, couscous industrielle, et couscous à base d'ulva (50% et 25 %) »
- Ensuite, on ajoute  $50\mu\text{L}$  de phénol à 5 % et 5 ml d'acide sulfurique dans chaque tube.
- Laisser les tubes pendant 30 minutes à température ambiante.
- Puis lire de l'absorbance par spectrophotométrie à 490nm. **(Dubois, 1957)**

**5.3 Dosage en protéine :(AFNOR., 1985) :**

- La teneur en protéines brutes des fourrages est déterminée à partir de la teneur de l'azote total qui est dosé par la méthode KJELDHAL.
- Le produit est minéralisé à l'aide d'acide sulfurique concentré en présence d'un catalyseur.

- L'azote (N) organique est transformé en azote ammoniacal par la lessive de soude et on le dose avec de l'acide sulfurique de normalité connue (N/50), après l'avoir reçu dans de l'acide borique (indicateur).

**Mode opératoire :**

✓ **Minéralisation :**

- Peser 2 g de couscous sec pour chaque type de couscous (couscous Industriel, couscous à gland, couscous 50% ULVA et couscous 25 % ULVA)
- Introduire chaque prise d'essai dans un matras de 250 ml.
- Ajouter à chaque matras environ 2 g de catalyseur (250 g de K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; 250 g de CaSO<sub>4</sub>, 5g Se)
- Verser ensuite 20 ml d'acide sulfurique concentré (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pur) dans chaque matras
- Porter le matras sur le support d'attaque et poursuivre le chauffage jusqu'à décoloration du liquide et obtention d'une coloration verte stable.
- Laisser refroidir, puis ajouter peu à peu, avec précaution 200 ml d'eau distillée dans chaque matras en agitant, et en refroidissant sous un courant d'eau. Rincer l'agitateur. Laisser refroidir complètement au trait de jauge

✓ **Distillation :**

- Transvaser 50ml du contenu de matras dans l'appareil distillatoire (Büchi).
- Ajouter lentement dans le ballon de l'appareil distillatoire 50 ml de lessive de soude (d = 1,33).
- Dans un bécher destiné à recueillir le distillat ; introduire 20 ml de l'indicateur composé de : pour 150 ml de solution :
- g d'acide borique, 50 ml d'éthanol absolu, 12 ml d'indicateur qui contient 1/4 de rouge de méthyle à 0,2% , 3/4 de vert de bromocrésol à 0,1%
- Mettre l'appareil en position de marche. Laisser l'attaque se faire jusqu'à obtention d'un volume de distillat de 100 ml au moins (l'extrémité inférieure de la colonne réfrigérante de l'appareil distillatoire doit plonger dans la solution d'acide borique. (Pour éviter les pertes).

**Titrage :**

Titrer en retour avec de l'acide sulfurique N/20 ou N/50 jusqu'à la réobtention de la couleur initiale de l'indicateur

$$N (g) = V_1 \times 0,00028 \times \frac{100}{V} \times \frac{250}{V_0}$$

$$\text{Teneur en MAT (\% MS)} = N \text{ g} \times 5 / \text{MS}$$

$V_1$  : Descente de burette (ml) : (Volume de l'acide sulfurique N/50).

$Y$  : Poids de l'échantillon de départ.

$V_0$  : Volume de la prise d'essai



**Figure 33** : Minéralisation



**Figure 31** : Distillation



**Figure 32** : titrage

## 6. L'analyse sensorielle

L'analyse sensorielle constitue une méthode d'évaluation fondée sur les sens humains (vue, odeur, goût, toucher) afin d'apprécier les caractéristiques organoleptiques d'un aliment. Elle permet d'évaluer la qualité perçue d'un produit, tel que le couscous enrichi en *Ulva lactuca*, par un groupe de dégustateurs (Delarue et al ,2004).

### Procédé de cuisson:

- ✓ Les couscous enrichis (25 et 50 %) ont été mélangés avec de l'eau et un peu d'huile, puis laissés reposer pour permettre l'absorption.

- ✓ Ils ont été placés dans un couscoussier et cuits à la vapeur pendant environ 10 minutes.
- ✓ Après la cuisson, les couscous ont été retirés, salés, humidifiés à nouveau et bien mélangés, puis laissés reposer.
- ✓ Les couscous ont été replacés dans le couscoussier pour un second passage à la vapeur.
- ✓ Enfin, les couscous ont été aérés à la main et mélangés avec une petite quantité de beurre.

### **Panel de dégustation**

Un groupe de 20 dégustateurs, âgés de 18 à 27 ans, a été invité à participer.

La dégustation a eu lieu dans une salle à température ambiante, de manière anonyme, avec une présentation codée des échantillons.

### **Les Critères d'évaluation sensorielle**

- ✓ Cinq critères ont été examinés :
- ✓ Couleur : Claire, foncée, très foncée
- ✓ Goût : mauvais, bon, très bon
- ✓ Granulométrie : fine, moyenne, grosse
- ✓ Odeur : désagréable, normale, agréable
- ✓ Texture : ferme, normale, altérée

Chaque dégustateur a donné une note pour chaque critère concernant les deux types de couscous. Les résultats ont ensuite été compilés et analysés de manière descriptive.

## **Résultats et Discussion**

### III. Chapitre III : Résultats Et Discussion

#### 1. Les résultats sur la poudre d'algue :

##### 1.1 Les résultats microbiologiques pour l'algue *Ulva lactuca*

Le tableau ci-dessous synthétise simultanément les résultats d'analyse microbiologique réalisée sur la poudre d'algue d'*Ulva lactuca*.

**Tableau 8** : les résultats des tests microbiologiques

Germes	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-8</sup>
<i>Escherichia coli</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Staphylococcus aureus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
Coliformes fécaux	0	0	0	0	0	0	0	0
Levures et moisissures	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Listeria monocytogenes</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Salmonella</i>	0	0	0	0	0	0	0	0

#### *Escherichia coli* :

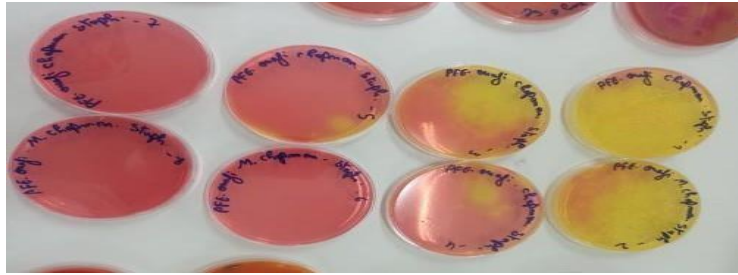
L'analyse microbiologique de la poudre d'algue *Ulva lactuca* a révélé l'absence totale d'*Escherichia coli*, ce qui témoigne d'une bonne hygiène lors de la préparation et du conditionnement du produit.



**Figure 34** : Dénombrement d'*Escherichia coli* sur milieu gélose Mac Conkey

#### *Staphylococcus aureus* :

Aucun développement caractéristique de *Staphylococcus aureus* n'a été observé sur le milieu Chapman



**Figure 35** : Résultat de la recherche de *staphylococcus aureus*

De plus, les tests de confirmation réalisés (catalase négative, oxydase négative, et coloration de Gram montrent l'absence de coques Gram positifs en amas) n'ont révélé aucun signe de la présence de *S. aureus*.

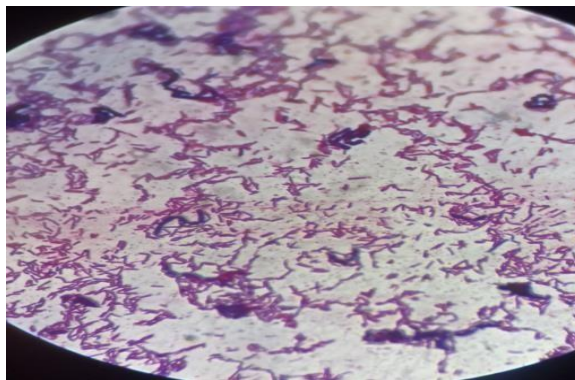
Ces résultats confirment l'absence de *Staphylococcus aureus* dans l'échantillon de poudre d'*Ulva lactuca*, conformément aux normes microbiologiques applicables à ce type de produit.



2 **Figure 37** : Résultat négative test oxydase



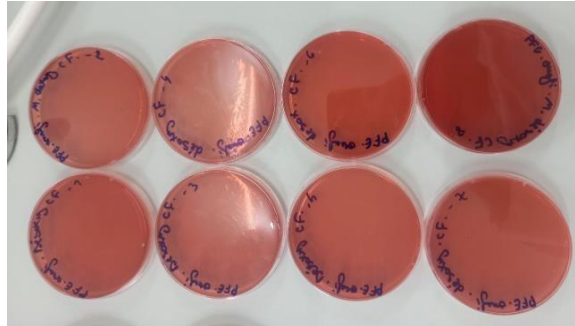
**Figure 36** : Résultat négative test catalase



**Figure 38** : Résultat négative (pas de coques Gram + « des Bacille)

➤ **Les coliformes fécaux :**

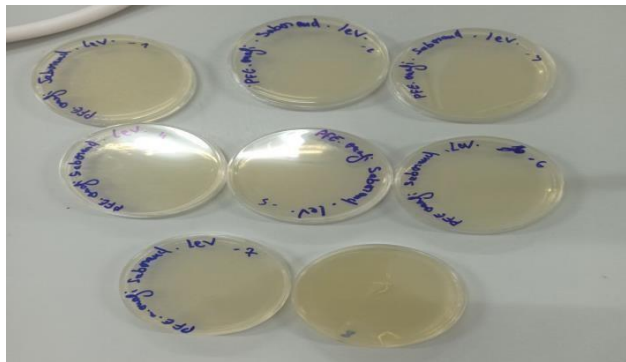
L'analyse microbiologique de la poudre d'*Ulva lactuca* n'a révélé la présence d'aucun Coliforme fécal, ce qui atteste de la qualité sanitaire du produit.



**Figure 39 :** Résultat des coliformes fécaux sur milieu gélose désoxycholate

**Levures et moisissures :**

Les analyses microbiologiques attestent de l'absence de levures et de moisissures dans l'échantillon de poudre d'algue.



**Figure 40 :** Résultat des levures et moisissures sur le milieu Sabouraud

*Listeria monocytogène :*

L'absence de *Listeria monocytogène* dans toutes les dilutions analysées indique que la poudre d'*Ulva lactuca* est microbiologiquement sûre, témoignant d'un bon respect des conditions d'hygiène et des normes sanitaires en vigueur.

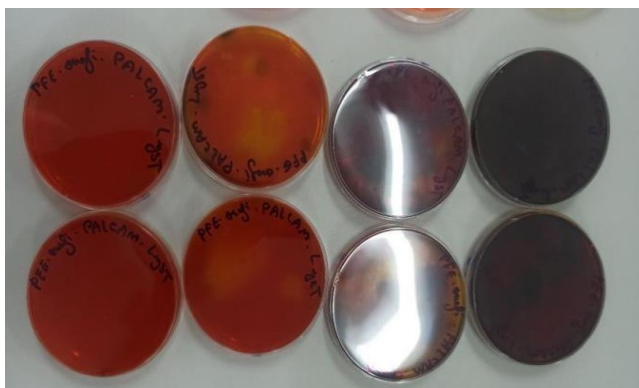


Figure 41 : Résultat de listeria sur le milieu PALCAM

➤ **Salmonella :**

L'observation de l'absence de Salmonella dans la poudre d'*Ulva lactuca* témoigne de la salubrité du produit. Ce résultat reflète le respect des bonnes pratiques d'hygiène durant la production et la conformité aux normes sanitaires en vigueur.

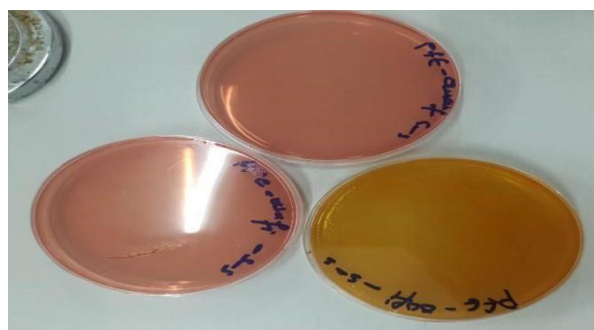


Figure 42 : Résultat de salmonelle sur le milieu S-S

**Conclusion :**

Les analyses microbiologiques effectuées sur la poudre d'*Ulva lactuca* ont révélé l'absence complète de germes pathogènes tels qu'E. Coli, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, coliformes fécaux, levures et moisissures. Ces résultats confirment la qualité sanitaire du produit et le respect des normes d'hygiène, le rendant sûr pour la consommation humaine.

## 2.1 Les métaux lourds :

Les résultats d'analyse de la poudre d'algue montrent des teneurs très faibles en métaux lourds, avec 0,0350 µg/g MS de cadmium, 0,1775 µg/g MS de plomb et 0,0175 µg/g MS de zinc.

**Tableau 9** : Résultats des métaux lourds

Élément	C (µg/L)	V (ml)	Humidité A (%)	Wo (g)	Résultat (µg/g MS)	Limite maximale (µg/g MS)
Cd	0.262	50	25,70	0.3742	0.0350	0.20
Pb	1.327	50	25,70	0.3742	0.1775	3.00
Zn	0.131	50	25,70	0.3742	0.0175	Non spécifiée

Ces concentrations, exprimées en microgrammes par gramme de matière sèche, sont largement inférieures aux limites fixées par la réglementation européenne pour les produits à base d'algues.

Cela indique que la poudre analysée est de bonne qualité sur le plan sanitaire et ne présente aucun risque lié à la présence de métaux lourds, ce qui la rend adaptée à une utilisation alimentaire ou complémentaire. **(Règlement (UE) 2023/915 de la Commission du 25 avril 2023)**

## 2.2 L'activité antioxydant DPPH

La lecture de l'absorbance DO et les calculs de taux d'inhibition donne les résultats suivants

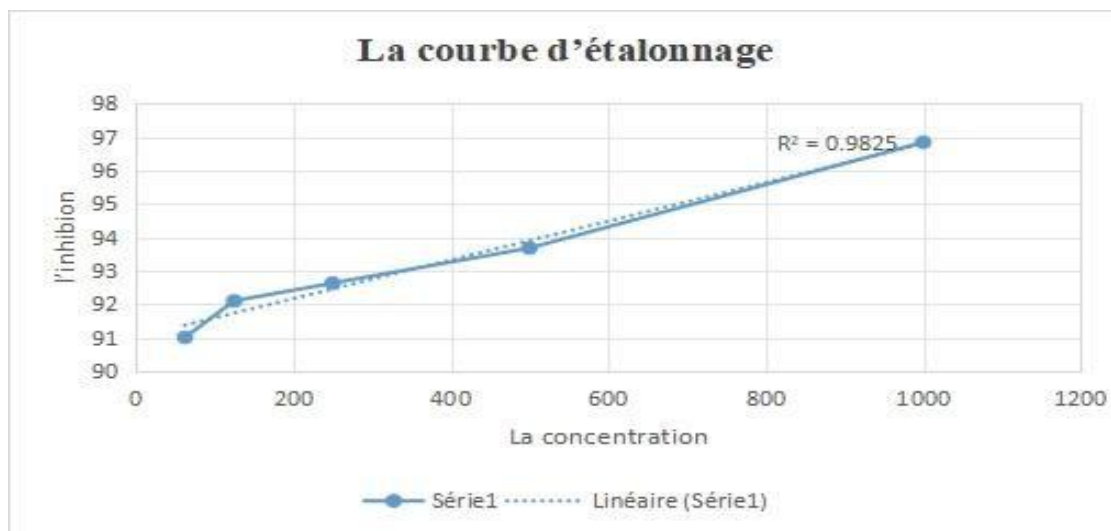
**Tableau 10** : L'absorbance et inhibition selon la concentration

Concentration ug/ml	DO L'absorbance	Inhibition %
62.5	0.017	91.01
125	0.015	92.1
250	0.014	92.63
500	0.012	93.68
1000	0.006	96.84

Et pour le témoin est  $DO = 0.19$

### La courbe d'étalonnage

On trace la courbe d'étalonnage d'inhibition en fonction de la concentration



*Figure 43 : La courbe d'étalonnage DPPH*

La courbe d'étalonnage obtenue présente une relation linéaire entre la concentration de l'antioxydant de référence et le pourcentage d'inhibition du radical DPPH. Le coefficient de corrélation  $R^2 = 0,9825$  indique une excellente linéarité et confirme la fiabilité de la méthode dans la plage de concentrations testées.

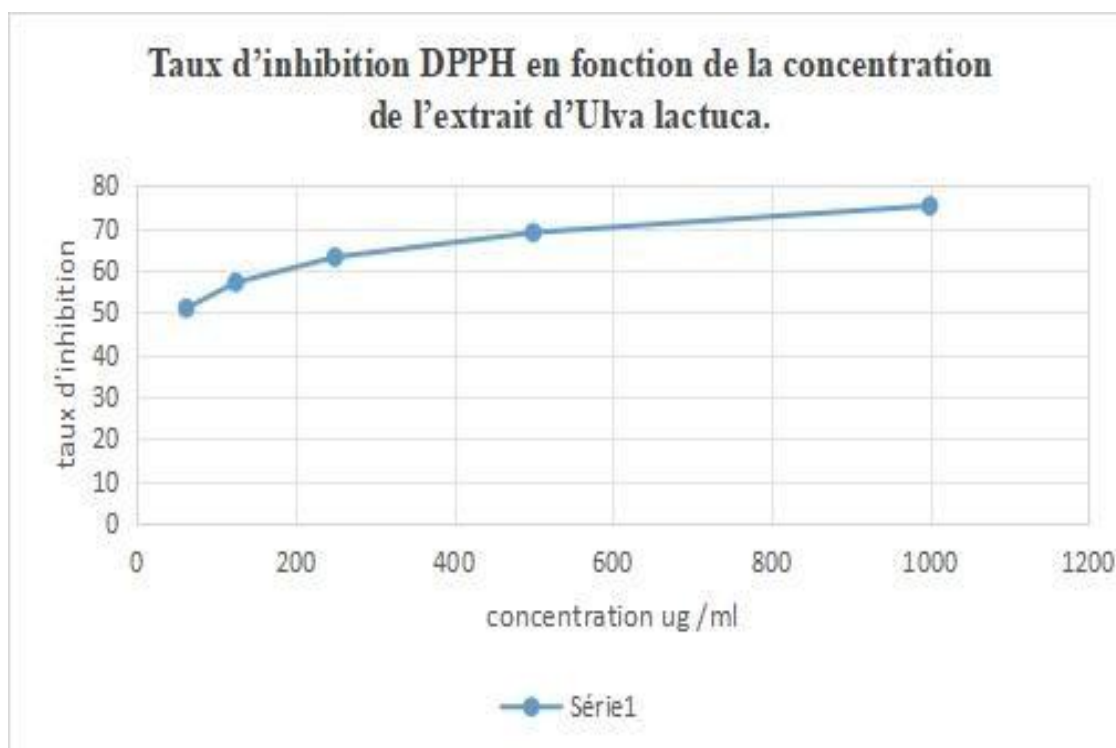
Cette courbe peut donc être utilisée pour estimer l'activité antioxydant des extraits analysés, en exprimant les résultats en pourcentage d'inhibition ou en équivalent antioxydant standard. Plus la valeur d'inhibition est élevée, plus le pouvoir antioxydant de l'extrait est important.

#### ➤ Taux d'inhibition DPPH

Ce tableau montre l'effet inhibiteur d'un extrait à différentes concentrations. On observe que plus la concentration augmente, plus le pourcentage d'inhibition est élevé, indiquant une relation dose-réponse positive

*Tableau 2: pourcentage d'inhibition selon la concentration*

Concentration ug/ml	L'absorbance DO	Inhibition %
1000	0.0471	75.21
500	0.0591	68.89
250	0.0702	63.05
125	0.0816	57.05
62.5	0.0932	50.94

*Figure 44 : Taux d'inhibition DPPH en fonction de la concentration de l'extrait d'Ulva lactuca.*

Le graphique présente une progression ascendante du pourcentage d'inhibition du radical DPPH en fonction de la concentration de l'extrait d'*Ulva*. L'inhibition augmente progressivement de 50,94 % à 62,5 µg/ml jusqu'à 75,21 % à 1000 µg/ml, révélant une relation dose-dépendante.

Cette évolution reflète la capacité croissante de l'extrait à neutraliser les radicaux libres à mesure que la concentration augmente, mettant en évidence son potentiel antioxydant.

### **Interprétation**

L'augmentation de l'activité antioxydant observée dans l'extrait d'*Ulva lactuca* (de 50,94 % à 75,21 % selon la concentration) constitue un indicateur favorable de sa capacité à neutraliser les radicaux libres. Pour les personnes atteintes de diabète, le stress oxydatif représente un facteur aggravant majeur des complications métaboliques. Un aliment fonctionnel enrichi en composés antioxydants peut aider à atténuer ces effets néfastes.

