



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique



Université de Blida1

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département Biotechnologies et Agro Ecologie

Mémoire

En vue de l'obtention du

Diplôme de master académique

En biotechnologie et valorisation des plantes

Thème

Contribution à la valorisation des graines des lentilles germées (*Lens culinaris*)

Présenté par :

- AISSA Anissa
- CHAMBI Youssra
- SAFTA Yasmine

Date de soutenance : 01/07/2025

Devant le jury composé de :

Mme. MOUMENE S.	Prof. Université Blida 01	Présidente
Mme. KOCHERANE R.	MCB Université Khemis-Miliana	Examinatrice
Mme. BACHIR K.	MCB Université Blida 01	Promotrice

Année universitaire : 2024-2025

Dédicace

À mes chers parents, pour leur amour et leur soutien qui m'ont portée jusqu'ici.

À moi-même, pour avoir continué malgré les moments difficiles.

À mon frère et à ma petite sœur, pour leur présence et leur patience.

À mes amies Lina, Aya, Samira, Salima, Abir et Hadjira pour leur encouragement constant et leur précieuse amitié.

À mes binômes Youssra et Yasmine merci pour tout.

À mes petites cousines, pour les moments de joie partagés.

À mon cher chat Dani, qui restera toujours dans mon cœur.

Anissa

Dédicace

Je tiens à remercier mes parents que j'aime vraiment pour tout ce qu'ils m'ont donné toutes ces années.

Mes sœurs pour leur soutien.

Je remercie mon âme pour tout ce que j'ai traversé, les épreuves que j'ai surmontées, jusqu'à arriver jusqu'ici.

Mes amis qui m'ont aidé durant ce parcours.

Mes deux binômes, Yasmine et Anissa pour leur dur travail.

Mes chats, surtout Sweetie et Champion, je vous aime et Je ne vous oublierai jamais.

Youssra

Dédicace

Je remercie le bon Dieu pour tout

Et Je dédie ce modeste travail :

À mes parents, tout d'abord, pour tout leur soutien, efforts et les sacrifices qu'ils ont dû me donner pour que je devienne la personne que je suis aujourd'hui.

À mon modèle, la femme la plus forte que je connaisse, ma mère.

À moi-même, pour être resté constante et avoir cru en moi malgré toutes les difficultés.

À tous les étudiants qui sont parvenus à ce stade de leur parcours, vous y êtes arrivés.

À mes binômes, aussi mes très chères amies, **Anissa** et **Youssra**, sans qui je n'aurais pas pu réaliser ce travail.

À ma sœur, ma cousine préférée, **Chahinaize**.

À ma famille et mes amis .

Yasmine.

Remerciement

Tout d'abord nous remercions Dieu de nous avoir accordé la santé et les moyens de réaliser ce travail.

Nous tenons à remercier sincèrement Dr. BACHIR Kamilia, maître de conférences à l'université Blida 1, qui a eu l'amabilité de nous encadrer, ainsi que pour sa sympathie, sa disponibilité et surtout ses conseils et orientations lors de toutes les étapes de notre mémoire.

Nous inscrivons nos remerciements les plus profonds et les plus sincères à Mme. MOUMENE Saida, Professeur à l'université de Saad Dahlab Blida 1, pour nous avoir fait l'honneur d'accepter de présider ce jury et de nous avoir encouragé et surtout pour la confiance placée en nous toute au long de ces années d'études.

Notre reconnaissance la plus profonde s'adresse au Dr. KOCHERANE R., maître de conférences à l'université de Khemis-Miliana, de l'honneur de nous avoir fait en acceptant de faire partie du jury comme examinatrice. Nous tenons à les remercier pour l'intérêt qu'ils ont accordé à la lecture de ce manuscrit et leur exprimer nos profondes gratitude.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à Mme ALLAL Lila, directrice du laboratoire LRPMA, pour avoir aimablement accepté de nous permettre de réaliser les analyses de l'activité antioxydante au sein de son laboratoire.

Nous remercions également Mr Walid, Ihcène, ingénieurs des deux laboratoires : Amélioration des plantes et PFE pour leur disponibilité, vous avez su nous faire bénéficier de vos expériences et compétences.