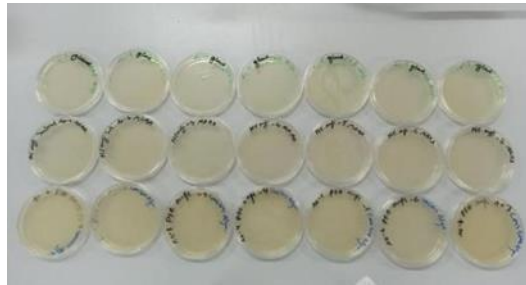
Par conséquent, l'intégration d'*Ulva lactuca* dans une formulation de couscous destinée aux diabétiques constitue une stratégie nutritionnelle prometteuse, visant à combiner propriétés antioxydants et indice glycémique modéré.

## 2. Les Résultats sur le produit fini (couscous à base d'*Ulva lactuca*):

### 2.1 Les tests microbiologique sur le produit fini (couscous a base d'algues)

#### ➤ Le cas de moisissure :

L'absence totale de moisissures dans toutes les variétés de couscous est confirmée. Du point de vue fongique, les couscous sont sains et propres. Ils ne montrent aucun signe d'infection par des moisissures microscopiques telles que l'*Aspergillus*, etc. Ceci témoigne d'une bonne pratique en matière de fabrication, d'emballage et de conservation.



**Figure 45 :** Résultats de la recherche de moisissures

#### ➤ Le cas de sulfito-réducteur

La détection de sulfito-réducteur implique une possible contamination fécale, un déficit d'hygiène ou une problématique liée à la stérilisation.

Nous avons constaté l'absence totale des sulfito-réducteurs dans tous les types du couscous. Ce qui indique que le produit est microbiologiquement sain et qu'aucune contamination par des germes anaérobies ou d'origine fécale n'a été notée. Ainsi, Les méthodes de production et de stockage sont adéquates.



**Figure 46 :** résultats de la recherche de sulfite réducteurs

## 2.2 Les paramètres physicochimiques

### 2.2.1 Teneur en cendre :

- Les teneurs en cendres des différentes variétés de couscous analysées sont variables selon la formulation, avec des valeurs comprises entre 0,97 % et 2,99 % (voir tableau). Ces résultats dépassent la limite maximale fixée par le Codex Alimentarius STAN 202-1995, qui est de 1,1 %, à l'exception du couscous industriel (0,97 %), qui respecte cette norme.

**Tableau 11** : Teneurs en cendre pour chaque type de couscous

Type de couscous	Teneur de cendres en %	Normes (codex alimentarius STAN 202 - 1995 )
Industriel	0,97	≤1,1 %
Glands	2,14	
50 % Ulva	2,99	
25 % Ulva	2,82	

- Les valeurs élevées observées dans les échantillons à base de glands (2,14 %) et ceux enrichis en *Ulva lactuca* à 25 % (2,82 %) et 50 % (2,99 %) peuvent être expliquées par l'apport en matières minérales provenant à la fois de l'eau utilisée au cours de la fabrication, ainsi que des matières premières elles- mêmes, notamment les glands et l'algue *Ulva lactuca*, qui sont naturellement riches en minéraux.
- ✓ Comparé aux autres formulations, le couscous enrichi en *Ulva lactuca* se distingue par sa teneur nettement plus élevée en minéraux. Grâce à la richesse naturelle de cette algue en éléments essentiels tels que le « calcium, le magnésium, le fer, le potassium et l'iode », ce couscous offre une meilleure densité nutritionnelle. Cette composition en fait une option particulièrement intéressante sur le plan diététique, capable de répondre aux besoins de certaines populations, notamment celles recherchant une alimentation fonctionnelle, équilibrée et riche en micronutriments, tout en valorisant des ressources marines durables.

### 2.2.2 Teneur en humidité et matière sèche :

- **Pour le teneur en humidité :**

- Selon les résultats analysés, le taux d'humidité de tous les types de couscous se situe entre 10% et 12.13. Ces taux ne dépassent pas 13,5%, conformément à la norme Codex Alimentarius (202-1995).

**Tableau 12** : teneur en humidité et teneur en matière sèche pour chaque type de couscous

Le couscous	Humidité %	matière sèche %
Ulva 50%	10.12	90.80
Ulva 25%	11.67	89.54
Industriel	12.13	89.18
Gland	10.82	90.23

- Nous constatons que pour les types de couscous artisanaux examinés, à base de gland et couscous à base d'*Ulva lactuca* 50% et 25%, le taux d'humidité ne dépasse pas la limite de 13,5%. Ainsi, la qualité est bonne et cela peut être attribué au double processus de séchage effectué.

### 2.2.3 Pour la matière sèche

- Les niveaux élevés de matière sèche constatés dans les diverses formulations de couscous (89 à 90 %) révèlent une humidité résiduelle faible, ce qui est bénéfique pour la conservation du produit.
- L'ajout d'*Ulva lactuca* n'a pas entraîné de modification significative de la matière sèche, ce qui indique une intégration réussie de l'algue sans compromettre la stabilité du produit.

- Ces résultats sont similaires à ceux du couscous traditionnel, renforçant ainsi la faisabilité de cette innovation alimentaire.

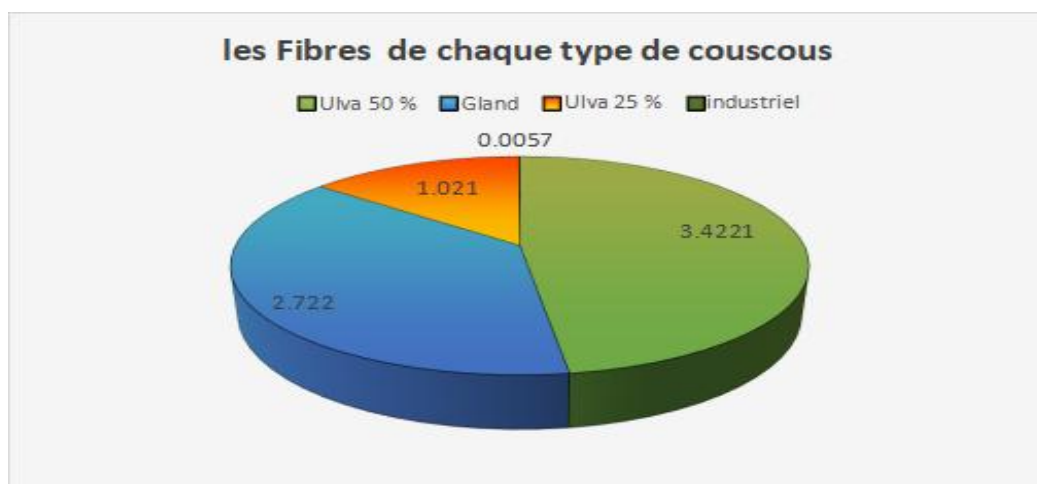
## 2.3 Analyse quantitative des macronutriments :

### 2.3.1 La Teneur en fibres

Les résultats indiquent une variation significative de la teneur en fibres alimentaires en fonction de la composition du couscous.

*Tableau 13 : résultats de teneur en fibre pour chaque type de couscous*

Échantillon	Fibres (% MS)
Ulva 50 %	3.4221
Gland	2.722
Ulva 25 %	1.021
industriel	0.0057



*Figure 45 : pourcentage des fibres pour chaque type de couscous*

- Le couscous contenant 50 % d'*Ulva lactuca* affiche la teneur en fibres la plus élevée, avec une moyenne de 3,4221 %. Cela s'explique par la richesse naturelle d'*Ulva lactuca* en fibres, en particulier les fibres solubles telles que les polysaccharides sulfatés.
- Le couscous à base de gland se classe en deuxième position avec 2,722 % de fibres. Le gland constitue également une bonne source de fibres, ce qui justifie cette valeur relativement élevée.
- Le couscous contenant 25 % d'Ulva présente une teneur en fibres plus modérée (1,021 %), ce qui est logique étant donné qu'il utilise la moitié de la quantité d'algue par rapport à l'échantillon Ulva 50 %.
- Le couscous commercial "Industriel" montre une très faible teneur en fibres (0,0057 %), ce qui indique qu'il est peu enrichi en ingrédients fibreux, ce qui est typique des produits industriels standards à base de semoule raffinée.
- Ces résultats confirment l'effet bénéfique de l'incorporation d'*Ulva lactuca* et de gland dans le couscous pour augmenter la teneur en fibres alimentaires, ce qui est particulièrement pertinent pour les régimes visant les diabétiques et les personnes en surpoids, en améliorant la satiété et la régulation glycémique.

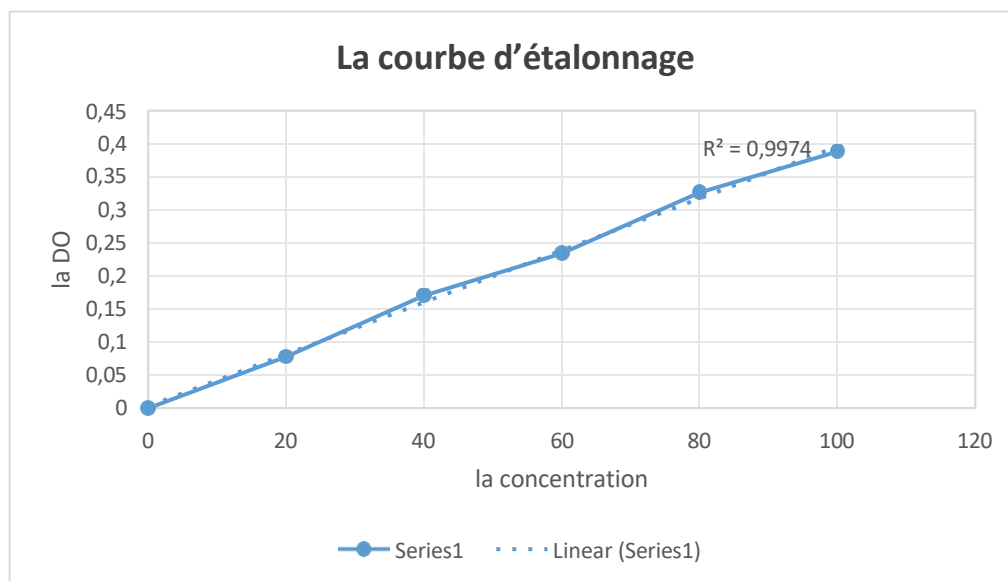
### 2.3.2 Le teneur en glucide :

Ce tableau illustre la courbe d'étalonnage employée pour le dosage colorimétrique (par exemple : test de Dubois). Il permet de tracer une droite d'équation standard  $y = aX + b$  afin de déduire la concentration d'un échantillon inconnu à partir de son absorbance.

**Tableau 14** : Résultats du dosage colorimétrique à 490 nm

Concentration ( $\mu\text{L}$ )	l'absorbance DO à 490 nm
0	0
20	0.078
40	0.17
60	0.234
80	0.326
100	0.388

Une courbe d'étalonnage a été établie en mesurant l'absorbance de diverses concentrations standards à 490 nm. L'absorbance croît de façon linéaire avec la concentration, ce qui permet d'appliquer l'équation de la droite pour évaluer les teneurs en glucides des échantillons inconnus par interpolation.

**Figure 46** : La courbe d'étalonnage "les glucides "

Le graphe illustre le lien entre la concentration et l'absorbance. Nous avons découvert que le coefficient de détermination est  $R^2=0.9974$ , La courbe d'étalonnage a montré une bonne linéarité ce qui indique une corrélation linéaire remarquable. Ce qui permet une estimation fiable des teneurs en sucres.

Voici l'équation de la droite :

$$y = aX + b \quad \ll Y=0.0039X+0.003 \gg$$

Avec

**Y** : L'absorbance

**x** : Correspond à l'absorbance

**a** : La pente de la droite

**b** : L'ordonnée à l'origine 'valeur de y lorsque  $x=0$ '

Pour évaluer la concentration en glucides dans divers types de couscous, une mesure de l'absorbance à 490 nm a été effectuée après une réaction colorimétrique (méthode de Dubois). Les valeurs d'absorbance obtenues ont été mises en relation avec la courbe d'étalonnage linéaire standard. La concentration de chaque échantillon a été déterminée selon l'équation :

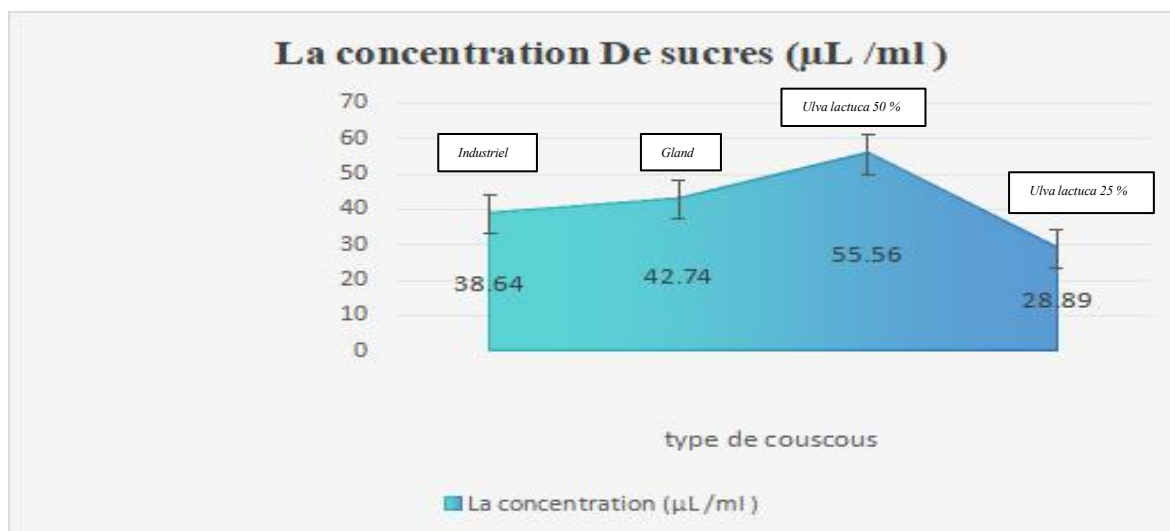
Calcule le X la pente de la droite :

$$X = (Y - b) / a = (0.25 - 0.0003) / (0.0039) = 63.9$$

En se fondant sur les absorbances mesurées à 490 nm, les concentrations en glucides ont été calculées pour chaque type de couscous, en utilisant la droite d'étalonnage dérivée des standards

Tableau 15 : Concentration de glucides de chaque type de couscous

Type de couscous	L'absorbance à 490nm	Calcule $x = (y - 0.0003) / (0.0039)$	La concentration (mg/ml)
Couscous industriel	0.151	$x = (0.151 - 0.0003) / 0.0039$	38.64
Couscous au gland	0.167	$x = (0.167 - 0.0003) / 0.0039$	42.74
Couscous à base de 50% d'ulva lactuca	0.217	$x = (0.217 - 0.0003) / 0.0039$	55.56
Couscous à base de 25% d'ulva lactuca	0.113	$x = (0.113 - 0.0003) / 0.0039$	28.89



**Figure 47 :** la teneur en glucide de chaque type de couscous

Les analyses montrent une variation des teneurs en glucides totaux en fonction du type de formulation de couscous.

- Le couscous industriel affiche une teneur en glucides de 38,64 ul/ml, étant un produit traditionnel à base de semoule riche en amidon.
- Il est à noter que le couscous fait à partir du gland présente une forte concentration en glucides comparativement au couscous industriel, ce qui témoigne de la richesse du gland en sucres complexes.
- Par ailleurs, le taux de glucides est également moins élevé dans le couscous fait avec 25% d'*Ulva lactuca*.
- Ainsi, le couscous fabriqué à partir de glands et celui à base de 50% d'Ulva présentent une concentration plus élevée en glucides, tandis que le couscous industriel a une teneur moyenne en glucides totaux.
- Le couscous à base 25 d'*Ulva lactuca* présente un faible teneur en glucides.

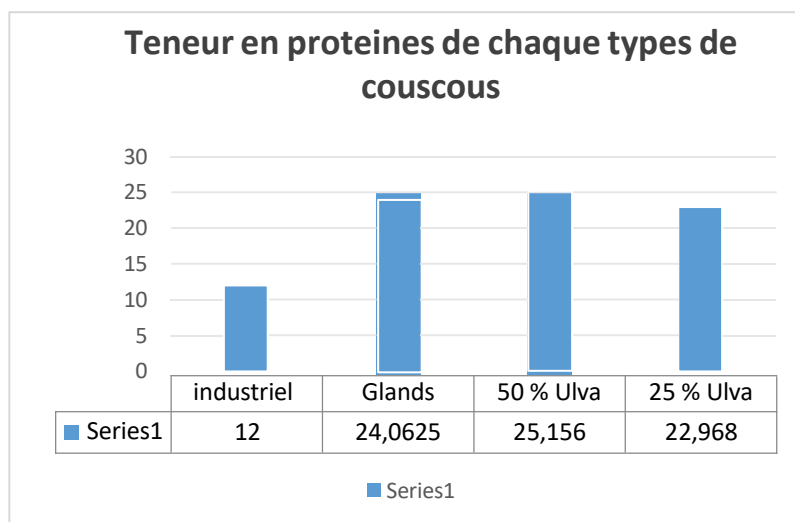
- ✓ La variation des teneurs en glucides reflète l'impact de la nature des matières premières sur la composition nutritionnelle du couscous. L'enrichissement en glands et en *Ulva lactuca* à 50 % contribue à une concentration plus élevée en glucides complexes.

### 2.3.3 Teneur en protéines

Les données montrent que la concentration en protéines varie considérablement en fonction de la recette du couscous. Le couscous enrichi à 50 % d'*Ulva lactuca* affiche la teneur en protéines la plus élevée (32,81 %), suivi de près par celui à base de glands (31,45 %). En revanche, la recette industrielle présente une teneur beaucoup plus faible (12 %)

*Tableau 16 : Résultats de la teneur en protéines des variétés des couscous analysés*

Type de couscous	L'azote total g	Teneur en protéines %
industriel	/	12
Glands	9.625	24.0625
50 % Ulva	10.0625	25.156
25 % Ulva	9.1875	22.968



*Figure 48 : Résultats de teneur en protéines*

Ces résultats mettent en évidence le potentiel nutritionnel de l'*Ulva lactuca* en tant qu'ingrédient fonctionnel riche en protéines. L'augmentation progressive des niveaux de protéines avec l'enrichissement à 25 % puis 50 % d'*Ulva* démontre une corrélation directe entre la quantité d'algue et l'apport en protéines. En comparaison, la richesse en nutriments des glands contribue également à l'augmentation de la teneur en protéines, tandis que la formulation industrielle demeure moins attrayante sur le plan nutritionnel.

#### 2.4 Les analyses sensorielles :

L'évaluation sensorielle révèle que le couscous enrichi à 25 % d'*Ulva lactuca* est principalement perçu comme ayant une couleur claire (16 réponses), tandis que celui à 50 % présente une plus grande variété de teintes, avec des mentions significatives de teintes foncées et très foncées.

*Tableau 17 : Résultats analyses sensorielles*

<b>La couleur</b>	claire	foncée	très foncé
couscous à base de 50% <i>D'ulva lactuca</i>	13	5	3
couscous à base de 25% <i>D'ulva lactuca</i>	16	4	
<b>Le goût</b>	mauvais	bon	normal
couscous à base de 50% <i>D'ulva lactuca</i>	0	12	8
couscous à base de 25% <i>D'ulva lactuca</i>	0	16	4
<b>Granule</b>	fine	moyenne	grosse
couscous à base de 50% <i>D'ulva lactuca</i>	0	20	0
couscous à base de 25% <i>D'ulva lactuca</i>	0	20	0
<b>Odeur</b>	désagréable	normal	agréable
couscous à base de 50% <i>D'ulva lactuca</i>	0	17	3
couscous à base de 25% <i>D'ulva lactuca</i>	0	17	3
<b>La texture</b>	ferme	normal	altéré
couscous à base de 50% <i>D'ulva lactuca</i>	10	10	0
couscous à base de 25% <i>D'ulva lactuca</i>	10	10	0

En ce qui concerne le goût, les deux formulations sont généralement bien acceptées, sans indication de goût désagréable, le 25 % recevant davantage de réponses positives (16 « bon »).

Pour ce qui est de la granulométrie, les deux types sont exclusivement notés à granulométrie moyenne (20/20). L'odeur est jugée normale à agréable dans les deux cas, et la texture est équilibrée entre ferme et normale, sans signalement d'altération.

Ces résultats indiquent que l'ajout d'*Ulva lactuca* jusqu'à 25 % ne compromet pas les caractéristiques sensorielles essentielles du couscous, et qu'il est globalement bien accepté en termes de goût, d'odeur, de texture et de granulométrie. L'augmentation à 50 % semble avoir un impact plus marqué sur la couleur du produit, le rendant visiblement plus foncé, ce qui pourrait refléter la concentration en pigments naturels de l'algue. Cependant, cette formulation conserve de bonnes propriétés sensorielles, avec une acceptabilité gustative et olfactive toujours satisfaisante

#### ✓ Résultats comparatives générales

Le tableau ci-dessous présente une synthèse des résultats analytiques obtenus pour les différents types de couscous étudiés. Il permet une comparaison globale des paramètres physico-chimiques et microbiologiques analysés, mettant en évidence les similitudes et les différences entre les échantillons. Cette comparaison vise à évaluer la qualité, la composition et la sécurité sanitaire de chaque type de couscous.

**Tableau 18** : Résultats comparative générales

type de couscous	Humidité (%)	Cendres (%)	Matière sèche (%)	Fibres (% MS)	Glucides (µg/mL)	Protéines (%)
<i>ulva lactuca</i> 50%	10.12	2.99	90.8	3.45221	55.56	25.16
<i>Ulva lactuca</i> 25%	11.67	2.82	89.54	1.021	28.89	22.97
Gland	10.82	2.14	90.23	2.722	42.74	24.06
Industriel	12.13	0.97	89.18	0.0057	38.64	12

L'enrichissement en *Ulva lactuca* montre une influence significative sur les propriétés nutritionnelles du couscous :

- **Teneur en fibres** : Elle augmente de façon marquée avec l'ajout d'algue, atteignant **3,42 %** pour la version 50 %, ce qui renforce l'intérêt diététique du produit pour la satiété et la régulation glycémique.
- **Teneur en cendres** : Les formulations à base d'*Ulva* présentent les taux les plus élevés (**2,99 %**), reflet de la richesse naturelle de cette algue en minéraux essentiels (calcium, iode, magnésium...).
- **Teneur en protéines** : Le couscous enrichi à 50 % d'*Ulva* affiche la valeur protéique la plus élevée (**25,16 %**), traduisant l'apport nutritif remarquable de cette algue verte.
- **Glucides** : La formulation à 50 % *Ulva* présente également un taux de glucides très élevé (**55,56 µg/mL**), ce qui peut s'expliquer par la présence de polysaccharides complexes, notamment les polysaccharides sulfatés, reconnus pour leurs propriétés bioactives.
- **Humidité et matière sèche** : Toutes les formulations restent dans la norme du Codex Alimentarius, assurant ainsi une bonne stabilité microbiologique et une meilleure conservation.
- **Antioxydant** : La poudre d'*Ulva lactuca* a montré une très forte activité antioxydante (jusqu'à **96,84 %** d'inhibition DPPH), ce qui confère à ces formulations un potentiel fonctionnel unique, particulièrement utile dans la prévention du stress oxydatif, notamment chez les personnes atteintes de diabète.

### **Conclusion :**

Ce travail a porté sur l'élaboration d'un couscous fonctionnel enrichi en macroalgues, spécifiquement conçu pour répondre aux besoins nutritionnels des personnes diabétiques et insulino-résistantes. L'incorporation de la poudre d'*Ulva lactuca* a permis d'apporter au produit final une richesse en composés bioactifs, tout en préservant des caractéristiques technologiques et sensorielles acceptables.

Les analyses microbiologiques, réalisées aussi bien sur la poudre de macroalgue que sur le produit fini, ont révélé l'absence totale de germes pathogènes, assurant ainsi la sécurité sanitaire du couscous élaboré.

Sur le plan nutritionnel, bien que les analyses aient révélé une teneur en glucides relativement élevée, ce facteur est contrebalancé par une richesse notable en fibres alimentaires. Ces fibres jouent un rôle clé dans la réduction de l'indice glycémique du produit en ralentissant l'absorption intestinale du glucose, ce qui représente un avantage majeur pour les personnes atteintes de diabète ou présentant une résistance à l'insuline. Il est important de souligner que le couscous contenant 25 % de poudre d'*Ulva lactuca* présente une teneur en glucides plus faible que le couscous formulé à 50% ainsi que par rapport aux autres types de couscous analysés, ce qui renforce son intérêt nutritionnel dans le cadre d'un régime à charge glycémique contrôlée.

Le produit présente également une teneur appréciable en protéines, ainsi qu'une activité antioxydante significative, liée à la présence de composés phénoliques issus des macroalgues. Les paramètres physico-chimiques (taux d'humidité, cendres, etc.) confirment la stabilité et la qualité nutritionnelle du couscous enrichi, faisant de ce dernier un aliment fonctionnel prometteur.

En conclusion, le couscous enrichi en *Ulva lactuca*, notamment dans sa formulation à 50%, s'affirme comme une alternative innovante et équilibrée aux produits céréaliers classiques, offrant des bénéfices potentiels dans le cadre d'une alimentation préventive et thérapeutique adaptée aux troubles métaboliques.

## **Références Bibliographiques**

**Références bibliographiques :**

**Aboubacar, A.; Hamaker, B. R. (1999).** Physicochemical properties of flours that relate to sorghumcouscous quality. *Cereal Chemistry*, vol. 76, n° 2, p.p. 308-313.

**Ahmadi, A., Zorofchian Moghadamtousi, S., Abubakar, S., & Zandi, K. (2015).** Screening of marine algal extracts for antiviral activity against herpes simplex virus. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, vol. 5, n° 9, P.P. 660–665.

**Alghazeer, R., Whida, F., Abduelrhman, E., et al. (2013).** Antibacterial and antioxidant activities of aqueous extracts from selected macroalgae of the Mediterranean coast of Libya. *Journal of Aquatic Science and Technology*, vol. 1(1), P.P. 1–8.

**Amrouni, H. (2022).** La Hammama ou le couscous aux 70 plantes, un plat traditionnel aux mille vertus. *Essaha*, vol. 2022, n° spécial, P.73.

**Appeltans, Ward (2025).** *Ulva lactuca* Linnaeus, 1753. [En ligne]. [Consulté le 04/07/2025]. Disponible sur le web : <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=145984>

**Aron-Wisnewsky, J. et al. (2019).** Major microbiota dysbiosis in severe obesity. *Gut*, 68(1), P.P.70– 82.

**Ascensia Diabetes Care Switzerland AG (2016).** Petit guide des glucides.p.8.

**Ascensia Diabetes Care Switzerland AG (2017).** Le diabète de type 2 : Que se passe-t-il dans mon corps ? Suisse : Contour Diabetes Solutions, P.6

**Association Française des Diabétiques (2012).** Diabète & Alimentation: Les clefs pour équilibrer ses repas au quotidien. Paris : Association Française des Diabétiques, p. 2.

**Assurance Maladie – Ameli.fr (s.d.).** Diabète et alimentation : les fondamentaux. [En ligne].

[Consulté le 23/03/2025]. Disponible sur le web :  
<https://www.ameli.fr/assure/sante/themes/diabete-adulte/diabete-vivre-quotidien/equilibre-alimentaire/diabete-alimentation-fondamentaux>

**Awad, N. E. (2000).** Biologically active steroid from the green alga *Ulva lactuca*.

**Benammar Chahid, El Hocine (2016).** Détermination du statut antioxydant chez les patients diabétiques de la région de Tlemcen. Mémoire de magister, Biologie moléculaire et physiologie. Tlemcen : Université Abou Bekr Belkaïd, P. 110.

**Benatallah L., Zidoune M. N., Oulamara H., Aglia., (2006.)** Formulation et fabrication de couscous à base de riz et de légumes secs pour malades coeliaques. Actes SAR GP3A, Tunis: P.P. 160- 164.

**Benatallah, L., Bourekoua, H., & Zidoune, M. N. (2018).** *Formulation of couscous enriched with chickpea flour: Nutritional, physicochemical and sensory characteristics.* **Journal of Food Measurement and Characterization**, 12 (2), P.P .893–902.

**Benaraba, Rabah (2007).** Insulinorésistance et stress oxydant dans le syndrome métabolique : effets protecteurs de microconstituants nutritionnels. Thèse de doctorat, Biologie cellulaire. Grenoble : Université Joseph Fourier, P. 227.

**Benkanoun, Abdelaziz (s.d.).** Indice glycémique et charge glycémique des aliments.

**Benyaich, Abdelhay. (À paraître).** Les effets du régime méditerranéen sur les maladies chroniques : Maladies cardiovasculaires, stress oxydatif, dyslipidémie, diabète sucré, pression artérielle, cancer, maladies neurodégénératives et obésité. *Nutrition Research Reviews*, vol. 16, n° 3.P.11.

**Baylis, Christine L. (2010).** *Salmonella: detection and isolation.* Cambridge, UK. Woodhead Publishing, p. 45–68.

**Bertrand, Amélie. (2019).** La nutrition au service de la santé cardiovasculaire des femmes : des écarts à combler. *Nutrition Science en évolution*, vol. 16, n° 3, p. 27.

**Bianchi, A., & Locatelli, M. (2018).** Testosterone: A key factor in gender-related metabolic

syndrome. *Obesity Reviews*, 19(4), P.557–575.

**Blais, S. (2002).** La problématique des cyanobactéries (algues bleu-vert) à la baie Missisquoi en 2001. *Agrosol*, vol. 13, n° 2, P.P. 103-110.

*Botany Journal*. (2001). *Ulva lactuca* characteristics and habitat description. vol. 34, n° 2, p. 112–120.

**Bouasla, A., Mosbah, N., & Benatallah, L. (2021).** Couscous enrichi en Gartoufa (*Matricaria pubescens*) : fabrication traditionnelle et modes de consommation à Ghardaïa (Sud Algérien). *Algerian Journal of Nutrition and Food Sciences*, vol. 1, n° 4, P.P. 10–16.

**BOUDREAU, A.; MENARD, G. (1992).** Le blé : éléments fondamentaux et transformation. Sainte-Foy. Les Presses de l'Université Laval, p. 439.

**Bouragba, I., & Diaf, M. (2025).** *Syndrome métabolique : Définition, facteurs de risque, physiopathologie et complications vasculaires*. Sidi Bel Abbès : Université Djillali Liabes, p. 1–48.

**Bourée, Pierre. (2008).** **Staphylocoques et infections staphylococciques.** *Revue Francophone des Laboratoires*, vol. 2008, n° 401, p. 41–50.

**Bovolini, A. et al. (2021).** Metabolic syndrome, physical activity and inflammation. *Nutrients*, 13(5), P.1539.

**Bravo, L. (1998).** Polyphenols: Chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. *Nutrition Research*, vol. 56, P.P. 317–333.

**Brouca, C., Levayer, F., Potdevin, C., & Volland, G. (s.d.).** Le Glucido-Répertoire des aliments (Livret d'information). CHU de Montpellier, Unité Diététique.p.5.

**Cabioc'h, J., Floch, J.-Y., Le Toquin, A., Boudouresque, C.-F., Meinesz, A., Verlaque, M. (1992).** Guide des algues des mers d'Europe : Manche/Atlantique, Méditerranée. Neuchâtel, Paris : Delachaux et Niestlé,p. 219

**Cappuccino, J.G., Welsh, C. (2019).** *Microbiology: A Laboratory Manual*, 11<sup>e</sup> éd. New York :

Pearson, p. 185.

**Cayla, Michèle (1995).** Découvrez les algues : propriétés, applications, recettes. Paris : Éditions Chiron, P. 120. (Information tirée de la p. 9).

**CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC, 2014.** *Recherche et dénombrement des coliformes thermotolérants (fécaux) et confirmation à l'espèce Escherichia coli : méthode par filtration sur membrane.* MA. 700 - Fec.Ec 1.0, Rév. 5, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec, p.20

**Chemache, L.; Kehal, F.; Namoun, I.; Chaalal, M.; Gagaoua, M. (2018).** Couscous ethnic making and consumption patterns in the Northeast of Algeria. *Journal of Ethnic Foods*, vol. 5, n° 1, pp. 15-24.

**Codex alimentarius 202-1995.** Norme codex pour le couscous. PP :1-3.

**Codex Alimentarius(1995),** norme Codex Alimentarius (202-1995) p.3.

**Colombani, Paolo (2018).** *Indice glycémique et charge glycémique – Hot Topic.* Version 2.0, Société Suisse de Nutrition du Sport (SSNS).

**Compendium. (2014).** Définition, épidémiologie et classification du diabète chez l'enfant et l'adolescent. *Pediatric Diabetes*, vol. 15, n° 20, P.P. 4–17. Paris : Elsevier Masson SAS.

**Craig, M.E. et al. (2014).** ISPAD Clinical Practice Consensus Guidelines. *Pediatric Diabetes*, vol. 20, p.p. 154–179.

**Cummings, John H. & Stephen, Alison M. (2007).** Carbohydrate terminology and classification. *European Journal of Clinical Nutrition*, vol. 61, n° Suppl 1, P.P. S5–S18.

**Dagher, S. M. (1991).** Traditional food in the Near East. Rapport d'activité. Document non publié. Rome. FAO.

**FAO.Codex alimentarius.** Norme codex 202-1995.Norme codex pour le couscous. P: 1-3.

**Debbouz, A.; Donnelly, B. J. (1996).** Process effect on couscous quality. *Cereal Chemistry*, vol. 73, pp. 668-671.

**DeFronzo, R. A., Ferrannini, E., Zimmet, P., et Alberti, G. (2015).** Type 2 diabetes mellitus. *Nature Reviews Disease Primers*, vol. 1, Article 15019.

**Delarue, J. & Sieffermann, J.-M. (2004).** *Évaluation sensorielle – Méthodes et pratiques*. Paris. Tec & Doc – Lavoisier, p. 15–30.

**Delgado-Lista, J., Perez-Martinez, P., Solis-Munoz, M. A., et al. (2022).** Long-term secondary prevention of cardiovascular disease with a Mediterranean diet and a low-fat diet (CORDIOPREV) : a randomised controlled trial. *The Lancet*, vol. 399, n° 10338, P.P. 1876–1885.

**DELMAS, Catherine.( 2009.)** *Détermination du caractère Gram (Édition 2009)*. Toulouse : Centre Toulousain pour le Contrôle de qualité en Biologie clinique (CTCB),p . 2 .

**Demoulain, Géraldine., Leymergie, Céline. (2009).** Les algues, le trésor de la mer. Rapport d'activité. Document non publié. Genève : Haute École de Santé Genève.p.7

**Derouiche, M. (2003).** Couscous – Enquête de consommation dans l’est algérien, fabrication traditionnelle et qualité. Thèse de Magister, Nutrition et Technologie Agro-Alimentaire. Constantine : Université de Constantine, p. 125.

**Desnick, Robert et Schuchman, Edward. (2012).** Lysosomal storage diseases: Pathogenesis, diagnosis, and treatment. *Nature Reviews Genetics*, vol. 13, n° 6, P.P. 447–462.

**Diabète Québec (2023).** Protéines. [En ligne]. Consulté le 22/03/2025. Disponible sur le web :<https://www.diabete.qc.ca/le-diabete/la-gestion-du-diabete/alimentation/proteines/>

**Doukani, K. (2015).** Étude comparative entre le couscous industriel et le couscous à base de glands. *Nature & Technologie*, vol. 13, n° 2,pp. 2-11.

**Doumandji, A.; Boutekrabt, L.; Saidi, N. A.; Doumandji, S.; Hamerouch, D.; Haouari, S. (2012).** Étude de l'impact de l'incorporation de la spiruline sur les propriétés nutritionnelles,

technologiques et organoleptiques du couscous artisanal. *Nature & Technologie*, vol. 4, n°1, pp. 40-50.

**Dubois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. A., & Smith, F. (1956).** Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances. *Analytical Chemistry*, 28(3), P.P 350–356.

**Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A., Smith, F. (1956).** Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, vol. 28, n° 3, p. 350–356

**Durand, Jean-René & Lévêque, Christian (1980).** Flore et faune aquatiques de l’Afrique sahélo-soudanienne – Tome I. Paris : ORSTOM, P. 389,12

**El Kettani, Dr. (2024).** *Cours du module : Prescription de l’activité physique sportive pour la population atteinte des maladies métaboliques*. Document de cours non publié. Sidi Bel Abbès : Université Djillali Liabes, p. 1–10.

**Encarta. (2003).** *Diabète. Glucose dans le sang – Hyperglycémie*. Sante et Corps Humain. Soft Collection Micro Application, Microsoft Encarta Encyclopédie.

**Erghem, R. (s.d.).** *Fibres alimentaires*. Support de cours de Thérapeutiques Nutritionnelles, Master 1 Biochimie. Université Frères Mentouri Constantine 1, P. 1

**Fajans, S. S., Bell, G. I., & Polonsky, K. S. (2001).** Molecular mechanisms and clinical pathophysiology of maturity-onset diabetes of the young. *New England Journal of Medicine*, 345(13), 971–980

**Faulkner, J. L., & Belin de Chantemèle, E. J. (2019).** Sex differences in mechanisms of hypertension associated with obesity. *Hypertension*, 71(1), 15–21.

**FEILLET, P. (2000).** Le grain de blé : composition et utilisation. Paris. INRA, p. 308.

**Fromentin, Gilles et al. (2011).** *Protéines laitières et satiété, contrôle du comportement alimentaire*. *Innovations Agronomiques*, vol. 13, p.67

**Garon-Lardière, Sandrine (2004).** Étude structurale des polysaccharides pariétaux de l'algue rouge *Asparagopsis armata* (Bonnemaisoniales). Thèse de doctorat, spécialité Chimie. Université de Bretagne Occidentale. Soutenue le 24 février 2004. P.5.

**Goldenberg, R. et al. (2013).** Définition, classification et diagnostic du diabète. *Canadian Diabetes Association, Can J Diabetes*, 37, 369–372.

**Gonzales, Manuel (sans date).** Utilisations médicales et industrielles des algues. [En ligne]. [Consulté le 03/06/2025]. Disponible sur : <http://manuel.gonzales.free.fr/pages/utilisation2.html>

**Grimaldi, A., Vexiau, P., & Cathelineau, G. (2001).** Le diabète de type 1 chez l'adulte : particularités cliniques et prise en charge. *Diabetes & Metabolism*, 27(4 Pt 2), S40–S45.

**Guezlane, L. (1993).** Mise au point de méthodes de caractérisation et étude des modifications physico- chimiques sous l'effet des traitements hydrothermiques en vue d'optimiser la qualité du couscous de blé dur. Thèse de doctorat d'État, Sciences agroalimentaires. El Harrach : Institut National Agronomique, p. 89.

**Hartemann, A., & Grimaldi, A. (2013).** Guide pratique du diabète. In : Le diabète insulino-dépendant ou diabète de type 1. France : Elsevier Masson, p. 45–72.

**Hassan, S. K., El-Sayed, W. M., & El-Sayed, A. M. (2011).** Antioxidant and Anticancer Activities of *Ulva lactuca* Green Seaweed: Phytochemical Composition. *Journal of Medicinal Plants Research*, vol. 5(16), P.P. 3574–3583.

**Hebrard, A. (2002).** Granulation de semoules de blé dur. Thèse de doctorat, Sciences. Montpellier : ENSA Montpellier. P. 101. <http://manuel.gonzales.free.fr/pages/utilisation2.html>

**IFDC-Bénin. (2023).** Transformation du maïs en Yékè-Yékè (couscous de maïs). Rapport d'activité. Document non publié. Cotonou : IFDC.

**Ilknur, A. K., Cenk, O. Z., et al. (2015).** Effect of sodium acetate and sodium nitrate on

biochemical composition of green algae *Ulva rigida*. *Aquaculture International*, vol. 23, P.P. 1–11.

**Institut National de la Recherche Agronomique (INRA). (2015).** *Méthodes d'analyse en nutrition et science des aliments*. Paris : INRA Éditions, p. 112–113.

**Irkin, C., & L.E.H. (2014).** Chemical composition of *Ulva rigida* C. Agardh from the Çanakkale Strait (Dardanelles), Turkey. *Journal of Black Sea/Mediterranean Environment*, vol. 20, P.P. 114–122.

**Ivanova, V., Stancheva, M., & Petrova, D. (2013).** Fatty acid composition of Black Sea *Ulva rigida* and *Cystoseira crinita*. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, vol. 19, P.P. 42–47.

**Jaishankar, M., Tseten, T., Anbalagan, N., Mathew, B. B., & Beeregowda, K. N. (2014).** Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals. *Interdisciplinary Toxicology*, 7(2), P.P. 60–72

**Journal officiel de la République algérienne démocratique et populaire. (2017).** Numéro 39 du 8 Chaoual 1438 correspondant au 2 juillet 2017. Imprimerie Officielle, Alger. p.32.

**Khadem, H.; Benatmane, N.; Ouhab, A.; Mazouzi, F. Z.; Soualmi, K.; Badra, B. (2019).** Qualité microbiologique du blé dur fermenté de Matmor Hamoum : Indispositions digestives, microflore avantageusement technologique et potentiels pathogènes. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol. 27, n° 1, P.P. 11-18.

**Khairy, H. M., & El-Sheikh, M. A. (2015).** Antioxidant activity and mineral composition of three Mediterranean common seaweeds from Alexandria coast, Egypt. *Saudi Journal of Biological Sciences*, vol. 22(5), P.P. 623–630.

**King, H., Aubert, R. E., & Herman, W. H. (1998).** Global burden of diabetes, 1995–2025. *Diabetes Care*, 21(9), P.P. 1414–1431.