Nous adressons nos remerciements à l'ensemble du personnel de laboratoire de centre Algérien du contrôle de la qualité et de l'emballage -CACQE-.

Nous exprimons nos immenses gratitude à toutes nos familles.

Enfin, Nous remercions toute personne ayant contribué de près ou de loin directement ou indirectement à la réalisation de ce travail.

Contribution à la Valorisation des graines des lentilles germées

(*Lens culinaris*)

Résumé

Dans ce travail, l'étude des germes de lentilles présente les modifications phytochimiques et l'impact de la germination sur les teneurs en Fer et en Calcium. Un screening phytochimique a révélé la présence des tannins (galliques et catéchiques), mucilages, terpènes et stérols dans la farine des lentilles qui après germination, ne présentent plus de tannins galliques mais deviennent pourvus de glucosides et de saponosides. En effet, ces modifications s'accompagnent de variations des teneurs en composants d'origine minérale quand le Fer a augmenté de 1.97 à 2.74mg/100g (soit presque le double) alors que le Calcium a diminué de 80.13 à 32.01 mg/100g. Un test antimitotique réalisé sur quelques graines (Lin, cresson et pois chiche) à différentes concentrations (50%, 25% et 12%) a révélé que les indices de mitose des germes de lentilles enregistrés varient entre [0.3 à 1.02] soit des valeurs proches des indices de mitose de la colchicine [0.2-0.7]. En outre, un test de piégeage des radicaux libres au DPPH a révélé un pouvoir antioxydant non négligeable exprimé par une IC50 de 1.8 mg/ml comparativement à celle de l'acide ascorbique (0.4 mg/ml). Cependant, la farine des germes de lentilles étudiée dans ce travail ne peut se présenter autant qu'aliment fonctionnelle directement car des analyses microbiologiques ont mis en évidence la présence et à des seuils non acceptables des : Anaérobies Sulfite-Réducteurs (ASR), *Escherichia coli*, Levures et Moisissures, *Staphylocoques*. Ce mémoire explore donc le potentiel biotechnologique et les propriétés fonctionnelles de la farine de germes de lentilles et s'ouvre sur la recherche des moyens pouvant éliminer ses dangers biologiques afin de garantir son innocuité.

Mots clés : *Lens culinaris*, Germe, Analyse chimique, Activité antioxydante, Activité antimitotique.

Contribution to the Valorization of germinated lentil seeds

(*Lens culinaris*)

Abstract

In this work, the study of lentil sprouts presents the phytochemical modifications and the impact of germination on Iron and Calcium contents. A phytochemical screening revealed the presence of tannins (gallic and catechial), mucilages, terpenes and sterols in the flour of lentils which after germination, no longer have gallic tannins but become provided with glycosides and saponosides. Indeed, these changes are accompanied by variations in the contents of mineral components when Iron increased from 1.97 to 2.74mg/100g (almost double) while Calcium decreased from 80.13 to 32.01 mg/100g. An antimitotic test carried out on some seeds (Flax, watercress and chickpea) at different concentrations (50%, 25% and 12%) revealed that the mitosis indices of the registered lentil germs vary between [0.3 to 1.02] which are values close to the mitosis indices observed with colchicine [0.2-0.7]. In addition, a free radical scavenging test with DPPH revealed a significant antioxidant power expressed by an IC₅₀ of 1.8 mg/ml compared to that of ascorbic acid (0.4 mg/ml). However, the flour of lentil sprouts studied in this work cannot present as much as a functional food directly because microbiological analyses have highlighted the presence and at unacceptable thresholds of: Anaerobic Sulfito-Reducing (ASR), *Escherichia coli*, Yeasts and Molds, *Staphylococci*. This thesis therefore explores the biotechnological potential and functional properties of lentil germ flour and begins with the search for ways to eliminate its biological hazards in order to ensure its safety.

Keywords: *Lens culinaris*, Sprouts, Chemical analysis, Antioxidant activity, Antimitotic activity.

المساهمة في تثمين بذور العدس النابتة

(*Lens culinaris*)

ملخص

العدس (*Lens culinaris*) هو من البقوليات التي يتم استهلاكها على نطاق واسع لقيمتها الغذائية وراثتها بالبروتينات والألياف المعدنية والمركبات النشطة بيولوجيًا. تعرض دراسة براعم العدس في هذا العمل التعديلات الكيميائية النباتية وتأثير الإنبات على محتويات الحديد والكالسيوم. كشف الفحص الكيميائي النباتي عن وجود العفص (الغالي والكاتيكيال) والصمغ والتربين والستيرول في دقيق العدس الذي لم يعد يحتوي بعد الإنبات على العفص الغالي ولكنه يصبح مزودًا بالجليكوسيدات والصابونوسيدات. وبالفعل فإن هذه التغيرات تصاحبها اختلافات في محتويات المكونات المعدنية حيث زاد الحديد من 1.97 إلى 2.74 ملجم/100 جرام (ضعف تقريبًا) بينما انخفض الكالسيوم من 80.13 إلى 32.01 ملجم/100 جرام. كشف اختبار مضاد للانقسام تم إجراؤه على بعض البذور (الكتان، حب الرشاد والحمص) بتركيزات مختلفة (50%، 25%، 12%) أن مؤشرات الانقسام لجراثيم العدس المسجلة تتراوح بين [0.3 إلى 1.02] وهي قيم قريبة من مؤشرات الانقسام للكلوليشسين [0.2-0.7]. بالإضافة إلى ذلك، كشف اختبار التخلص من الجذور الحرة باستخدام DPPH عن قوة مضادة للأكسدة كبيرة يتم التعبير عنها بواسطة IC50 بمقدار 1.8 ملجم/مل مقارنة بقوة حمض الأسكوربيك (0.4 ملجم/مل). ومع ذلك، فإن دقيق براعم العدس الذي تمت دراسته في هذا العمل لا يمكن أن يقدم بقدر ما هو غذاء وظيفي بشكل مباشر لأن التحليلات الميكروبيولوجية سلطت الضوء على وجود وعند عتبات غير مقبولة لـ: مخفض الكبريتيتو اللاهوائي (ASR)، الإشريكية القولونية، الخمائر والعفن، المكورات العنقودية. لذلك تستكشف هذه الأطروحة الإمكانيات التكنولوجية الحيوية والخصائص الوظيفية لدقيق جنين العدس وتبدأ بالبحث عن طرق للقضاء على مخاطره البيولوجية من أجل ضمان سلامته.

الكلمات المفتاحية:

المضاد لانقسام الخلوي، المضاد للأكسدة النشط، برعم النشاط، التحليل الكيميائي، *Lens culinaris*

Liste des Abréviations

ASR : Anaérobie Sulfite-Réducteur.

Aw : Activité de l'eau d'un aliment.

BfR : Bundesinstitut für Risikobewertung (Institut fédéral allemand d'évaluation des risques).

CACQE : Centre Algérien du contrôle de la qualité et de l'emballage.

DLC : Date limite de consommation

EAP : Exploitation agricole professionnelle.

EC : Européen commission.

FAO : Organisation Des Nations Unies Pour L'alimentation Et L'agriculture

FLG : Farine de lentille germées.

ISO : International Standard Organisation.

ITGC : Institut technique des grandes cultures.

JORA : Journal Officiel Algérien

Kcal : Kilocalories.

Kg/ha : Kilogramme par hectare.

KJ : Kilojoules.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

SM : Solution mère.

TSE : Tryptone Eau- Sel

UE : Union européenne.

UFC/g : Unités Format Colonie par gramme.

Ug : (µg) Unités de masse.

UI : Unités internationales.

VF : Viande foie.