**Kouamé, Adam Camille et al. (2021).** Profil glucidique et index glycémique du Dockounou : un gâteau traditionnel à base de banane plantain sénescence. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol. 34, n°4, p87.

**Lahaye, M., & Jegou, D. (1993).** *Physico-chemical properties and chemical composition of dietary fibres from Ulva lactuca (Chlorophyta).* Journal of Applied Phycology, 5, P.P. 195–200

**Lamichhane, A. P. et al. (2018).** Nutritional factors with glycated hemoglobin in youth. *Diabetes Care*, 41(7), P.P. 1430–1437.

**Laskin, Allen. Lechevalier, Hubert (1994).** Handbook of Microbiology. Ohio: CRC Press, Vol. 1, P.P. 1-15.

**Le Chatelier, E. et al. (2013).** Richness of human gut microbiome correlates with metabolic markers. *Nature*, 500(7464), P.P. 541–546.

**Lee, J.-B., Hayashi, K., Hirata, M., et al. (2004).** Antiviral sulfated polysaccharide from *Navicula directa*, a diatom, and its structural characterization. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, vol. 12(9), P.P. 2233–2237.

**Leroy, C. et al. (2013).** Diabetes insipidus. *Annales d'Endocrinologie*, 74, 496–507. Paris : Elsevier Masson SAS.

**Levi, Yves, Harvey, Mathilde, & Cervantès, Paulina. (2006).** Évaluation des risques liés à la présence de cyanobactéries et leurs toxines dans les eaux destinées à l'alimentation, à la baignade et autres activités récréatives. Rapport d'activité. Document non publié.

**Leyral, Guy, Figarella, Jean, & Terret, Michèle (1995).** Microbiologie, Tome 2 : Microbiologie appliquée. Malakoff : Éditions J. Lanore.p.239.

**Li, Y., Zheng, Y., Zhang, Y., et al. (2019).** Anti-diabetic activity of sulfated polysaccharides from *Ulva lactuca*: Modulation of gut microbiota and insulin signaling pathway in type 2 diabetic mice. *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 140, P.P. 342–352.

**Loukiadis, Estelle (2007).** Facteurs de virulence et dissémination dans l'environnement via les effluents d'abattoirs d'animaux de boucherie d'*Escherichia coli* entérohémorragiques (EHEC). Thèse de doctorat, Microbiologie. Toulouse : Université Toulouse III - Paul Sabatier. P. 1-232.

- Mabeau, S., & Fleurence, J. (1993).** Utilisation des algues dans l'alimentation humaine. **4(4)**, P.P. 103–107.
- MacFaddin, J.F. (2000).** *Biochemical Tests for Identification of Medical Bacteria*, 3<sup>e</sup> éd. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, p. 334.
- Mao, W.-J., Fang, F., Li, H.-Y., et al. (2006).** Anticoagulant and Antithrombotic Activities of a Sulfated Polysaccharide from the Green Seaweed *Monostroma nitidum*. *Thrombosis Research*, vol. 117(4), P.P. 463–472.
- Margret, R. J., Kumaresan, S., & Ravikumar, S. (2009).** A preliminary study on the antiinflammatory activity of *Ulva lactuca* in rat. *Journal of Pharmacology and Toxicology*, vol. 4(4), P.P. 179–184.
- Marsaudon, E. (2011).** Le diabète : Les 200 questions clés pour mieux vivre. France: Éditions Ellébore, p. 288.
- Mediterraneo. (2015).** Distribution and habitat of *Ulva lactuca* in the Mediterranean Sea. *Marine Ecology*, vol. 39, n° 1, P.P. 89–97.
- Ministère de la Santé et des Services sociaux. (2024).** Coup d'œil sur l'alimentation de la personne vivant avec le diabète. Québec : Gouvernement du Québec, Brochure éducative, P. 11.
- Mithieux, Gilles. (2014).** Mécanismes intestinaux de l'effet bénéfique des fibres sur la régulation du glucose. *Équation Nutrition*, vol. 109, n° 6, P.P. 2–5.
- Montet, Didier & Ray, Ramesh C. (2016).** *Food Microbiology: Principles into Practice*. Chichester, UK. Wiley-Blackwell, p. 215–218.
- Nandkeoliar, Manoj Kumar et al. (2024).** Trace elements in health and disease: A review. *African Journal of Biomedical Research*, vol. 27, Supplement, P.P. 10729–10745
- Nishida, C., Ko, G. T., & Kumanyika, S. (2010).** Body fat distribution and noncommunicable diseases in populations. *European Journal of Clinical Nutrition*, 64(1), 2–5.

**Noziah, M. Y., & Ching, C. K. (2000).** Étude sur les compléments alimentaires à base d'algues, P. 268

**Ollier, Amandine (2017).** Utilisation des algues dans les compléments alimentaires : usages et justifications scientifiques. Thèse de doctorat, Université de Grenoble Alpes.

**Ounane, G.; Cuq, B.; Abecassis, J.; Yesli, A.; Ounane, S. M. (2006).** Effects of physicochemical characteristics and lipid distribution in Algerian durum wheat semolinas on the technological quality of couscous. *Cereal Chemistry*, vol. 83, p.p. 377-384.

**Ozenda, Paul (1990).** Abrégés – Les organismes végétaux. 1, Végétaux inférieurs. Paris : Masson, P.P. 18–78.

**Papaoannou, C., Vlysidis, A., & Koutinas, A. (2022).** *Extraction of bioactive compounds from Ulva lactuca: Process design, techno-economic analysis and environmental impact assessment. Sustainability*, 14(3), P.1682

**Paskoff, R. (2015).** *Les traits de côtes*. Paris : Masson, p. 220.

**Patel, A., Wolfram, A., Desin, T.S. (2024).** *Advancements in Detection Methods for Salmonella in Food: A Comprehensive Review. Pathogens*, vol. 13, n° 12, p.

**Pengzhan, Y., Quanbin, Z., Ning, L., et al. (2003).** Antihypertensive and Antihyperlipidemic Effects of *Ulva lactuca* Polysaccharides in High-Fructose Fed Rats. *Journal of Medicinal Food*, vol. 6(1), P.P. 53–58.

**Peter-Riesch, B. et al. (2002).** Glucosamine-induced insulin resistance in L6 skeletal muscle cells. *Molecular and Cellular Endocrinology*, 194(1–2), P.159–168.

**Portha, B. (2023).** *Le diabète de type 2, une histoire de burn-out des cellules bêta-pancréatiques*. Paris : Elsevier, p. 6–12.

**Qi, H., Zhang, Q., Zhao, T., et al. (2005).** Antioxidant activity of different molecular weight sulfated polysaccharides from *Ulva pertusa* (Chlorophyta). *Journal of Applied Phycology*, 17(6), p.27–534.

- Raven, P.H., Evert, R.F., Eichhorn, S.E. (2000).** Biologie végétale : Chapitre 17 - Les algues brunes, embranchement des phaeophyta. Éditions De Boeck Université, Paris, p. 379, 381-382.
- Rewers, M., & Ludvigsson, J. (2016).** Environmental risk factors for type 1 diabetes. *The Lancet*, 387(10035), P.P .2340–2348.
- Rodríguez-Monforte, M. et al. (2017).** Dietary patterns and CVD: a meta-analysis. *British Journal of Nutrition*, 118(10), P.P. 858–879.
- Rosenbloom, Cara (2022).** Les nombreux bénéfices du régime DASH. [En ligne]. [Consulté le 05/04/2025]. Disponible sur le web : <https://www.coeuretavc.ca/articles/les-nombreux-benefices-du-regime-dash>
- Rouxel, C., Danieli, A., & Be, M. (2001).** Identification by SDS-PAGE of green seaweeds (*Ulva* and *Enteromorpha*) used in the food industry. *Journal of Applied Phycology*, 13, p.215–219.
- Sadasivam, S., & Manickam, A. (1996).** *Biochemical Methods*. New Delhi: New Age International Publishers, 2<sup>e</sup> édition, p. 272.
- Salim, Douaa. (2019).** Formulations écocompatibles d'extraits de l'algue verte *Ulva lactuca* pour la préservation des agrumes après récolte. Thèse de doctorat, Sciences des Agroressources. Toulouse : Institut National Polytechnique de Toulouse (Toulouse INP), École doctorale Sciences de la Matière (SDM), Laboratoire de Chimie Agro-Industrielle (LCA). p.219.
- Saltiel, A. R., & Olefsky, J. M. (2017).** Inflammatory mechanisms linking obesity and metabolic disease. *Journal of Clinical Investigation*, 127(1), P.P. 1–4.
- Saudubray, Jean-Marie; Garcia-Cazorla, Àngels. (2018).** Inherited metabolic diseases: An overview. *Pediatric Clinics of North America*, vol. 65, n° 2, P.P. 179–208.
- Service municipal de l'environnement de Luc-sur-Mer. (2007).** Inventaire des algues de l'estran de Luc-sur-Mer (Calvados) – Octobre 2006 et Avril 2007. Rapport d'activité. Document non publié. Luc-sur-Mer : Service municipal de l'environnement de Luc-sur-Mer.

**Sirbu, R. S. C., Ghergic, D. L., et al. (2006).** Caractérisation de certains principes actifs de *Ulva lactuca* et *Ulva rigida* – Algues vertes du littoral roumain de la mer Noire. *Scientific Study and Research*, vol. 2.

**Société Francophone du Diabète (2025).** Insulinorésistance et diabète. [En ligne]. [Consulté le 23/06/2025]. Disponible sur le web : <https://www.sfdiabete.org>

**Stern, J. H., Rutkowski, J. M., & Scherer, P. E. (2016).** Adiponectin, leptin, and fatty acids in the maintenance of metabolic homeostasis. *Cell Metabolism*, 23(5), P.P.770–784.

**Taboada, C., Míguez, I., & Moreno, M. J. (2009).** Composition, nutritional aspects and effect on serum parameters of marine algae *Ulva lactuca*. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 90, P.P. 445–449.

**Tan, L. T., Goh, B. P. L., & Trianto, A. (2012).** Antioxidant and cytotoxic activities of marine algae from the South China Sea. *Journal of Applied Phycology*, vol. 24(5), P.P. 1147–1153.

**Tirigui, M. G. L., Zouari, I., & Tounsi, S. (2013).** Seasonal variation in phenolic composition, antibacterial and antioxidant activities of *Ulva rigida* (Chlorophyta) and assessment of anti-acetylcholinesterase potential. *Journal of Applied Phycology*, vol. 25, P.P. 319–328.

**Trikudanathan, S. et al. (2013).** Association of female reproductive factors with body composition. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 98(1), P.P.236–244.

**Van Soest, Peter J., Robertson, James B., Lewis, Bruce A. (1991).** Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, vol. 74, n° 10, P.P. 3583–3597.

**Vergès, Bernard. (2006).** Complications cardiovasculaires du diabète de type 2 et lipides. *Réalités Cardiologiques*, vol. 213, n° 1, p.1.

**Wang, Lingxiao, Liu, Yao et Zhang, Huachun (2023).** Genetic mechanisms of metabolic disorders: insights into enzyme, transporter, regulatory protein and mtDNA mutations. *Frontiers in Genetics*, vol. 14, P.P. 115–130

**Wellner, D. et Meister, A. (1981).** A survey of inborn errors of amino acid metabolism and transport in man. *Annual Review of Biochemistry*, vol. 50, P.P. 911– 968

**Wijesinghe, W.A.J.P., Jeon, Y.-J. (2011).** Activités biologiques et applications cosméceutiques potentielles des composants bioactifs des algues brunes: une revue. *Phytochem Rev*, vol. 10, n° 4, P.P. 431-443.

**Wong, K. H., & Cheung, P. C. K. (2000).** Valeur nutritive des algues comestibles. 71(4), P.P. 475–482.

**Yettou, N. (1998).** Les méthodes instrumentales d'appréciation de la qualité culinaire du couscous de blé dur. Mémoire de Magister, Sciences agroalimentaires. El Harrach : Institut National Agronomique, p. 101.

**Yousfi, L. (2002).** Influence des conditions de fabrication sur la qualité du couscous industriel et artisanal. Thèse de Magister, DN ATAA. Université de Constantine. P. 141.

**Yu, P., Li, N., Liu, X., et al. (2017).** Sulfated polysaccharides from *Ulva lactuca* inhibit  $\alpha$ -glucosidase activity and reduce postprandial blood glucose in diabetic mice. *Marine Drugs*, vol. 15(11), p.355.

**Zimmet, Paul, Alberti, George et Shaw, Jonathan. (2001).** Global and societal implications of the diabetes epidemic. *Nature*, vol. 414, n° 6865, P.P. 782–787.

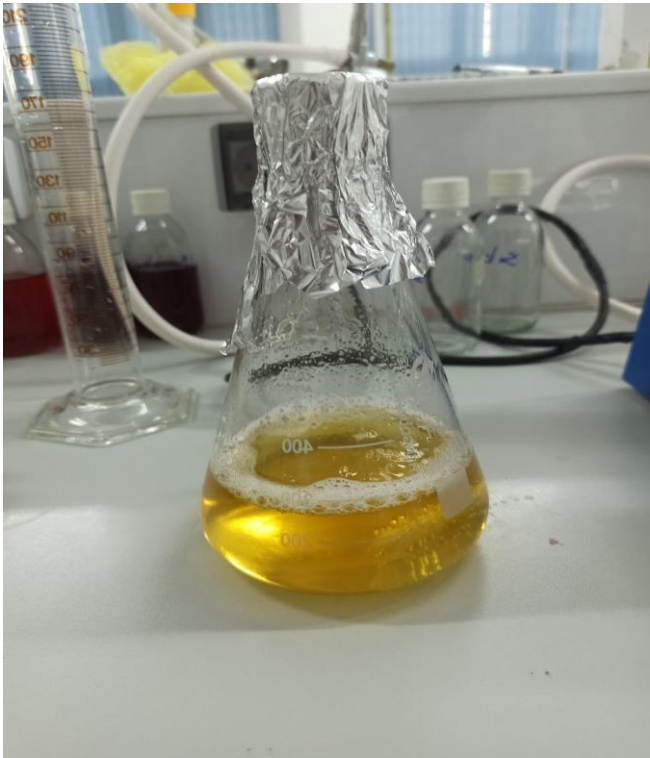
**Zitouni, Hind (2015).** Valorisation nutritionnelle d'algues marines du littoral Algérien chez le ruminant via des méthodes chimiques, biologiques et moléculaires. Thèse de doctorat, Université des Frères Mentouri Constantine. P.P. 9–12.

## **Annexes**

ANNEXE : Institue nationale agronomie d'Algérie



ANNEXE B  
Préparation des milieux gélosé



## ANNEXE C :

### La récolte de l'algue *ULVA LACTUCA*



**ANNEXE D :**  
**SAA « Les métaux lourds »**



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

**République Algérienne Démocratique et Populaire**

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la recherche Scientifique**

المدرسة الوطنية العليا للعلوم البحر وتهينة الساحل

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

**Elaboration d'un couscous à base de macro algue pour une alimentation saine**

Présenter par :

- **GUETARNI Naila**
- **SBAI Faten**

Soutenu le **10/07/ 2025**, Devant le jury composé de :

**Mme OUAFI L.**

**MAB**

**ENSSMAL**

**Promotrice**

**Mme MERAD A.**

**MAB**

**ENSSMAL**

**Co promotrice**

## I Table des matières

Introduction.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
CHAPITRE 01 : PRESENTATION DU PROJET.....	1
1. Idée du projet (solution proposée).....	1
2. Valeurs ajoutées.....	1
3. Equipe de travail.....	3
4. L'objectif du projet.....	4
5. Planing de réalisation du projet.....	4
CHAPITRE II : ASPECTS INNOVANTS.....	5
1. La nature des innovations.....	1
2. Les domaines d'innovation.....	2
Etude marketing et Commercial.....	3
Section 1 : Etude de l'offre.....	3
Section2 : Etude de la demande.....	4
Taille du marché (Couscous).....	11
Analyse PESTEL.....	12
CHAPITRE III : ANALYSE STRATEGIQUE DU MARCHE.....	16
1. Le segment du marché.....	16
2. La mesure de l'intensité de la concurrence.....	17
3. La stratégie marketing.....	19
CHAPITRE 4 : PLAN DE PRODUCTION ET ORGANISATION.....	21
1. Processus de fabrication.....	21
1.1 Préparation des matières premières.....	21
2. L'approvisionnement.....	22
A\ Matière première.....	22
B\ Matériaux et fournitures.....	23
C \Les équipements pour traitement de l'algue.....	23
D \ La machine de fabrication de couscous.....	23
3. Les principaux partenaires.....	23
A / Les fournisseurs.....	23
1.3 \Les méthodes de paiement acceptées.....	24
Composition de l'équipe.....	25
CHAPITRE 5 : PLAN FINANCIER.....	28
1. Les coûts et les charges.....	28
Tableau Investissements et financements.....	29
Tableau salaires et charges sociales.....	31
<b>Tableaux d'amortissement.....</b>	<b>31</b>

Les ventes prévisionnelles.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Le chiffre d'affaires annuelles.....	34
Le plan de trésorerie.....	35
Les comptes de résultats escomptés.....	35
CHAPITRE 6 : PROTOTYPE EXPERIMENTAL.....	37
1. Présentation du prototype expérimental.....	37
Description du prototype tangible.....	37
3. Matériaux utilisés.....	37
4. Étapes de réalisation du prototype.....	37
5. Fabrication industrielle du couscous.....	38
Résumé.....	39
ANNEXES.....	41

## REMERCIEMENT

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à **Madame OUAFI**, notre encadrante, pour nous avoir proposé ce thème riche et innovant, ainsi que pour son accompagnement tout au long de ce travail. Sa disponibilité, ses conseils pertinents et son suivi rigoureux ont été d'une grande aide pour la structuration et la réalisation de notre projet.

Nos sincères remerciements s'adressent également à notre co-promoteur Madame **MERRAD**, pour son soutien, ses remarques constructives et son encadrement tout au long de cette formation. Ses interventions ont contribué à améliorer considérablement la qualité de notre travail.

Nous souhaitons aussi remercier l'équipe de l'incubateur, en particulier Madame **MAOUEL** pour son accompagnement, sa disponibilité et les conseils qu'elle nous a apportés tout au long de notre parcours.

Nous exprimons toute notre profonde gratitude à Monsieur **HANNANE Mohamed El Hadi**, dont le soutien moral et professionnel a été une lumière précieuse tout au long de ce travail. Sa disponibilité sans faille, son écoute empreinte de bienveillance, sa patience remarquable et son engagement sincère ont été pour nous bien plus qu'un simple accompagnement : un véritable pilier. Dans les moments de doute, ses encouragements, sa présence rassurante et ses conseils éclairés nous ont portés et redonné confiance. Par son professionnalisme exemplaire, sa générosité de cœur et son indéfectible soutien moral, il a transformé cette étape de notre parcours en une aventure humaine et académique profondément marquante.

Enfin, nous tenons à remercier Monsieur **Ayoub** pour son rôle en tant que formateur. Sa disponibilité, sa pédagogie et son accompagnement tout au long de la formation ont été précieux et grandement appréciés.

### Introduction

Le couscous est un plat traditionnel dont les origines remontent à l'époque berbère. Préparé à partir de semoule de blé dur, il constituait un aliment de base, apprécié pour sa longue conservation et ses qualités nutritionnelles. Au fil du temps, il a évolué sous différentes formes régionales, intégrant des légumes, des légumineuses ou des épices selon les habitudes alimentaires locales. Ce n'est qu'au vingtième siècle que sa production a été industrialisée, grâce à l'apparition de machines facilitant le roulage et le séchage de la semoule. Aujourd'hui, le couscous est reconnu comme un produit du patrimoine culinaire, consommé largement à travers le monde.

Dans ce contexte, et face aux enjeux actuels liés à la santé et à une alimentation plus durable, nous souhaitons innover en développant un couscous enrichi en macro algues, en particulier *Ulva lactuca*. Ce produit vise à offrir une alternative saine, équilibrée et riche en nutriments essentiels. Convaincus du potentiel des ressources marines, notre objectif est de valoriser ces ingrédients naturels à travers un produit local, innovant et adapté aux besoins des consommateurs modernes. Nous disposons de toutes les connaissances, compétences scientifiques et motivations nécessaires pour concrétiser ce projet dans le secteur agroalimentaire.

## CHAPITRE 01 : PRESENTATION DU PROJET

### 1. Idée du projet (solution proposée) :

Notre entreprise vise à créer ALGOFANA, un produit alimentaire novateur sous la forme de couscous fonctionnel enrichi en macro-algues *Ulva* (algues vertes), conçu pour favoriser une alimentation saine, équilibrée et préventive.

Il s'adresse à un large éventail de consommateurs soucieux d'adopter une approche plus naturelle et durable de leur alimentation quotidienne.



Ce projet s'inscrit dans une perspective de valorisation des ressources maritimes locales et d'intégration de super-aliments dans la cuisine de tous les jours, sans bouleverser les habitudes culturelles. Le couscous, plat emblématique de plusieurs régions, devient ici un vecteur de bien-être grâce à l'enrichissement en *Ulva*, une algue reconnue pour sa richesse en fibres, minéraux, antioxydants, protéines végétales, et ses effets bénéfiques sur le métabolisme.

Cette entreprise possède le statut juridique d'une SARL (société à responsabilité limitée) et est enregistrée sous le code de registre de commerce 107102 (Fabrication de pâtes alimentaires et couscous) délivré par le Centre National du Registre du Commerce (CNRC).

L'idée est née d'une observation : les produits céréaliers classiques restent souvent peu diversifiés sur le plan nutritionnel. En parallèle, les algues, bien que riches en éléments nutritifs et bénéfiques pour l'environnement, sont encore peu exploitées dans l'alimentation humaine.

ALGOFANA se positionne comme une alternative saine, innovante et respectueuse de l'environnement, en proposant un produit à la fois nutritif, accessible et enraciné dans les traditions culinaires locales. Ce projet allie innovation agroalimentaire, promotion du bien-être, et valorisation de l'économie bleue, en intégrant les algues comme ingrédients d'avenir dans l'alimentation méditerranéenne.

### 2. Valeurs ajoutées :

Le développement d'un couscous enrichi en *Ulva lactuca* (laitue de mer) représente une réponse novatrice et durable aux défis contemporains de l'alimentation saine.

Ce produit se caractérise par ses nombreux avantages nutritionnels, technologiques et environnementaux, s'inscrivant pleinement dans une approche de qualité, de performance et de responsabilité.

➤ **Alimentation saine et équilibrée**

L'intégration d'*Ulva lactuca*, une macroalgue marine riche en fibres alimentaires, en protéines végétales, en antioxydants, en minéraux et en vitamines, permet d'améliorer de manière significative la valeur nutritionnelle du produit final. Ce couscous offre ainsi un apport équilibré, contribuant à la prévention de divers déséquilibres nutritionnels tout en favorisant le bien-être général, sans se concentrer exclusivement sur un profil pathologique particulier.

➤ **Innovation**

Ce produit illustre une innovation agroalimentaire pertinente, reposant sur la valorisation de ressources marines encore peu exploitées. En combinant un aliment traditionnel à une source naturelle alternative, ce projet participe à la diversification de l'offre alimentaire, tout en s'appuyant sur les avancées en biotechnologie marine.

➤ **Naturalité**

Composé d'ingrédients d'origine naturelle, ce couscous ne renferme ni additifs chimiques ni conservateurs artificiels. Cette formulation répond à une demande croissante des consommateurs pour des produits sains, transparents et respectueux de l'organisme humain.

➤ **Performance**

Le produit se distingue par d'excellentes performances tant technologiques que sensorielles. Il offre une texture appropriée, une bonne tenue à la cuisson et un goût équilibré, tout en maintenant une densité nutritionnelle élevée. Il allie ainsi qualité nutritionnelle, fonctionnalité technologique et satisfaction organoleptique.

➤ **Efficacité**

Grâce à la combinaison de la semoule et de *l'Ulva lactuca*, ce couscous représente une solution alimentaire fonctionnelle, permettant d'optimiser les apports nutritionnels quotidiens, de prolonger la sensation de satiété et de promouvoir une alimentation préventive accessible au plus grand nombre.

### ➤ Durabilité

Ce projet s'inscrit dans une approche écoresponsable, en favorisant l'utilisation de ressources marines locales, renouvelables et à faible impact environnemental. Il aide à diminuer la pression sur les ressources agricoles terrestres et à favoriser la transition vers une alimentation plus durable, en accord avec les objectifs du développement durable.

### 3. Equipe de travail :

Nous sommes deux membres au sein de l'équipe de ce projet : SBAI Faten et GUETARNI Naila, toutes deux diplômées en ingénierie de biotechnologie marine.

Au cours de notre parcours académique, nous avons développé des compétences solides en valorisation des ressources marines, en formulation de produits alimentaires fonctionnels, ainsi qu'en contrôle de qualité microbiologique. Nos connaissances ont été approfondies grâce à plusieurs stages effectués dans des laboratoires et des structures de transformation, où nous avons eu l'opportunité de travailler sur des sujets liés à la sécurité alimentaire, à la création de produits innovants à base d'algues, et à l'analyse des propriétés nutritionnelles.

Dans le cadre de ce projet, nous assumons ensemble le rôle de responsables de production.

Faten est principalement responsable de la formulation du couscous à base *d'Ulva lactuca*, de la sélection des matières premières et de l'évaluation des aspects nutritionnels.

Naila, se concentre sur le suivi du processus de fabrication, l'optimisation des paramètres technologiques et le respect des normes d'hygiène et de qualité.

Nous collaborons étroitement et répartissons les tâches en fonction de nos compétences respectives, tout en prenant ensemble les décisions importantes. Nous communiquons régulièrement par le biais de réunions de suivi, d'échanges quotidiens et d'outils numériques que nous utilisons pour planifier, organiser et documenter chaque étape du projet. Cette coordination continue nous permet de maintenir une dynamique de travail efficace, d'ajuster rapidement notre organisation si nécessaire, et de progresser de manière efficiente vers nos objectifs.

En outre, nous avons suivi des formations en entrepreneuriat et en management de projet ce qui nous a fournies les compétences requises pour concevoir et administrer efficacement un projet

novateur tel que celui-ci. Cette double perspective scientifique et organisationnelle nous permet d'aborder notre travail avec précision, une vision stratégique et un esprit d'innovation.

#### **4. L'objectif du projet :**

Nous nous engageons à créer une nouvelle génération de produits alimentaires fonctionnels, en lançant un couscous novateur enrichi en macro-algues *Ulva*, afin de favoriser une alimentation plus saine, équilibrée et durable, adaptée aux modes de vie modernes.

Notre but est de proposer une alternative nutritionnelle aux produits céréaliers traditionnels, en mettant en valeur les ressources marines locales tout en respectant les traditions culinaires méditerranéennes.

Nous cherchons à sensibiliser les consommateurs algériens à l'importance des algues en tant que super-aliments, en introduisant sur le marché un produit à la fois accessible, savoureux et riche en nutriments essentiels. À travers ce projet, nous souhaitons également renforcer le lien entre innovation agroalimentaire et économie bleue, en créant de nouvelles opportunités pour l'exploitation durable des bioressources marines.

De plus, nous aspirons à établir notre entreprise ALGOFANA comme un acteur de référence dans le domaine des aliments fonctionnels à base d'algues en Algérie, en mettant l'accent sur la qualité, la recherche appliquée et l'impact environnemental positif. En établissant des partenariats avec des centres de recherche, des institutions publiques et des acteurs du secteur agroalimentaire, nous visons à encourager le développement d'une filière intégrée autour des algues, depuis la culture jusqu'à la transformation.

Enfin, nous avons pour ambition d'élargir progressivement notre gamme de produits et de contribuer à l'émergence d'un modèle alimentaire algérien plus résilient, innovant et en phase avec les enjeux de santé publique et de transition écologique.

#### **5. Planning de réalisation du projet :**

Pour assurer une mise en œuvre structurée et cohérente du projet, un planning détaillé a été élaboré. Ce tableau regroupe l'ensemble des étapes prévues, en précisant pour chacune la période de réalisation. Il constitue un outil de suivi permettant d'organiser efficacement les travaux et de respecter les délais fixés.

TRAVAUX	Description Durée (mois)	1	2	3	4	5	6	7
		1	Études préalables : analyse de marché, recherche documentaire, définition de la recette	X	X			
2	Commande des équipements : déshydrateur, broyeur, matériel de formulation, balance, etc.		X	X				
3	Aménagement du lieu de production (laboratoire ou cuisine test)			X	X			
4	Installation et mise en service des équipements			X	X			
5	Achat des matières premières : algues ( <i>Ulva lactuca</i> ), semoule, épices, etc.				X	X		
6	Réalisation du prototype : formulation, essais sensoriels, ajustements nutritionnels					X		

Tableau 1 : gestion des taches en fonction du temps

- **Études préalables :**  
Analyser la tendance du marché des aliments sains, vérifier les propriétés des algues et ajuster la recette du couscous.
- **Commande des équipements :**  
Acquérir le matériel requis pour la production à petite échelle.
- **Aménagement du lieu :**  
Organiser un espace de travail respectant les normes d'hygiène.
- **Installation & tests :**  
Activation des équipements et réalisation des premiers essais techniques.
- **Achat des matières premières :**  
Approvisionnement en *Ulva lactuca*, semoule complète ou biologique, etc.
- **Prototype :**  
Production expérimentale du couscous, évaluations sensorielles (saveur, texture) et nutritionnelles (fibres, minéraux, etc.).

---

**CHAPITRE II : ASPECTS INNOVANTS****1. La nature des innovations :****➤ Innovation produit :**

Innovation de produit Développement d'un couscous enrichi en algue *Ulva lactuca*, un super-aliment marin reconnu pour ses remarquables qualités nutritionnelles (fibres, antioxydants, protéines, minéraux). Ce produit a pour but de proposer une version plus saine d'un plat traditionnel, répondant aux attentes des consommateurs modernes soucieux de leur alimentation.

Cette innovation introduit également une dimension fonctionnelle :

- ✓ Le couscous présente un potentiel effet bénéfique sur la glycémie, le rendant particulièrement adapté aux personnes diabétiques ou insulino-résistantes.
- ✓ Il constitue un aliment fonctionnel naturel, offrant des bénéfices physiologiques (effet satiétogène, richesse en fibres, apport en oligo-éléments marins).
- ✓ Il vise un double objectif : nourrir et prévenir, en s'inscrivant dans la catégorie des aliments santé à usage quotidien.

**➤ Innovation en formulation alimentaire**

Nous proposons un couscous modernisé élaboré à partir de semoule traditionnelle, enrichi de poudre de macro algue *Ulva lactuca*, selon deux formules expérimentales (25 % et 50 % d'algue). Le mélange partiel de la semoule avec la poudre d'algue marine constitue une nouvelle formulation qui n'a jamais été commercialisée sur le marché local ou régional. Elle permet d'augmenter la densité nutritionnelle tout en préservant l'essence culturelle du plat.

L'innovation réside également dans l'équilibre recherché entre les apports nutritionnels et les qualités organoleptiques :

- ✓ Maintien de la texture, de la couleur, du goût et de l'aspect du couscous malgré l'introduction d'un ingrédient marin.
- ✓ Formulation conçue pour maximiser les apports bénéfiques (protéines, fibres, micronutriments) tout en garantissant l'acceptabilité sensorielle.
- ✓ La poudre d'algue conserve ses propriétés nutritionnelles fonctionnelles grâce à un procédé

doux (séchage contrôlé, broyage fin), intégré dans la formulation.

- ✓ Maintien de la texture, de la couleur, du goût et de l'aspect du couscous malgré l'introduction d'un ingrédient marin.
- ✓ Formulation conçue pour maximiser les apports bénéfiques (protéines, fibres, micronutriments) tout en garantissant l'acceptabilité sensorielle.
- ✓ La poudre d'algue conserve ses propriétés nutritionnelles fonctionnelles grâce à un procédé doux (séchage contrôlé, broyage fin), intégré dans la formulation.

➤ **Innovation écologique**

L'utilisation d'*Ulva lactuca* constitue une avancée en matière d'environnement :

- ✓ Elle peut être cultivée localement, que ce soit en mer ou en bassin, sans avoir recours à des engrais, des pesticides ou de l'irrigation.
- ✓ Elle capte du CO<sub>2</sub> durant sa croissance et aide à la réhabilitation des écosystèmes marins.
- ✓ Elle contribue à diminuer la dépendance vis-à-vis des matières premières agricoles traditionnelles, souvent importées ou ayant une empreinte carbone élevée.

## 2. Les domaines d'innovation :

Ce projet concerne plusieurs domaines :

➤ **Alimentation santé :**

Il s'inscrit dans une tendance mondiale vers des aliments préventifs, fonctionnels et personnalisés, particulièrement adaptés aux besoins de certaines pathologies métaboliques (diabète, résistance à l'insuline).

➤ **Agroalimentaire durable :**

L'utilisation d'une ressource marine renouvelable et peu exploitée, comme l'*Ulva lactuca*, contribue à la diversification des matières premières alimentaires et à la valorisation de la biodiversité marine.

➤ **Innovation sociale et territoriale :**

Ce projet peut favoriser le développement local et durable dans les régions côtières, à travers la récolte, le séchage et la transformation des algues. Il encourage également une prise de conscience des alternatives alimentaires plus écologiques et saines.

➤ **Recherche et développement :**

L'approche expérimentale du projet (dosage des glucides par le test de Dubois, analyse microbiologique, tests de toxicité...) place ce produit dans une démarche scientifique rigoureuse permettant d'optimiser sa qualité et sa sécurité.

➤ **Etude marketing et Commercial :**

Cette étude, qui constitue l'un des éléments clés du plan d'affaires, permettra de préciser les caractéristiques du produit ou service à proposer, d'identifier la clientèle visée et de définir le prix de vente.

Elle sera structurée en trois parties :

- l'analyse de l'offre,
- l'étude de la demande,
- la mise en place d'une stratégie marketing adaptée.

**Section 1 : Etude de l'offre :**

L'analyse de l'offre joue un rôle essentiel dans le processus de décision marketing. Elle permet d'identifier les concurrents présents sur le marché, ainsi que d'évaluer leurs forces et leurs faiblesses.

**1.1Présentation de la concurrence :**

Dans le cadre de l'analyse concurrentielle du marché, il est essentiel d'étudier les principales marques disponibles afin d'identifier les caractéristiques de leur offre. Cette étude comparative permet d'évaluer les différents produits selon plusieurs critères tels que le conditionnement, le type d'emballage, le prix de vente ainsi que les valeurs nutritionnelles

Cette étude permet ainsi de mieux positionner notre propre produit face à la concurrence.

Le tableau suivant présente une synthèse des informations recueillies pour trois marques représentatives du secteur.

Tableau 2 : tableau de benchmark

Marque	Conditionnement	Type d'emballage	Prix de vente	Valeurs nutritionnelles (pour 100g)
Amor Benamor	1Kg  12 Sac par caisse	Sachet en plastique	160 DA	Énergie : 1502 kJ/ 354 kcal Matières grasses : 2 g acides gras saturés : 0,30 g Glucides : 72 g / sucres : 2 g Protéines : 12 g / Sel : 0,01g
Mama	1Kg  12 Sac par caisse	Sachet en plastique	160 DA	Énergie : 1480 kJ/ 350 kcal, Protéines 12 g Glucides :72g Lipides : 2 g
SIM	1Kg  12 Sac par caisse	Sachet en plastique	140 DA	Protéines : 13,0 g / Glucides : 73,0 g / Amidon : 71,5 g Sucres : 1,5 g / Lipides (sans cholestérol) : 1,5 g Valeur énergétique : 358 kcals / 1510 kJ

## Section2 : Etude de la demande :

L'étude de la demande vise à mieux comprendre les attentes et les besoins des consommateurs afin de cibler efficacement notre offre.

Pour ce faire, nous avons élaboré un questionnaire composé de 19 questions, destiné à un public large.

Ce questionnaire comporte essentiellement des questions fermées et s'articule autour de plusieurs axes d'analyse :

L'identification des types de produits les plus recherchés, la définition du prix jugé optimal par les clients, ainsi que la mise en évidence des canaux de distribution et de communication les plus appréciés.

Il inclut également des questions d'identification sociodémographique afin de mieux cerner le profil des répondants.

➤ **Présentation de la problématique et des objectifs de la recherche :**

Notre problématique porte sur la manière de répondre aux attentes des consommateurs algériens en matière d'alimentation saine, à travers l'introduction d'un couscous innovant à base de macro-algues.

Dans ce cadre, notre enquête vise à explorer les attitudes, les préférences et les perceptions des Algériens à l'égard de ce type de produit, afin d'évaluer son attractivité et son acceptabilité sur le marché national.

➤ **Analyse des données :**

**Q1 sexe\***

Homme : 45 %

Femme : 55 %

La répartition hommes-femmes est équilibrée, avec une légère majorité féminine, assurant une représentation diversifiée et neutre des réponses.

**Q2 Age\***

Entre 18 et 30 ans : 95,97 %

Entre 30 ans et 50 ans : 4,3 % plus que 50 ans : 0 %:

Les réponses sont largement dominées par les 18–30 ans (95,97 %), suivis de loin par les 30–50 ans (4,3 %), indiquant une forte participation des jeunes adultes et une faible représentation des tranches d'âge supérieures.

**Q3 Avez-vous des restrictions alimentaires particulières ? \***

Oui : 34,8 % Non : 65,2 %

Les résultats montrent que 34,8 % des participants affirment avoir des restrictions alimentaires, tandis que 65,2 % n'en ont pas. Cette tendance souligne l'intérêt d'envisager des produits pouvant répondre à des besoins nutritionnels spécifiques.

**Q4 Consommez-vous régulièrement du couscous ?\***

Oui : 76,1 %

Non : 23,9 %

Les résultats révèlent que 76,1 % des personnes interrogées consomment régulièrement du couscous, contre 23,9 % qui n'en consomment pas, Cela indique une forte popularité du couscous au sein du groupe étudié

**Q5 À quelle fréquence consommez-vous du couscous ?\***

Plus d'une fois par semaine : 6,5 %

Une fois par semaine : 69,6 %

Une fois par mois : 6,5 %

Rarement : 17,4 %

La fréquence de consommation du couscous révèle que 69,6 % des participants en mangent une fois par semaine, 6,5 % plusieurs fois par semaine, 6,5 % une fois par mois, tandis que 17,4 % le consomment rarement. Ces résultats soulignent que le couscous fait partie de l'alimentation régulière pour la majorité des personnes sondées.

**Q6 Quel type de couscous consommez-vous le plus souvent ?\***

Couscous traditionnel (blé) : 47,8 %

Couscous à base d'orge : 0 %

Couscous industriel en boîte : 47,8 %

Autre : 4,3 %

Les résultats révèlent une consommation équivalente du couscous traditionnel à base de blé (47,8 %) et du couscous industriel en boîte (47,8 %), reflétant une préférence équilibrée entre produits artisanaux et pratiques. L'absence de consommation de Couscous à base d'orge suggère un faible intérêt ou une faible disponibilité de cette variété, tandis que 4,3 % des participants choisissent d'autres types de couscous.

**Q7 Préférez-vous acheter votre couscous \***

En vrac (marché) : 15,2 %

En paquet (magasin/supermarché) : 76,1 %

Préparé (plat prêt à consommer) : 8,7 %

La majorité des consommateurs (76,1 %) choisissent d'acheter leur couscous en paquet dans les magasins ou supermarchés, mettant en avant la commodité et la praticité. Une minorité se tourne vers l'achat en vrac (15,2 %), souvent pour des raisons traditionnelles ou de fraîcheur, tandis que 8,7 % préfèrent le couscous déjà préparé, ce qui indique un intérêt réduit pour les options prêtes à consommer.

**Q8 Qu'est-ce qui influence-le plus votre choix de couscous ?\***

Le goût : 76,1 %

La marque : 15,2 %

Le prix : 13 %

La qualité nutritionnelle : 21,7 %

L'origine du produit : 13 %

Les résultats indiquent que le goût est le critère le plus fréquemment mentionné

(76,1 %) comme facteur déterminant dans le choix du couscous. La qualité nutritionnelle revêt également une certaine importance, étant citée par 21,7 % des participants. D'autres facteurs tels que la marque (15,2 %), le prix (13 %) et l'origine du produit (13 %) influencent également les décisions, mais dans une mesure moins significative. Cela met en lumière une priorité accordée principalement au goût, tout en prenant progressivement en compte les aspects nutritionnels et marketing.

**Q9 Consommez-vous régulièrement du poisson ou des produits de la mer ? \***

Oui : 47,8 %

Non : 15,2 %

Parfois : 37 %

Les résultats indiquent que 47,8 % des participants consomment régulièrement du poisson ou des produits de la mer, 37 % en consomment occasionnellement, tandis que 15,2 % n'en consomment

pas du tout. Cela témoigne d'un intérêt globalement favorable pour les produits marins au sein du groupe analysé.

**Q10 avez-vous déjà entendu parler des algues marines \***

Oui : 87 %

Non : 13 %

Les résultats indiquent que 87 % des participants ont déjà été exposés aux algues marines, tandis que 13 % d'entre eux ne les connaissent pas. Cela témoigne d'une bonne reconnaissance des algues marines parmi le public sondé.

**Q11 Saviez-vous que les algues peuvent être utilisées dans l'alimentation ? \***

Oui : 84,8 %

Non : 15,2 %

Les résultats montrent que 84,8 % des participants sont conscients que les algues peuvent être intégrées dans l'alimentation, tandis que 15,2 % ne le savent pas, ce qui témoigne d'une sensibilisation largement favorable à leur utilisation alimentaire.