Liste des figures

Figure 01 : Schéma des phases de Germination.....	12
Figure 02 : Les échantillons d' <i>Allium cepa</i> traitées.....	19
Figure 03 : Evolution de la longueur des pousses pendant 3 jours de germination.....	26
Figure 04 : Evolution du poids des pousses pendant 3 jours de germination.....	27
Figure 05 : Corrélation entre les indices de mitose enregistrés par les différents traitements (ACP_PAST).....	33
Figure 06 : Pouvoir inhibiteur de DPPH en pourcentage de la farine des germes de lentilles	34
Figure 07: Pouvoir inhibiteur de DPPH en pourcentage de l'acide ascorbique (Vitamine C)	34
Figure 08 : Absence totale des ASR	36
Figure 09 : Présence d' <i>Escherichia coli</i>	37
Figure 10 : Présence des moisissures sous forme des colonies floconneuses, et des levures en petites colonies lisses	38
Figure 11 : Présence des <i>Staphylococcus</i>	39

Liste des tableaux

Tableau I : Classement mondial des principaux pays en termes de superficie, de production et de rendement des lentilles	07
Tableau II : Composition chimique des lentilles	10
Tableau III : Composition des lentilles en éléments minéraux.....	10
Tableau IV : Teneurs en Fer et en Calcium dans la farine des lentilles (non germées)	28
Tableau V : Teneurs en Fer et en Calcium dans farine des germes de lentilles (germées).....	28
Tableau VI : Résultats d'analyse du screening phytochimique	29
Tableau VII: Résultats de l'indice de mitose des différentes concentrations testées sur différentes graines.....	31
Tableau VIII : Valeur IC 50 des différents extraits testés	35
Tableau IX : Résultats microbiologiques d'échantillons analysés	36

Sommaire

Introduction.....	1
--------------------------	----------

Chapitre I : Recueil bibliographique :

1. Généralités sur Les lentilles (*Lens culinaris*)

1. Systématique.....	04
2. Description botanique.....	05
3. Exigences climatique et édaphique	05
4. Production de lentilles.....	07
5. Problèmes liés aux cultures de lentilles.....	08
6. Utilisation	08
6.1 Industrielle.....	08
6.2 Pharmaceutique.....	08
6.3 Agriculture.....	09
7. Valeurs nutritives.....	09
7.1. Composition chimique.....	10
7.2. Eléments minéraux	10
7.3. Principes actifs	11
8. La germination	12
9. Les germes des lentilles	13

Chapitre II : Matériels et méthodes

1. Matériel utilisé.....	15
2. Préparation des farines de graines de lentilles	15
3. Dosage du Fer et du Calcium.....	15
4. Screening phytochimie	16
5. Activité antimutogène	18
6. Activité antioxydante	20
7. Analyse microbiologiques de farine des graines de lentilles germées.....	21

Chapitre III : Résultats et discussion

1. Cinétique de croissance : Poids et longueur des graines de lentilles germées	26
2. Analyse préliminaire des teneurs en calcium et en fer dans les graines de lentilles germées et non germées	27
3. Screening chimiques	29
4. Activité antimutotique.....	31
5. Activité antioxydante	34
6. Analyse microbiologiques de farine des graines de lentilles germées	35
Conclusion	40
Références bibliographiques	43

Introduction

I. Introduction

La famille des légumineuses ou (Fabaceae) est très diverse, elle comprend des espèces importantes sur le plan économique dont les légumineuses à graines, les oléagineuses, les plantes fourragères, les arbustes, ainsi que les arbres tropicaux ou subtropicaux. (BOURAS, 2018). Elles, représentent une source de protéines pour la consommation humaine et l'alimentation animale, jouant un rôle important dans les systèmes alimentaires et fourragers durables et tournés vers l'avenir.

Parmi les nombreuses espèces de légumineuses, les lentilles (*Lens culinaris*), leurs graines sont utilisées pour la consommation humaine dans le monde entier. (Reif et *al.*, 2020). Elles ont été domestiquées au Proche-Orient dès l'époque néolithique, devenant une culture de base il y a plus de 7000 ans. (Polowick et *al.*, 2023).

Ghumman et *al.*, (2016) ont indiqué que la germination des graines de lentilles avait un effet significatif sur la qualité de la composition et de la nutrition, par exemple une augmentation des protéines brutes et une réduction des lipides, des glucides, de l'acide phytique et du contenu en tanins. (Kaale et *al.*, 2022). La germination, survient lorsque le grain sec prend de l'eau et commence à se développer en une nouvelle plante. Selon le Règlement d'exécution (UE) n° 208/2013, les « germes » sont le produit obtenu à partir de la germination des graines et de leur développement dans l'eau ou dans un autre milieu, récoltés avant le développement des vraies feuilles et destinés à être consommés entiers, y compris la graine. Ces dernières années, il y a eu une augmentation de l'intérêt pour les produits germés en raison de la demande croissante d'aliments plus naturels et plus sains. (Hannah et *al.*, 2022).