**Q12 Avez-vous déjà consommé un produit alimentaire contenant des algues ?\***

Oui : 26,1 %

Non : 73,9 %

Les résultats indiquent que seulement 26,1 % des participants ont déjà consommé un produit à base d'algues, tandis que 73,9 % ne l'ont jamais fait, ce qui met en évidence une consommation faible malgré une bonne connaissance de leur utilisation dans l'alimentation

**Q13 Êtes-vous prêt(e) à goûter un couscous enrichi en algue verte \***

Oui : 73,9 %

Non : 26,1 %

Les résultats indiquent que 73,9 % des participants sont disposés à essayer un couscous enrichi en algue verte, ce qui reflète une volonté notable d'accepter l'innovation dans le domaine alimentaire. En revanche, 26,1 % demeurent hésitants, mettant en évidence l'importance d'éduquer davantage le public sur les avantages et la sécurité de ce type de produit

**Q14 Quelle serait votre motivation pour essayer ce type de produit ?\***

Santé / nutrition : 50 %

Curiosité / nouveauté : 69,6 %

Régime végétarien / bio : 10,9 %

Prix abordable : 4,3 %

Les résultats indiquent que la curiosité et l'attrait pour la nouveauté constituent la motivation principale pour essayer un couscous enrichi en algue verte (69,6 %), suivis par l'intérêt pour la santé et les avantages nutritionnels (50 %). Des motivations plus spécifiques telles que le respect d'un régime végétarien ou biologique (10,9 %) et le prix abordable (4,3 %) sont moins souvent mentionnées. Cela suggère que l'innovation et la perception des bienfaits pour la santé sont les principaux moteurs d'acceptation de ce produit.

**Q15 Si ce couscous était commercialisé, seriez-vous intéressé(e) par son achat ?\***

Oui : 43,5 %

Non : 8,7 %

Peut-être : 47,8 %

Près de la moitié des participants (43,5 %) sont prêts à acheter un couscous enrichi en algue verte, tandis que 47,8 % restent hésitants. Ce résultat révèle un potentiel commercial encourageant, nécessitant toutefois des efforts de sensibilisation pour élargir l'adhésion.

**Q16 Seriez-vous prêt(e) à payer un peu plus pour ce produit de couscous enrichi\***

Oui : 71,7 %

Non : 28,3 %

Une majorité des participants (71,7 %) exprime sa volonté de déboursier un peu plus pour un couscous enrichi en algue verte, ce qui démontre un intérêt positif pour ce type de produit novateur. En revanche, 28,3 % ne sont pas prêts à payer un supplément, ce qui met en évidence la nécessité de justifier la valeur ajoutée du produit.

**Q17 si oui combien ? \***

300 DA : 48,9 %

500 DA : 10 %

300 DA : 2,1 %

150 DA : 2,1 %

Le double de couscous simple : 16,5%

Entre 50 DA à 100 DA de plus par kilo : 3 %

Jusqu'à 250 DA : 17,4 %

Les réponses révèlent que 48,9 % des participants seraient prêts à payer 300 DA pour un couscous enrichi en algue verte, ce qui représente le prix le plus fréquemment accepté. Environ 17,4 % indiquent une limite de 250 DA, tandis que 16,5 % accepteraient même de payer le double du prix du couscous classique. D'autres propositions comme 500 DA, 300 DA, ou une majoration de 50 à 100 DA restent minoritaires. Ces données montrent qu'une majorité est ouverte à une légère hausse de prix, à condition qu'elle reste raisonnable et perçue comme justifiée.

#### **Q18 Quel emballage préférez-vous pour ce produit ?\***

Sachet plastique : 37 %

Emballage en carton recyclable : 39,1 %

Bocal en verre : 19,6 %

Vrac au magasin : 4,3 %

Les résultats montrent une légère préférence pour l'emballage en carton recyclable (39,1 %), suivi du sachet plastique (37 %). Le bocal en verre séduit 19,6 % des participants, tandis que très peu optent pour l'achat en vrac (4,3 %). Cela reflète une tendance vers des choix d'emballage plus écologiques, tout en conservant une part importante pour les options pratiques.

#### **Q19 Si ce couscous à base d'algue était disponible en pharmacie comme aliment santé ou complément nutritionnel, seriez-vous prêt(e) à l'acheter ?\***

Oui, certainement: 30,4 %

Oui, mais cela dépend du prix : 39,1

Non, je préfère l'acheter en supermarché ou magasin bio : 30,4 %

Les résultats montrent que 30,4 % des participants seraient assurément disposés à acquérir ce couscous à base d'algue en pharmacie, tandis que 39,1 % le feraient selon le prix. Une proportion

identique de 30,4 % préfère néanmoins l’acheter en supermarché ou dans un magasin bio. Cela indique un intérêt significatif pour la vente en pharmacie, tout en soulignant l'importance du prix et du lieu d'achat dans le choix des consommateurs

**Conclusion**

L’étude révèle un fort intérêt des consommateurs, majoritairement jeunes, pour des produits alimentaires sains, innovants et à base d’ingrédients naturels comme les algues. La majorité est prête à goûter un couscous enrichi en algue verte et à payer un prix légèrement supérieur pour sa valeur nutritionnelle.

Ces résultats confirment l’existence d’un besoin réel de produits bio et fonctionnels En réponse à cette demande, notre entreprise met en œuvre une stratégie de spécialisation en pénétrant le marché avec un produit de qualité à un prix supérieur, répondant aux nouvelles attentes nutritionnelles et environnementales des consommateurs.

**2.2 Taille du marché (Couscous) :**

La taille du marché désigne la valeur totale ou le volume total des ventes, qu'elles soient potentielles ou réelles, d'un produit ou d'un service sur un marché spécifique, dans une zone géographique et une période définies. Elle permet d'évaluer la demande globale, d'identifier le nombre de consommateurs potentiels et d'analyser les opportunités économiques. L'objectif de cette analyse est de quantifier le potentiel commercial d'un produit, d'orienter les décisions stratégiques (lancement, investissement, positionnement) et de mieux appréhender l'environnement concurrentiel.

Selon la veille concurrentielle et l’étude de marché effectué, on a pu résumer la taille de marché du couscous dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 3 : Taille de marcher**

Marque	Nombre de supérettes	Part de marché %	Moy de vente par semaine	Nombre de packet
MAMA	35000	40%	13	12
SIM	35000	30%		12
AmerBen amor	35000	20%		12
Elbaraka	35000	10%		12
Nombre de vente sac (1Kg) par an	Calcul : 35000 X 13 X 4 X 12 X 12		Total : 262 080000 Sac (1Kg) par an	
Nombre de vente caisse par an	Calcul : 35000 X 13 X 4 X 12		Total : 21 840000 Caisse par an	

Nous visons à capter 2 % de la part de marché dans un premier temps, tout en dimensionnant notre capacité de production pour couvrir jusqu'à 10 % du marché. En cas de demande supérieure, nous serons en mesure de doubler notre capacité dès l'année suivante.

La capacité de production notre produit dans le marché global :

$$\begin{array}{ccc}
 21840000 & \xrightarrow{\hspace{10em}} & 100 \% \\
 ? & \xleftarrow{\hspace{10em}} & 2\% \quad X = (21840000 \times 2) \div 100 \quad X = 436800
 \end{array}$$

Calcul combien de kilos par jours  $X = (436800 \times 12) \div (12 \times 30) = 14560$  Kilos par jours

Calcul combien de carton par jour  $X = 14560 \div 12 = 1213$  Carton par jours

C'est résultats sont par rapport 24 heures mais on veut pour 8 Heures donc

$$\begin{array}{ccc}
 14560 & \xrightarrow{\hspace{10em}} & 24H \\
 ? & \xleftarrow{\hspace{10em}} & 8H \quad X = (14560 \times 8) \div 24 = 4853 \text{ Kilo par 8 Heures}
 \end{array}$$

$X = 4853 \div 12 = 404$  Carton par 8 heures

➤ **Analyse PESTEL :**

L'analyse PESTEL est un outil stratégique qui permet d'étudier les facteurs externes pouvant influencer un projet ou une entreprise. Elle examine six dimensions : Politiques, Économiques, Socioculturels, Technologiques, Environnementaux et Légaux, afin d'identifier les opportunités et les menaces du macro-environnement.

**Facteurs Politiques :**

- En Algérie, l'État soutient activement l'entrepreneuriat, notamment chez les jeunes.
- Des dispositifs tels que l'ANSEJ, le CNAC ou l'ANGEM fournissent un soutien financier ce qui représente une véritable opportunité pour démarrer un projet à petite échelle.
- Le gouvernement encourage également les produits locaux, naturels et sains, en accord avec les objectifs de sécurité alimentaire.
- Cependant, il est impératif d'obtenir une autorisation pour la récolte des algues marines le long du littoral, afin de respecter les réglementations sur la protection de l'environnement marin. Heureusement, il existe des moyens de contourner cette exigence :

- ✓ soit en développant une culture contrôlée d'*Ulva lactuca* (algoculture),
- ✓ soit en important des algues déjà séchées et broyées provenant de fournisseurs agréés.

**Facteurs Économiques :**

- notre produit est économiquement viable à petite échelle «en premier» temps, nécessitant des investissements modérés dans l'équipement de base (séchoir, broyeur, mélangeur, conditionneur).
- Le couscous est un aliment de base accessible et bien établi en Algérie, ce qui facilite l'introduction d'une version enrichie, sans perturber les habitudes alimentaires.
- Le coût de la matière première (algue) demeure faible, surtout en cas de production locale.
- Le marché des aliments sains et fonctionnels est en pleine expansion, en particulier avec l'augmentation du nombre de diabétiques, de personnes obèses ou de consommateurs intéressés par les super aliments, les jeunes sportifs.

**Facteurs Socioculturels :**

- Le couscous est un plat symbolique profondément enraciné dans la culture algérienne. Cela constitue un atout stratégique, car je propose une amélioration nutritionnelle tout en préservant l'identité du plat.
- Bien que les algues soient peu consommées en Algérie, elles attirent de plus en plus l'attention en raison de leurs bienfaits nutritionnels : protéines végétales, fibres alimentaires, minéraux, antioxydants.
- Une stratégie efficace de sensibilisation, de communication et d'éducation nutritionnelle sera indispensable pour favoriser l'acceptation de ce nouvel ingrédient.

**Facteurs Technologiques ;**

- Les technologies requises pour la transformation des algues (séchage, broyage, incorporation dans la semoule) sont simples, accessibles et peuvent être adaptées à une échelle réduite.
- On peut améliorer la texture et le goût du couscous afin qu'il demeure proche du couscous traditionnel, en expérimentant avec différents pourcentages d'incorporation (par exemple 25

% ou 50 % d'algue).

- En se concentrant notamment sur la formulation, l'emballage écoresponsable ou la conservation.

**Facteurs Environnementaux :**

- Pour l'aspect environnemental, l'utilisation des macroalgues telles que *l'Ulva lactuca* est particulièrement prometteuse, car elles constituent des ressources naturelles, renouvelables et accessibles localement sur le littoral algérien. Leur valorisation s'inscrit donc parfaitement dans une approche écologique et durable.
- En intégrant ces algues dans un aliment courant tel que le couscous, nous contribuons à diminuer l'empreinte environnementale, tout en mettant en avant un ingrédient marin encore peu exploité dans notre pays.
- Cependant, la récolte sauvage de ces algues est soumise à des réglementations, afin de préserver l'écosystème marin. C'est pourquoi je m'intéresse de manière sérieuse à la culture d'algues, qui permettrait une production contrôlée, stable et respectueuse de l'environnement.

**Facteurs Légaux :**

- Sur le plan légal, il est impératif de s'assurer que notre couscous enrichi en algues respecte les normes sanitaires algériennes, notamment en ce qui concerne les aspects microbiologiques, l'étiquetage et la valeur nutritionnelle. Ces règles sont établies par des organismes tels que le ministère du Commerce ou l'INRAA.
- Étant donné que l'utilisation des algues dans l'alimentation est encore relativement récente en Algérie, il est nécessaire de procéder à une veille réglementaire, afin de garantir que, par exemple, *l'Ulva lactuca* est bien autorisée à la consommation humaine.
- Et si nous décidons de développer ce produit à une échelle plus large, il serait également judicieux de protéger le nom du produit, la recette ou la marque, afin de sécuriser notre concept et d'éviter qu'il soit reproduit.

**Analyse SWOT :**

Est un outil stratégique qui permet d'évaluer une situation ou un projet en identifiant ses forces et ses faiblesses internes, ainsi que les opportunités et les menaces provenant de l'environnement

externe.

Elle est utilisée pour prendre des décisions, améliorer une stratégie ou mieux comprendre un environnement (entreprise, projet, produit, etc.).

**Points forts :**

- ✓ Haute valeur nutritionnelle
- ✓ Alternative saine et innovante au couscous traditionnel
- ✓ Cible marketing large
- ✓ Recette bien maîtrisée
- ✓ Maîtrise de la technologie

**Points faibles :**

- ✓ Acceptabilité sensorielle limités (le goût, l'odeur)
- ✓ Coûts de production élevés
- ✓ Faible notoriété de la marque sur le marché
- ✓ Capacité de production limitée

**Points d'opportunité :**

- ✓ Nouvelles tendances de consommation.
- ✓ Possibilité de labellisation (bio, nutrition santé, label local)
- ✓ Vulnérabilité des concurrents
- ✓ Développement du marché local
- ✓ Soutien des politiques publiques à l'innovation alimentaire durable

**Points menaces :**

- ✓ Retour négatif de la part des consommateurs
- ✓ Forte concurrence accrue
- ✓ Réglementation plus stricts
- ✓ Faible acceptation du nouveau produit innovant
- ✓ Pouvoir d'achats (prix élève vs la concurrence)

## CHAPITRE III : ANALYSE STRATEGIQUE DU MARCHÉ

### 1. Le segment du marché :

Le marché potentiel d'AlgoFana, un couscous élaboré à partir de macro-algues pour une alimentation saine, inclut tous les acteurs intéressés par l'innovation en matière de nutrition, la valorisation des produits locaux, et la satisfaction d'une demande croissante pour des produits sains, naturels et durables. Ce marché se compose de divers segments tels que les entreprises agroalimentaires, les magasins spécialisés dans l'alimentation bio, les restaurants santé, les plateformes de vente en ligne, ainsi qu'un large public de consommateurs soucieux de leur bien-être..

Parmi les clients potentiels en Algérie, on trouve des entreprises agroalimentaires réputées telles que Cevital Agro, Groupe Benamor et Amor Benamor Bio, qui aspirent à diversifier leur gamme avec des produits novateurs à base d'ingrédients naturels.

De même, des enseignes spécialisées comme Biomonde Algérie, El-Marché Bio et Nature & Forme sont particulièrement bien placées pour intégrer AlgoFana dans leur offre, en raison de leur orientation vers les produits fonctionnels et biologiques.

Le marché cible d'AlgoFana inclut également des structures de restauration désireuses d'offrir des plats équilibrés et contemporains, à l'image de GreenFood DZ et VitaBox, ainsi que des plateformes de vente en ligne telles que Jumia DZ et Winzo Market, qui facilitent un accès direct au consommateur final. Ces acteurs sont motivés par la volonté de satisfaire une demande croissante pour des produits locaux à forte valeur ajoutée nutritionnelle.

AlgoFana s'adresse également à un segment significatif de consommateurs soucieux de leur santé et de leur bien-être, comprenant les flexitariens, végétariens, végétans, ainsi que les sportifs et les personnes actives, en quête de sources alimentaires saines, naturelles et pratiques. Ce choix de marché cible repose sur une tendance manifeste du marché algérien vers une alimentation plus saine et durable, ainsi que sur la rareté des produits à base de macro-algues dans l'offre actuelle.

**AlgoFana** se positionne ainsi comme un produit pionnier dans le domaine de l'alimentation marine saine, misant sur la qualité, la naturalité et les bienfaits nutritionnels pour répondre aux attentes d'un marché en pleine évolution.

## 2. La mesure de l'intensité de la concurrence :

Le marché algérien du couscous et des produits céréaliers est dominé par des acteurs bien établis qui offrent principalement des produits classiques ou biologiques.

Cependant, l'offre en produits innovants intégrant des ingrédients fonctionnels tels que les macroalgues demeure très restreinte, ce qui représente une opportunité stratégique pour AlgoFana.

### ➤ Les concurrents directs :

Dans le cadre du développement de notre couscous à base de macroalgue *Ulva lactuca*, les concurrents directs sont les marques qui proposent également du couscous, même s'il est de nature classique ou biologique.

Ces entreprises s'adressent à la même clientèle et occupent déjà une place importante sur le marché. Par exemple, des marques comme MAMA, Benamor, El baraka offrent différents types de couscous (semoule fine, moyenne ou complète) largement distribués à l'échelle nationale. Bien que leur offre ne soit pas enrichie en ingrédients fonctionnels comme les algues, ces acteurs représentent une concurrence directe en raison de la similarité du produit principal et du positionnement sur le marché.

### ➤ Les concurrents indirects :

Sont les marques qui ne produisent pas de couscous, mais qui proposent des **produits alimentaires** riches en protéines ou à vocation santé, répondant aux mêmes besoins nutritionnels que notre couscous fonctionnel à base de macro algue *Ulva lactuca*.

Par exemple, le lait Célia enrichi en protéines, les yaourts Activia de Danone, les barres énergétiques Power Pro, ou encore le pain complet de Bimo sont des alternatives consommées par les personnes recherchant une alimentation saine et équilibrée. Ces produits, bien que différents dans leur forme, peuvent attirer la même cible de consommateurs soucieux de leur santé.

### ➤ Analyses porté :

L'analyse des six forces de Porter est un outil stratégique qui permet d'évaluer l'attractivité et la compétitivité d'un secteur d'activité. Elle repose sur l'étude de six éléments majeurs qui influencent la position d'une entreprise sur son marché

Ce modèle à six forces offre une vision plus complète de l'environnement concurrentiel et aide les entreprises à ajuster leur stratégie pour mieux faire face aux pressions externes.

## **1 Intensité concurrentielle**

Sur le marché du couscous, la concurrence est forte, mais aucun acteur ne propose une version à base de macro-algues. Ce type de produit se distingue par son originalité et ses apports nutritionnels, ce qui permet de cibler un segment spécifique, tourné vers la santé et la durabilité.

## **2 Pouvoir de négociation des clients**

Les consommateurs s'intéressent de plus en plus à une alimentation saine, naturelle et respectueuse de l'environnement. Ils recherchent des produits bons pour la santé, mais restent prudents face aux nouveautés. Il est donc essentiel de valoriser clairement les bienfaits des macro-algues pour gagner leur confiance et les fidéliser.

## **3 Pouvoir de négociation des fournisseurs**

Le nombre de fournisseurs spécialisés dans les macro-algues est limité, ce qui peut augmenter leur pouvoir de négociation. Plus le produit est rare ou spécifique, plus les fournisseurs peuvent imposer leurs conditions (prix, délais, qualité). Si le volume d'achat est faible ou si le fournisseur est dominant, ce pouvoir est renforcé.

## **4 Menace de nouveaux entrants**

La menace de nouveaux entrants reste modérée. Le développement d'un couscous à base de macro-algues demande un certain savoir-faire, des ingrédients spécifiques et une bonne connaissance du marché de l'alimentation saine. De plus, les démarches liées aux normes sanitaires, à la formulation du produit et au positionnement marketing représentent des barrières à l'entrée qui limite l'accès aux nouveaux concurrents.

## **5 Produits de substitution**

Plusieurs alternatives existent sur le marché de l'alimentation saine, comme le quinoa, le couscous complet ou d'autres céréales bio. Ces produits sont facilement accessibles et bien connus des consommateurs. Cependant, ils n'offrent pas les mêmes apports nutritionnels que les macro-algues. Le risque de substitution existe, mais il reste limité si la différence en termes de bienfaits et de valeur perçue est bien mise en avant.

## **6 Législation :**

L'activité est influencée par l'intervention de l'État à travers les normes sanitaires, les autorisations pour l'utilisation des algues comme ingrédient alimentaire, et les éventuelles certifications (bio, nutrition, innovation). Ces exigences peuvent freiner l'entrée sur le marché, mais elles protègent aussi contre une concurrence désorganisée. Des soutiens publics peuvent exister, notamment via des aides à l'innovation ou à l'agroalimentaire durable.

### **3. La stratégie marketing :**

Cette section a pour objectif de présenter notre stratégie marketing, c'est-à-dire l'ensemble des actions que nous avons choisies pour faire connaître le produit Algofana, répondre aux attentes du marché et nous positionner face à la concurrence. Ces choix sont fondés sur l'analyse préalable de la demande, de l'offre et des opportunités du marché.

Tableau 4 : stratégie marketing (4P)

4P	Éléments
<b>Produit</b>	<p><b>Nom</b> : Algofana</p> <p><b>Type</b> : Couscous enrichi en macro-algues <b>Positionnement</b> : Produit sain, innovant, issu de la mer <b>Caractéristiques clés</b> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Riche en fibres, protéines, iode, calcium, antioxydants</li> <li>- 100% naturel, végétalien, sans additifs</li> <li>- Bon pour la digestion, l'immunité et la vitalité</li> <li>- Emballage écologique</li> </ul>
<b>Prix</b>	<p><b>Stratégie</b> : Prix accessible mais valorisant</p> <p><b>Positionnement tarifaire</b> : Légèrement supérieur au couscous traditionnel</p> <p>Justifications :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Valeur ajoutée nutritionnelle des macro-algues</li> <li>- Caractère innovant et durable</li> <li>- Mode de fabrication sain et éthique</li> </ul> <p><b>Offres</b> : Pack découverte, remises de lancement possibles</p>
<b>Place (Distribution)</b>	<p><b>Canaux de distribution</b> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pharmacies et parapharmacies</li> <li>- Magasins bio et diététiques (ex : Bio Shop, Bio Santé, Green Store)</li> <li>- Plateformes en ligne : Jumia.dz, Ouedkniss, réseaux sociaux</li> <li>- Marchés locaux et foires agroalimentaires</li> <li>- Restaurants spécialisés / végétariens</li> </ul>
<b>Promotion</b>	<p><b>Objectif</b> : Faire connaître Algofana comme un couscous sain et innovant à base d'algues</p> <p><b>Actions</b> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Réseaux sociaux : recettes, visuels attractifs, conseils nutrition</li> <li>- Dégustations en magasins bio, foires, pharmacies</li> <li>- Partenariats avec nutritionnistes, chefs, influenceurs</li> <li>- Contenu éducatif : bienfaits des algues (posts, infographies)</li> <li>- Vidéos storytelling : « De la mer à votre table »</li> <li>- Certifications santé / bio</li> </ul>

## CHAPITRE IV : PLAN DE PRODUCTION ET ORGANISATION

### **Processus de fabrication :**

Dans notre unité de production, le couscous élaboré à partir de macroalgues est produit selon un processus strict, intégrant la sécurité alimentaire, l'efficacité industrielle et la conservation des propriétés nutritionnelles.

#### ➤ **Préparation des matières premières :**

Le processus commence par le choix d'une semoule de blé dur de haute qualité, combinée avec des macros algues marines, comme *Ulva lactuca*. Ces algues sont méticuleusement rincées à l'eau douce pour enlever les impuretés, puis séchées à une température basse pour préserver leurs propriétés bioactives.

#### ➤ **Broyage et incorporation des algues**

Une fois déshydratées, les algues sont réduites en une fine poudre. Cette poudre est ensuite intégrée de manière homogène à la semoule dans des mélangeurs industriels, garantissant une distribution uniforme des éléments.

#### ➤ **Humidification et formation des grains**

Le mélange semoule-algues est humidifié par une fine brumisation d'eau tiède, sous contrôle précis des paramètres d'humidité. Cette opération permet l'agglomération progressive des particules dans des granulateurs rotatifs, où les grains de couscous prennent forme avec une taille et une texture homogènes.

#### ➤ **Cuisson à la vapeur**

Les grains formés sont ensuite précuits à la vapeur dans un cuiseur industriel. Cette précuisson douce permet de fixer la structure du couscous tout en préservant les composés nutritionnels sensibles présents dans les algues.

#### ➤ **Séchage**

À la sortie du cuiseur, le couscous est transféré dans un tunnel de séchage à air chaud. L'humidité est réduite progressivement jusqu'à atteindre un taux résiduel inférieur à 12 %, assurant une conservation prolongée sans additifs.

### ➤ **Tamissage et tri granulométrique**

Le produit séché est tamisé afin de retirer les grains trop fins ou trop gros. Seuls les grains de calibre conforme sont conservés, garantissant une texture régulière et un aspect homogène du produit final.

### ➤ **Conditionnement**

Le couscous est ensuite conditionné dans des emballages hermétiques, en sachets ou en boîtes, adaptés à une conservation optimale. Chaque emballage comporte un étiquetage complet : liste des ingrédients, valeurs nutritionnelles, date limite de consommation et mode de préparation.

### **2.1 Contrôle qualité :**

Des contrôles stricts sont réalisés tout au long de la chaîne de production : analyses microbiologiques, tests physico-chimiques et évaluations sensorielles. L'ensemble du processus est conforme aux exigences des référentiels HACCP et ISO, garantissant la sécurité et la qualité du produit.

### **3.1 Produit final :**

Ce procédé permet d'obtenir un couscous enrichi en algues marines, à la fois nutritif et naturel. Riche en fibres, minéraux et antioxydants, il s'intègre parfaitement dans une alimentation saine, durable et adaptée aux attentes des consommateurs modernes.

## **2. L'approvisionnement :**

Notre SARL a besoin d'un espace de production adapté, garantissant l'hygiène, la sécurité et la conformité logistique, permettant la transformation, le conditionnement et le stockage des équipements.

### **A\ Matière première**

**La semoule :** Composant essentiel pour la préparation du couscous.

**L'algue :** Poudre fine obtenue suite au lavage, au séchage et au broyage pour l'obtention de la poudre

**Eau potable :** Employée pour humidifier la semoule afin de former les grains de couscous, puis lors de la cuisson à la vapeur.

## **B/ Matériaux et fournitures :**

Sachets alimentaires, cartons logistiques pour l'emballage du produit final.

## **C \ Les équipements pour traitement de l'algue**

**Étuve** : pour séchage de l'algue

**Broyeurs professionnels** Pour broyer l'algue avec une grande capacité, plusieurs kilogrammes jusqu'à une dizaine de kilogrammes.

**Dessiccation**: pour stockage de la poudre

## **D \ La machine de fabrication de couscous**

On utilise un Système automatique de production de couscous (tout-en-un) incluant le mélange, l'humidification, la granulation, la cuisson à la vapeur, le séchage, le tamisage et le conditionnement.

**E\ Les équipement de protection individuel(EPI):** les gants, la blouse, Charlotte

## **3. Les principaux partenaires :**

### **A / Les fournisseurs :**

#### **Fournisseurs de semoule :**

Pour la semoule de blé dur, SIM (Semoulerie Industrielle de la Mitidja) est le fournisseur principal conseillé en raison de ses tarifs compétitifs et de sa fiabilité. En alternative, Moulins Guetiane ou Zouaoui Frères proposent des options locales de bonne qualité et une flexibilité dans les livraisons.

#### **B/ Fournisseurs de l'algue :**

Si nous recevons une autorisation officielle, nous serons en mesure de réaliser nous-mêmes la récolte de l'algue *Ulva lactuca* dans les zones côtières autorisées.

Dans le cas contraire, nous nous procurerons la poudre d'algue auprès de fournisseurs algériens (coopératives de pêche ou petites unités locales). Si nécessaire, nous pourrions également importer la poudre de l'étranger, en particulier du Portugal (Algaplus) ou la France.

#### **C\ les sachets et les étiquettes**

Pour l’emballage, nous utiliserons des sachets plastiques alimentaires fournis par EURL Ocean Pack ou ENPC, et des cartons ondulés pour 12 paquets fournis par Jembal, Maghreb Emballage ou El-Amine. Ces entreprises offrent des solutions fiables, personnalisables et à coût raisonnable.

#### **D\ Les fournisseur de la machine**

De nombreux fournisseurs algériens mettent à disposition des machines complètes pour la production industrielle de couscous, englobant toutes les phases de fabrication. EURL Machinery DZ, SABA Machines, ABC Machine Algérie et Innovex proposent des lignes adaptées à diverses capacités, incluant l'installation, la formation et le service après-vente. Ces solutions facilitent le démarrage d'une production professionnelle clé en main.

#### **E\ fournisseur de broyeur**

Des broyeurs alimentaires en acier inoxydable, conçus pour le broyage de l’algue, sont accessibles en Algérie auprès de fournisseurs tels qu’EURL MACHINERY DZ et Sarl Oyaks Machine. Ils sont adaptés pour des volumes de quelques kilos et sont parfaits pour les premiers essais de production.

#### **F\ Fournisseurs d’EPI (Équipements de Protection Individuelle)**

Pour garantir l’hygiène et la sécurité du personnel, des entreprises telles que Securimed Algérie, EPI DZ, ou SAFEGUARD proposent des charlottes, des gants, des blouses et des masques qui respectent les normes agroalimentaires.

### **1.3 \Les méthodes de paiement acceptées**

Comprennent le virement bancaire (préféré), les espèces dans les limites légales, les chèques certifiés ainsi que les paiements électroniques (QR, mobile).

#### **A\Les fournisseurs**

- ✓ Notre entreprise s'engage à respecter ses obligations financières dans des délais appropriés.
- ✓ Les matières premières locales (semoule, sel, eau) sont réglées lors de la livraison ou dans un délai maximal de 15 jours.
- ✓ Concernant la poudre d’algue, souvent importée, un acompte de 50 % est requis à la commande, le solde étant dû à la réception de la marchandise.
- ✓ Les fournisseurs d’emballage et d’étiquetage : peuvent bénéficier d’un délai de paiement, pouvant aller jusqu’à 30 jours, sous réserve de la signature d’un accord annuel de collaboration.

## **B\les clients**

Pour les clients réguliers ou bien établis, un délai de paiement de 15 à 30 jours est accordé conformément à l'accord convenu.

Des remises commerciales peuvent être offertes pour les commandes en grande quantité.

Pour les nouveaux clients ou les clients occasionnels, le paiement est requis au moment de la livraison, dès la réception de la marchandise.

### **4 Main-d'œuvre :**

Notre SARL est fondée sur une équipe restreinte mais bien organisée, capable de gérer toutes les opérations de production, de conditionnement et de gestion administrative dans le respect des normes agroalimentaires.

#### **➤ Composition de l'équipe :**

##### **1. Technicien de transformation :**

Le technicien de transformation a pour mission de transformer les matières premières, telles que les algues *Ulva lactuca*, en produits alimentaires prêts à être consommés. Il maîtrise les différentes phases du processus : broyage, séchage, cuisson, mélange, tamisage, etc. Il s'assure que chaque phase respecte les normes d'hygiène, de sécurité alimentaire et les formulations établies pour garantir la qualité nutritionnelle du produit final.

##### **2. Technicien de maintenance :**

Le technicien de maintenance est chargé d'assurer le bon fonctionnement des machines et des équipements utilisés dans le processus de production. Il effectue des opérations d'entretien régulier pour prévenir les pannes, intervient en cas de dysfonctionnement et veille à la sécurité des installations. Grâce à son intervention rapide, il prévient les arrêts prolongés de la production.

##### **3. Responsable qualité :**

Le responsable qualité a pour rôle de garantir la conformité sanitaire, nutritionnelle et réglementaire du produit à chaque étape de sa fabrication. Il réalise des tests microbiologiques et physico-chimiques (humidité, fibres, protéines, sucres) et contrôle la qualité des matières premières ainsi que celle du produit fini. Il applique les normes HACCP et veille à l'amélioration continue du processus de production.

##### **4. Opérateur d'emballage :**

L'opérateur d'emballage est responsable du conditionnement du produit final. Il procède à la mise en sachet ou en boîte, à l'étiquetage (avec les informations nutritionnelles) et au contrôle de la présentation. Il s'assure que les produits sont emballés dans des conditions d'hygiène appropriées et organise leur stockage en vue de la distribution ou de la commercialisation.

#### **5. Responsable administratif et financier :**

Responsable administratif et financier Le responsable administratif et financier gère la partie organisationnelle et budgétaire de l'entreprise. Il assure le suivi des dépenses, des recettes, des salaires et des contrats. Il s'occupe aussi des déclarations fiscales, de la gestion des ressources humaines, et peut également chercher des financements ou subventions pour soutenir le développement du projet.

Partenaires clés	Activité clés	Proposition de valeur	Relations clients	Segments clients
<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Incubateur</li> <li>➢ CASNOS</li> <li>➢ CNAS</li> <li>➢ Pharmacies – Institut National de la Nutrition et de la Technologie Alimentaire (INNTA), Constantine Expertise en formulation fonctionnelle et nutritionnelle.</li> <li>➢ Société SIM (Semoulerie Industrielle) – Sétif ou Alger Fournisseur de semoule complète de haute qualité.</li> <li>➢ Ferme pilote aquacole – Mostaganem ou Tipaza (CNDRPA ou structures privées) Fournisseur d'algues <i>Ulva</i> fraîches ou séchées.</li> <li>➢ Laboratoire Labomaster – Stidia (Mostaganem) Fournisseur d'équipements de laboratoire nécessaires.</li> <li>➢ Gindex – Hussein Dey (Alger) Fournisseur de machines agroalimentaires.</li> <li>➢ EURL NBC NEWPACK – Boudouaou, Boumerdes Fournisseur de solutions d'emballage écologiques et biodégradables.</li> <li>➢ Laboratoire de Microbiologie – USTHB (Bab Ezzouar, Alger) Réalisation des analyses microbiologiques pour la sécurité alimentaire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Formulation du produit</li> <li>➢ Production et Transformation</li> <li>➢ Marketing et commercialisation</li> <li>➢ Tests de qualité et conformité</li> <li>➢ Conditionnement Et emballage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Nutrition Naturelle et Équilibrée</li> <li>➢ Développement d'un couscous innovant enrichi en macro algues comestibles, riches en protéines, fibres et minéraux, répondant aux exigences d'une alimentation saine et fonctionnelle.</li> <li>➢ Innovation Agroalimentaire : Création d'un produit original combinant tradition culinaire et innovation, par l'intégration de ressources marines locales, offrant une nouvelle valeur ajoutée au marché des céréales.</li> <li>➢ Engagement Écologique : Valorisation d'une ressource marine durable, les macro algues, permettant de limiter l'empreinte écologique par rapport aux productions céréalières conventionnelles.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ <b>Produit de qualité</b>: naturels et riches en nutriments répond aux standards les plus exigeants.</li> <li>➢ <b>Disponibilité assurée</b> : Stock réapprovisionné régulièrement pour assurer une disponibilité continue, même en grande quantité.</li> <li>➢ <b>Abonnement</b> : Livraison programmée pour clients réguliers, mensuelle ou trimestrielle.</li> <li>➢ <b>Service consommateurs</b> : Équipe réactive et à l'écoute, assurant conseil, accompagnement et gestion rapide des demandes.</li> <li>➢ <b>Dégustation</b> : Séances de dégustation et échanges pour faire découvrir le produit et recueillir des avis clients.</li> <li>➢ <b>Innovation continue</b> : R&amp;D axée sur l'amélioration continue du produit et la création de nouvelles gammes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Les entreprises agroalimentaires Cevital Agro Groupe Benamor Amor Benamor Bio</li> <li>➢ Les magasins spécialisés en Alimentation saine et bio Biomonde Algérie El-Marché Bio Nature &amp; Forme</li> <li>➢ Les restaurants et traiteurs santé GreenFood DZ VitaBox</li> <li>➢ Les plateformes e-commerce alimentaires Jumia DZ Winzo Market</li> <li>➢ Consommateurs santé et bien-être</li> <li>➢ Flexitariens, végétariens et végans</li> <li>➢ Sportifs et personnes actives</li> </ul>
	<p style="text-align: center;"><b>Ressources clés</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ <b>Ressources humaines</b> : Experts en nutrition fonctionnelle, techniciens agroalimentaires, microbiologistes, bio technologistes et personnel de production/conditionnement.</li> <li>➢ <b>Ressources technologiques</b> : Équipements de fabrication et matériel de laboratoire pour les contrôles qualité.</li> <li>➢ <b>Ressources matérielles</b> : Matières premières, emballages écologiques et autres besoins logistiques.</li> <li>➢ <b>Ressources intellectuelles</b> : Nom de marque, logo, recettes exclusives, certifications et savoir-faire technique.</li> </ul>		<p style="text-align: center;"><b>Canaux</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Vente directe aux magasins bio et spécialisés, pharmacies</li> <li>➢ Collaboration avec des distributeurs de produits sains et innovants.</li> <li>➢ Présence multicanal (site web, e-mail, réseaux sociaux, WhatsApp) pour un service client réactif et accessible.</li> </ul>	
<p><b>Structure de coûts</b></p> <p>Cout d'investissement total : <b>106 300 000 DA</b></p> <p>Masse salariale totale : <b>9 420 000 DA</b></p> <p>Cout fixes totales : <b>108 210 000 DA</b></p>		<p><b>Sources de revenus</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ <b>Ventes directes</b> : Les revenus proviennent principalement de la vente directe du couscous à base de macro-algues aux consommateurs finaux.</li> <li>➢ <b>Chiffre d'affaires</b> : <b>907 790 000 DA</b></li> </ul>		

**Figure 2: Business model canca (BMC)**

## CHAPITRE V : PLAN FINANCIER

### 1. Les coûts et les charges :

Le plan financier représente une étape cruciale dans l'analyse de la faisabilité et de la viabilité d'un projet entrepreneurial. Il permet de convertir en données chiffrées l'ensemble des choix stratégiques, techniques et organisationnels adoptés. Grâce à des prévisions financières détaillées, il fournit une vision précise des besoins en financement, de la rentabilité anticipée, de la capacité de l'entreprise à honorer ses engagements, ainsi que de son équilibre financier à court, moyen et long terme.

L'élaboration du plan financier s'appuie sur une série d'outils prévisionnels — tels que le plan de financement initial, le compte de résultat prévisionnel, le plan de trésorerie et le plan de financement pluriannuel — qui permettent d'évaluer la performance globale du projet. Il s'agit donc de vérifier si les ressources disponibles suffiront à couvrir les investissements nécessaires, tout en garantissant la pérennité de l'activité.

Ce chapitre présente donc les principaux éléments financiers du projet, qui sont indispensables pour évaluer sa crédibilité économique et attirer d'éventuels partenaires ou investisseurs.

Tableau 5 : les charges des équipements

Equipment	Prix estimé (DA)
Machine automatique de fabrication de couscous	3000 000 DA
Étuve professionnelle pour séchage d'algue	3 20 000 DA
Broyeur inox pour algue (usage intensif)	250 000 DA
Armoire de dessiccation / stockage hermétique	1 60 000 DA
Tamis industriel + accessoires	1 60 00 DA
Petit matériel technique (convoyeurs, compresseurs...)	2 20 000 DA
Total équipements (machines)	4110 000 0 DA

**Tableau 6 : les charges fixes et variables du projet**

Nature des coûts	Catégories de charge	Prix (DA) en an
coûts fixes	Équipements	4110 000 DA
	Local	4 008 000 DA
	Marketing	600 000 DA
	Salaire	9420 000 DA
coûts variables	Consommable	6 500 00 DA
	Energie	3330 000 DA
	Emballage	732 000 DA

**Tableau 7 : le cout du projet et et le prix de vente unitaire**

Cout du projet DA	40 000 000 DA
Prix unitaire DA	265.17 DA
Prix de vente DA	300.00 DA

➤ **Tableau Investissements et financements :**

Tableau qui recense les besoins initiaux du projet (équipements, matériel, stocks, communication...) ainsi que les sources de financement mobilisées (apport, prêt, subvention...).

**Objectif :** Garantir que tous les moyens nécessaires au lancement du projet sont disponibles.

Il indique :

- ✓ Le montant total à investir au départ.
- ✓ La répartition entre autofinancement et financements externes.
- ✓ La couverture complète ou non des besoins.

# Investissements et financements

Projet : *couscous à base macro algue ulva lactuca pour une alimentation sain*  
 Porteur de projet : *Sbai faten Guetarni naila*

INVESTISSEMENTS	Montant € hors taxes
Immobilisations incorporelles	200,00
<i>Frais d'établissement</i>	<i>200,00</i>
<i>Frais d'ouverture de compteurs</i>	
<i>Logiciels, formations</i>	
<i>Dépôt marque</i>	
<i>Droits d'entrée</i>	
<i>Achat fonds de commerce ou parts</i>	
<i>Droit au bail</i>	
<i>Caution ou dépôt de garantie</i>	
<i>Frais de dossier</i>	
<i>Frais de notaire ou d'avocat</i>	
Immobilisations corporelles	9.100,00
<i>Enseigne et éléments de communication</i>	
<i>Achat immobilier</i>	
<i>Travaux et aménagements</i>	<i>4.500,00</i>
<i>Matériel</i>	<i>4.000,00</i>
<i>Matériel de bureau</i>	<i>600,00</i>
Stock de matières et produits	3.000,00
Trésorerie de départ	4.000,00
<b>TOTAL BESOINS</b>	<b>16.300,00</b>
FINANCEMENT DES INVESTISSEMENTS	Montant € hors taxes
Apport personnel	6.300,00
<i>Apport personnel ou familial</i>	<i>6.300,00</i>
<i>Apports en nature (en valeur)</i>	-
Emprunt	-
<i>Prêt bancaire</i>	-
<i>Prêt bancaire</i>	-
	-
Subvention	10.000,00
	-
Autre financement	-
<b>TOTAL RESSOURCES</b>	<b>16.300,00</b>

➤ **Tableau salaires et charges sociales :**

Estimer les rémunérations du personnel (dirigeant(s) et employés) ainsi que des charges sociales qui y sont liées.

**Objectif :** Évaluer le coût du facteur humain dans le fonctionnement de l'entreprise.

**Il indique :**

- ✓ Le budget total alloué aux salaires.
- ✓ Le poids des cotisations sociales.
- ✓ L'impact de la masse salariale sur la rentabilité.

➤ **Tableaux d'amortissement :**

Ces tableaux détaillent la répartition annuelle de l'amortissement des investissements, en fonction de leur durée de vie.