Dans le cadre de ce travail de recherche, nous nous sommes intéressés à la valorisation des graines de lentilles germées en étudiant l'impact de la germination sur ses graines, à travers une comparaison entre les graines germées et non germées. Cette évaluation comprend sur plusieurs tests : Un screening phytochimique pour identifier les métabolites secondaires, le dosage de minéraux (Calcium et Fer), tests d'activités antioxydante et antimutogène, Ainsi qu'un test microbiologique visant à vérifier l'innocuité de la farine obtenue.

Introduction

Ce travail est scindé en 3 parties :

- Un recueil bibliographique sur les graines de lentilles et sur leurs germes
- Une partie présentant les matériels et méthodes utilisés
- Les résultats obtenus et les résultats y afférents

Chapitre I :

Recueil bibliographique

II. Recueil bibliographique : Généralités sur Les lentilles (*Lens culinaris*)

1. Systématique

Medikus, botaniste et médecin allemand, a scientifiquement désigné les lentilles sous le nom de *Lens culinaris* (KUMAR et *al.*,2024). Et Selon KOUADRI (2023) cette plante est classée comme suit (sur la base de l'USDA, Plants Database 2020)

Règne : Plante

Sous-règne : Tracheobionta - Plantes vasculaires

Superdivision : Spermatophyta - Plantes à graines

Division : Magnoliophyta - Plantes à fleurs

Classe : Magnoliopsida - Dicotylédones

Sous-classe : Rosidae

Ordre : Fabales

Famille : Fabaceae/Légumineuse

Genre : *Lens* - Lentille

Espèce : *Lens culinaris* Medik.

2. Description botanique

Toutes les espèces du genre *Lens* sont des plantes herbacées annuelles diploïdes ($2n = 14$). La tige de la lentille est mince, elle atteint rarement plus de 45 cm de hauteur et présente une croissance indéfinie. Les deux premiers nœuds de la tige se situent au niveau du sol ou sous la surface. Les feuilles sont pennées et comportent jusqu'à 10 paires de folioles (BOUZID, 2018). Les fleurs sont petites, bleu pâle ou violettes, de 1 à 4 fleurs dans des grappes axillaires. Les gousses sont oblongues, aplaties ou comprimées, lisses, contenant 1 à 2 graines ; les graines sont en forme de lentille ; de couleur brun verdâtre ou rouge clair. (Laskar, 2019).

Selon Laskar (2019), *Lens culinaris* a été divisé en deux races en fonction de la taille des graines : macrosperma et microsperma.

2.1 Groupe Microsperma : Ce groupe est caractérisé par de petites fleurs (de 5-7 mm de long) de couleur bleu-violet à blanches ou roses, les gousses sont petites et les graines sont aussi petites (diamètre inférieur à 6 mm). Ce groupe domine en Asie, Égypte et en Éthiopie (BOURAS, 2018).

2.2 Groupe Macrosperma : Les fleurs sont grandes (de 7-8 mm de long) de couleur blanches (rarement bleues), les gousses sont grandes, généralement plates et les graines sont aussi grosses (diamètre supérieur à 6mm). Ce groupe prédominant en Afrique du Nord, en Europe et en Amérique (BOURAS, 2018).

3. Exigences climatique et édaphique

La lentille comme de nombreuses espèces de légumineuses alimentaires sont résistantes à la sécheresse (Tahir, 2021). En termes de climat et de caractéristiques du sol, elle se classe parmi les légumineuses les moins sélectives. (Hammadi, 2022). Elle pousse dans les endroits froids avec des températures comprises entre 18 et 30 °C et nécessite entre 250 mm et plus de 1000 mm de précipitations annuelles. Bien qu'il puisse être cultivé dans une variété de types de sols, il prospère dans les sols fertiles avec un drainage adéquat, la rétention d'eau et une gamme de pH neutre à alcalin. (Parashanth et al., 2024).