**Objectif :** Intégrer ces charges non décaissables dans le compte de résultat **pour** répartir le coût d'achat dans le temps.

**Ce qu'ils indiquent:**

- ✓ Le montant amorti chaque année (ex : matériel, aménagements...).
- ✓ L'impact des amortissements sur le résultat fiscal.
- ✓ La durée sur laquelle les investissements sont considérés utiles

## Salaires et charges sociales

Projet : *couscous à base macro algue ulva lactuca pour une alimentation saine*  
 Porteur de projet : *Sbai faten Guetarni naila*

Statut juridique : SARL (IS)  
 Bénéfice de l'Accre : Non  
 Statut social du (des) dirigeant(s) : Travailleur non salarié

	Année 1	Année 2	Année 3
Rémunération du (des) dirigeants	192,00	216,00	240,00
<i>% augmentation</i>		13%	11%
Charges sociales du (des) dirigeant(s)	1.103,00	1.103,00	1.103,00
Salaires des employés	625,00	625,00	625,00
<i>% augmentation</i>		0%	0%
Charges sociales employés	450,00	450,00	450,00

## Détail des amortissements

	Année 1	Année 2	Année 3
Amortissements incorporels	40,00	40,00	40,00
<i>Frais d'établissement</i>	40,00	40,00	40,00
<i>Logiciels, formations</i>	0,00	0,00	0,00
<i>Droits d'entrée</i>	0,00	0,00	0,00
<i>Frais de dossier</i>	0,00	0,00	0,00
<i>Frais de notaire ou d'avocat</i>	0,00	0,00	0,00
Amortissements corporels	1.820,00	1.820,00	1.820,00
<i>Enseigne et éléments de communication</i>	0,00	0,00	0,00
<i>Achat immobilier</i>	0,00	0,00	0,00
<i>Travaux et aménagements</i>	900,00	900,00	900,00
<i>Matériel</i>	800,00	800,00	800,00
<i>Matériel de bureau</i>	120,00	120,00	120,00
Total amortissements	32 1.860,00	1.860,00	1.860,00

- **Les ventes prévisionnelles** correspondent à une estimation anticipée du volume ou du montant des ventes qu'une entreprise prévoit de réaliser sur une période déterminée. Elles s'appuient sur l'analyse de données telles que les tendances du marché, les comportements des consommateurs, les résultats antérieurs. Dans notre cas l'estimation est réalisée sur trois ans.

## Compte de résultats prévisionnel sur 3 ans

Projet : *couscous à base macro algue ulva lactuca pour une alimentation saine*  
 Porteur de projet : *Sbai faten Guetarni naila*

	Année 1	Année 2	Année 3
Produits d'exploitation	97.656,00	110.351,28	130.214,51
<i>Chiffre d'affaires HT</i>	<i>97.656,00</i>	<i>110.351,28</i>	<i>130.214,51</i>
<i>Chiffre d'affaires HT autres services</i>	-	-	-
Charges d'exploitation	58.593,60	66.210,77	78.128,71
<i>Achats consommés</i>	<i>58.593,60</i>	<i>66.210,77</i>	<i>78.128,71</i>
<b>Marge brute</b>	<b>39.062,40</b>	<b>44.140,51</b>	<b>52.085,80</b>
Charges externes	7.017,00	7.550,00	8.150,00
<i>Assurances</i>	<i>720,00</i>	<i>720,00</i>	<i>720,00</i>
<i>Téléphone, internet</i>	<i>50,00</i>	<i>50,00</i>	<i>50,00</i>
<i>Autres abonnements</i>	-	-	-
<i>Carburant, transports</i>	<i>1.584,00</i>	<i>2.000,00</i>	<i>2.500,00</i>
<i>Frais de déplacement et hébergement</i>	-	-	-
<i>Eau, électricité, gaz</i>	<i>333,00</i>	<i>400,00</i>	<i>450,00</i>
<i>Mutuelle</i>	-	-	-
<i>Fournitures diverses</i>	<i>100,00</i>	<i>120,00</i>	<i>150,00</i>
<i>Entretien matériel et vêtements</i>	<i>150,00</i>	<i>180,00</i>	<i>200,00</i>
<i>Nettoyage des locaux</i>	-	-	-
<i>Budget publicité et communication</i>	-	-	-
<i>Loyer et charges locatives</i>	<i>4.080,00</i>	<i>4.080,00</i>	<i>4.080,00</i>
<i>Expert comptable, avocats</i>	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
<b>Valeur ajoutée</b>	<b>32.045,40</b>	<b>36.590,51</b>	<b>43.935,80</b>
Impôts et taxes	-	-	-
Salaires employés	625,00	625,00	625,00
Charges sociales employés	450,00	450,00	450,00
Prélèvement dirigeant(s)	192,00	216,00	240,00
Charges sociales dirigeant(s)	1.103,00	1.103,00	1.103,00
<b>Excédent brut d'exploitation</b>	<b>29.675,40</b>	<b>34.196,51</b>	<b>41.517,80</b>
Frais bancaires, charges financières	-	-	-
Dotations aux amortissements	1.860,00	1.860,00	1.860,00
<b>Résultat avant impôts</b>	<b>27.815,40</b>	<b>32.336,51</b>	<b>39.657,80</b>
Impôt sur les sociétés	4.172,31	4.850,48	6.148,59
<b>Résultat net comptable (résultat de l'exercice)</b>	<b>23.643,09</b>	<b>27.486,04</b>	<b>33.509,22</b>

➤ **Le chiffre d'affaires annuelles :**

Le chiffre d'affaires représente le total des revenus générés par la vente d'un bien ou d'un service sur une période donnée. Il constitue un indicateur essentiel de la performance économique d'un projet. Dans le cadre de cette étude, deux scénarios de chiffre d'affaires ont été envisagés : un scénario pessimiste basé sur la vente quotidienne de 20 cartons, traduisant une demande modérée, et un scénario optimiste fondé sur la vente de 80 cartons par semaines, reflétant une forte demande du marché. Le tableau ci-dessous présente les projections hebdomadaires, mensuelles et annuelles pour chacun de ces cas.

Produit	Caisses/jour	Jours/mois	Prix/caisse (D)	Vente/semaine (DA)	Vente/mois (DA)	Vente/an (DA)
20 % algue	45		26 2 904,00	783 360	3 395 280	40 743 360
48 % algue	15		26 5 568,00	501 120	2 170 560	26 046 720
TOTAL	60 caisses	—	—	1 284 480	5 565 840	66 790 080

**Figure 2 : chiffre d'affaires annuel**

Produit	% Répartiti	Cartons/jour	Jours/semai	Prix/caisse (D)	Vente/sem aine (DA)	Vente/mois (DA)	Vente/an (DA)
20 % algue	75 %	15		6 2 904	15 × 6 × 2 904 = 261 360	261 360 × 4,33 = 1 131 709	1 131 709 × 12 = 13 580 508
48 % algue	25 %	5		6 5 568	5 × 6 × 5 568 = 167 040	167 040 × 4,33 = 723 331	723 331 × 12 = 8 679 972
TOTAL	—	20	—	—	428 400	1 855 040	22 260 480

**Figure 3 : chiffre d'affaires pessimiste**

Produit	% Répartiti	Cartons/jour	Jours/semaine	Prix/caisse (D)	Vente/sem aine (DA)	Vente/mois (DA)	Vente/an (DA)
20 % algue	75 %	60		6 2 904	60 × 6 × 2 904 = 1 045 440	1 045 440 × 4,33 = 4 526 836	4 526 836 × 12 = 54 322 032
48 % algue	25 %	20		6 5 568	20 × 6 × 5 568 = 668 160	668 160 × 4,33 = 2 892 745	2 892 745 × 12 = 34 712 940
TOTAL	—	80	—	—	1 713 600	7 419 581	89 034 972

**Figure 4 : chiffre d'affaires optimiste**

## ➤ Le plan de trésorerie :

Le plan de trésorerie est un outil prévisionnel qui présente, mois par mois, les entrées et sorties de fonds, afin de suivre l'équilibre financier et anticiper d'éventuelles difficultés de trésorerie à court terme.

### Budget prévisionnel de trésorerie

Projet : *couscous à base macro algue ulva lactuca pour une alimentation saine* Hors TVA  
Porteur de projet : *Sbai faten Guetarni naïla*

Première année

	Mois 1	Mois 2	Mois 3	Mois 4	Mois 5
Apport personnel	6.300,00				
Emprunts	-				
Subventions	10.000,00				
Autres financements					
Ventes	8.138,00	8.138,00	8.138,00	8.138,00	8.138,00
Ventes autres services	-	-	-	-	-
Chiffre d'affaires (total)	8.138,00	8.138,00	8.138,00	8.138,00	8.138,00
Immobilisations incorporelles	200,00				
Immobilisations corporelles	9.100,00				
Immobilisations (total)	9.300,00				
Acquisition stocks	3.000,00				
Echéances emprunt	-	-	-	-	-
Achats de marchandises	4.882,80	4.882,80	4.882,80	4.882,80	4.882,80
Charges externes	584,75	584,75	584,75	584,75	584,75
Impôts et taxes	-	-	-	-	-
Salaires employés	52,08	52,08	52,08	52,08	52,08
Charges sociales employés	37,50	37,50	37,50	37,50	37,50
Prélèvement dirigeant(s)	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00
Charges sociales dirigeant(s)	91,92	91,92	91,92	91,92	91,92
Total charges de personnel	197,50	197,50	197,50	197,50	197,50
Frais bancaires, charges financières	-	-	-	-	-
Total des décaissements	17.965,05	5.665,05	5.665,05	5.665,05	5.665,05
Total des encaissements	24.438,00	8.138,00	8.138,00	8.138,00	8.138,00
Solde précédent	-	6.472,95	8.945,90	11.418,85	13.891,80
Solde du mois	6.472,95	2.472,95	2.472,95	2.472,95	2.472,95
Solde de trésorerie (cumul)	6.472,95	8.945,90	11.418,85	13.891,80	16.364,75

### Budget prévisionnel de trésorerie (suite)

Projet : *couscous à base macro algue ulva lactuca pour une alimentation saine* Hors TVA  
Porteur de projet : *Sbai faten Guetarni naïla*

	Mois 6	Mois 7	Mois 8	Mois 9	Mois 10	Mois 11	Mois 12	TOTAL
								6.300,00
								-
								10.000,00
								-
	8.138,00	8.138,00	8.138,00	8.138,00	8.138,00	8.138,00	8.138,00	97.656,00
	-	-	-	-	-	-	-	-
	8.138,00	8.138,00	8.138,00	8.138,00	8.138,00	8.138,00	8.138,00	97.656,00
								200,00
								9.100,00
								9.300,00
								3.000,00
								-
	4.882,80	4.882,80	4.882,80	4.882,80	4.882,80	4.882,80	4.882,80	58.593,60
	584,75	584,75	584,75	584,75	584,75	584,75	584,75	7.017,00
	-	-	-	-	-	-	-	-
	52,08	52,08	52,08	52,08	52,08	52,08	52,08	625,00
	37,50	37,50	37,50	37,50	37,50	37,50	37,50	450,00
	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	192,00
	91,92	91,92	91,92	91,92	91,92	91,92	91,92	1.103,00
	197,50	197,50	197,50	197,50	197,50	197,50	197,50	2.370,00
	-	-	-	-	-	-	-	-
	5.665,05	5.665,05	5.665,05	5.665,05	5.665,05	5.665,05	5.665,05	80.280,60
	8.138,00	8.138,00	8.138,00	8.138,00	8.138,00	8.138,00	8.138,00	113.956,00
	16.364,75	18.837,70	21.310,65	23.783,60	26.256,55	28.729,50	31.202,45	
	2.472,95	2.472,95	2.472,95	2.472,95	2.472,95	2.472,95	2.472,95	
	18.837,70	21.310,65	23.783,60	26.256,55	28.729,50	31.202,45	33.675,40	

## Les comptes de résultats escomptés :

### ➤ Rentabilités économiques :

Le seuil de rentabilité économique est le niveau de chiffre d'affaires à partir duquel une entreprise couvre l'ensemble de ses charges (fixes et variables) et commence à générer un bénéfice. En dessous de ce seuil, l'entreprise est en perte.

### ➤ Le besoin en fonds de roulement (BFR) :

Représente la somme nécessaire pour financer le décalage entre les encaissements et les décaissements liés à l'activité courante de l'entreprise (stocks, créances clients, dettes fournisseurs). Un BFR positif signifie que l'entreprise doit mobiliser des ressources pour couvrir

## Seuil de rentabilité économique

Projet : *couscous à base macro algue ulva lactuca pour une alimentation saine*

Porteur de projet : *Sbai faten Guetarni naila*

	Année 1	Année 2	Année 3
Ventes + Autres services	97.656,00	110.351,28	130.214,51
Achats consommés	58.593,60	66.210,77	78.128,71
Total des coûts variables	58.593,60	66.210,77	78.128,71
Marge sur coûts variables	39.062,40	44.140,51	52.085,80
Taux de marge sur coûts variables	40%	40%	40%
Coûts fixes	11.247,00	11.804,00	12.428,00
Total des charges	69.840,60	78.014,77	90.556,71
Résultat courant avant impôts	27.815,40	32.336,51	39.657,80
Seuil de rentabilité (chiffre d'affaires)	28.117,50	29.510,00	31.070,00
Excédent / insuffisance	69.538,50	80.841,28	99.144,51
<i>Point mort en chiffre d'affaires par jour ouvré</i>	<i>112,47</i>	<i>118,04</i>	<i>124,28</i>

ce besoin.

## Besoin en fonds de roulement

Analyse clients / fournisseurs :

	décalage jours	Année 1	Année 2	Année 3
<b>Besoins</b>				
Volume crédit client HT	7	1.872,85	2.116,33	2.497,26
<b>Ressources</b>				
Volume dettes fournisseurs HT	45	7.223,87	8.162,97	9.632,31
Besoin en fonds de roulement		- 5.351,01	- 6.046,65	- 7.135,04

## **CHAPITRE VI : PROTOTYPE EXPERIMENTAL**

### **1. Présentation du prototype expérimental :**

Le prototype expérimental que nous mettons en avant consiste en la création d'un couscous enrichi en algue verte *Ulva lactuca*, conçu pour fournir un produit alimentaire novateur à haute valeur nutritionnelle, particulièrement destiné aux personnes diabétiques ou souffrant de résistance à l'insuline.

### **2. Description du prototype tangible :**

Le prototype se décline sous la forme d'un échantillon physique de couscous élaboré à partir de poudre ou de fragments d'*Ulva lactuca*, intégrée à différentes proportions (25 % et 50 %) dans de la semoule traditionnelle. Le produit final est un couscous prêt à cuire, au goût neutre et à la teinte légèrement verte, conditionné dans des sachets alimentaires, accompagné de photos illustratives des diverses étapes de production.

### **3. Matériaux utilisés :**

Les matières premières requises pour la fabrication du prototype sont simples et naturelles :

*Ulva lactuca* (récoltée localement, puis séchée et broyée), ou bien sous forme de poudre, Semoule de blé dur, Eau, Sel.

### **4. Étapes de réalisation du prototype :**

Les étapes suivies pour la conception du prototype sont les suivantes :

- Récolte et préparation de l'algue
- Lavage à l'eau douce pour éliminer les impuretés,
- Séchage contrôlé dans une étuve (pour préserver les propriétés nutritionnelles),
- Broyage fin pour obtenir une poudre homogène.
- Préparation du mélange :

Mélange de la semoule avec la poudre d'algue selon des proportions définies (25 % et 48%), Ajout d'eau et de sel,

- Repos pour homogénéisation.

### **Fabrication industrielle du couscous :**

Utilisation d'une machine "tout-en-un" de fabrication de couscous industriel : elle permet de rouler, tamiser et précuire les grains,

Séchage final des grains pour stabilisation.

### **6. Conditionnement :**

- Mise en sachets en plastique des produits finis,
- Étiquetage.



**Figure 2 : prototype (couscous)**

## Résumé

Ce mémoire porte sur l'élaboration d'un couscous innovant à base de macroalgue *Ulva lactuca*, dans le but de proposer une alternative alimentaire plus saine et fonctionnelle. Face aux enjeux de santé publique liés à la malnutrition et à l'augmentation des maladies métaboliques, la valorisation des ressources marines telles que les algues s'inscrit dans une approche durable, nutritionnelle et écologique.

Les recherches ont consisté à élaborer un couscous enrichi en poudre d'*Ulva lactuca*, reconnue pour sa richesse en protéines, fibres, minéraux et composés bioactifs. Plusieurs formulations ont été créées en variant les proportions d'algue, puis soumises à des analyses physico-chimiques, sensorielles et nutritionnelles. Les résultats indiquent que l'incorporation d'*U. Lactuca* améliore la teneur en protéines, en fibres alimentaires et en antioxydants, tout en préservant des caractéristiques sensorielles acceptables pour les consommateurs. Ce travail souligne le potentiel des algues marines dans l'enrichissement des produits céréaliers traditionnels et ouvre la voie à des innovations alimentaires qui allient tradition culinaire et exigences nutritionnelles contemporaines. Mots clés : *Ulva lactuca*, couscous fonctionnel, algue marine, alimentation saine, innovation alimentaire

## **Abstract:**

This thesis focuses on the development of an innovative couscous made from *Ulva lactuca* microalgae, with the aim of offering a healthier and more functional food alternative. In light of public health challenges related to malnutrition and the increase in metabolic diseases, the valorization of marine resources such as algae is part of a sustainable, nutritional, and ecological approach.

The research consisted of developing a couscous enriched with *Ulva lactuca* powder, known for its high protein, fiber, mineral, and bioactive compound content. Several formulations were created by varying the proportions of algae, then subjected to physical, chemical, sensory, and nutritional analyses. The results indicate that the incorporation of *U. lactuca* improves the protein, dietary fiber, and antioxidant content, while preserving sensory characteristics that are acceptable to consumers. This work highlights the potential of seaweed in enriching traditional cereal products and paves the way for food innovations that combine culinary tradition with contemporary nutritional requirements.

Keywords: *Ulva lactuca*, functional couscous, seaweed, healthy eating, food innovation

## ANNEXES:

### Soldes intermédiaires de gestion

Projet : *couscous à base macro algue ulva lactuca pour une alimentation saine*

Porteur de projet : *Sbai faten Guetarni naila*

	Année 1	%	Année 2	%	Année 3	%
Chiffre d'affaires	97.656,00	100%	110.351,28	100%	130.214,51	100%
Ventes + autres services	97.656,00	100%	110.351,28	100%	130.214,51	100%
Achats consommés	58.593,60	60%	66.210,77	60%	78.128,71	60%
Marge globale	39.062,40	40%	44.140,51	40%	52.085,80	40%
Charges externes	7.017,00	7%	7.550,00	7%	8.150,00	6%
Valeur ajoutée	32.045,40	33%	36.590,51	33%	43.935,80	34%
Impôts et taxes	-	0%	-	0%	-	0%
Charges de personnel	2.370,00	2%	2.394,00	2%	2.418,00	2%
Excédent brut d'exploitation	29.675,40	30%	34.196,51	31%	41.517,80	32%
Dotation aux amortissements	1.860,00	2%	1.860,00	2%	1.860,00	1%
Résultat d'exploitation	27.815,40	28%	32.336,51	29%	39.657,80	30%
Charges financières	-	0%	-	0%	-	0%
Résultat financier	-	0%	-	0%	-	0%
Résultat courant	27.815,40	28%	32.336,51	29%	39.657,80	30%
Résultat de l'exercice	23.643,09	24%	27.486,04	25%	33.509,22	26%
Capacité d'autofinancement	25.503,09	26%	29.346,04	27%	35.369,22	27%

### Capacité d'autofinancement

	Année 1	Année 2	Année 3
Résultat de l'exercice	23.643,09	27.486,04	33.509,22
+ Dotation aux amortissements	1.860,00	1.860,00	1.860,00
Capacité d'autofinancement	25.503,09	29.346,04	35.369,22
- Remboursement des emprunts	-	-	-
Autofinancement net	25.503,09	29.346,04	35.369,22

## Plan de financement à trois ans

Projet : *couscous à base macro algue ulva lactuca pour une alimentation saine*  
 Porteur de projet : *Sbai faten Guetarni naila*

	Année 1	Année 2	Année 3
Immobilisations	9.300,00		
Acquisition des stocks	3.000,00		
Variation du Besoin en fonds de roulement	- 5.351,01	- 695,63	- 1.088,40
Remboursement d'emprunts	-	-	-
<b>Total des besoins</b>	<b>6.948,99</b>	<b>- 695,63</b>	<b>- 1.088,40</b>
Apport personnel	6.300,00		
Emprunts	-		
Subventions	10.000,00		
Autres financements			
Capacité d'auto-financement	25.503,09	29.346,04	35.369,22
<b>Total des ressources</b>	<b>41.803,09</b>	<b>29.346,04</b>	<b>35.369,22</b>
Variation de trésorerie	34.854,10	30.041,67	36.457,62
<b>Excédent de trésorerie</b>	<b>34.854,10</b>	<b>64.895,77</b>	<b>101.353,39</b>