4. Production de lentilles

4.1. Production mondial

Actuellement la culture de la lentille est très largement répandue à travers les régions du monde, après son introduction aux Amériques en Nouvelle Zélande et en Australie. Elle est maintenant largement cultivée dans les régions tempérées et subtropicales (Almi, 2016). En tant que source économique et nutritive de protéines, la production mondiale de lentilles continue de suivre une tendance à la hausse tant en termes de production que de superficie récoltée. Le Canada est un producteur de premier plan, contribuant à environ 44 % des lentilles mondiales. (Salaria et *al.*, 2022). Le Canada, l'Inde, l'Australie et la Turquie sont les quatre principaux producteurs de lentilles depuis 2021, représentant ensemble 75 % de la production mondiale. D'autres pays producteurs de lentilles sont le Bangladesh, la Chine, l'Iran, le Népal et la Syrie. (Minhao et *al.*, 2023).

Tableau I: Classement mondial des principaux pays en termes de superficie, de production et de rendement des lentilles.

Pays	Superficie récoltée (ha)	Pays	Rendement (kg/ha)	Pays	Production (Qx)
Canada	1.704.800	Jordanie	3138,9	Canada	28.678.000
Inde	1.353.912	Chine	2511,7	Inde	11.800.000
Australie	412.381	Nouvelle-Zélande	2456,4	Australie	5.258.480
Turquie	247.642	Egypte	2167,9	Turquie	3.708.150
Népal	212.876	Tadjikistan	1904,2	Etats unis	3.361.600
Etats unis	208.010	Syrie	1777,2	Népal	2.628.350
Bangladesh	141.282	Palestine	1768,8	Syrie	2.002.180
Iran	130.582	Canada	1682,2	Bangladesh	1.773.540
Russie	128.583	Etats unis	1616,1	Chine	1.643.810
Syrie	112.657	Turquie	1497,4	Russie	1.155.560

(FAOSTAT, 2022)

4.3 Production de lentilles en Algérie :

En Algérie, la culture des lentilles n'occupe que 1.5% de la totalité des terres réservées aux légumineuses alimentaires (Almi, 2016). Elle est cultivée dans des conditions pluviales dans différentes zones agro-climatiques dans des régions où la moyenne annuelle des précipitations varie entre 300 et 900 mm. Mais la production a chuté au cours des dernières décennies, soit 63,18 tonnes avec un rendement d'environ 114 kg / ha en 2014. Le déclin peut être attribué à plusieurs causes, la plus importante étant l'abandon des variétés locales, bien adaptées aux différents environnements, au profit de variétés importées. (GAAD et al., 2017).

La lentille est cultivée dans :

- Les zones de plaines intérieures (Tlemcen, sidi Belabbes, la plaine de Chelif, Medea, Bouira, la haute plaine de Mila et Constantine) ;
- Les hauts plateaux (Plateau du Sersou de Tiaret et Tissemsilt, Saida, les hautes plaines de Sétif, Bordj Bou Aarerdj, Souk Ahras et Guema) ;

- Les zones littorales et sub- littorales (Nord de Tlemcen, Ain Temouchent, Oran, Mostaganem, Les plaines de Relizane) (TAHIR, 2021).

5. Problèmes liés aux cultures de lentilles

Des études récentes ont montré que l'effet combiné des maladies, des insectes ravageurs et l'infestation par les plantes parasites cause entre 37 et 70% de perte de rendement en graines chez les cultures de légumineuses notamment la lentille. En termes de stress abiotiques, la sécheresse, les hautes températures, le froid et la salinité sont les principales contraintes qui limitent la production et affectent la stabilité du rendement de la culture du pois chiche et de la lentille. (Amri et *al.*, 2019). Parmi les stress biotiques, on trouve des ravageurs et maladies majeurs qui affectent la production de lentilles, tels que la pyrale des gousses, les pucerons, les vers gris, l'oïdium, la rouille et la fusariose. Les légumineuses sont riches en azote et en phosphore en raison de leur capacité à fixer l'azote atmosphérique ; cette propriété attire les ravageurs et les maladies (Laskar, 2019).

6. Utilisation des lentilles

6.1. Industriel

Les lentilles (*Lens culinaris Medik*). Sont des matières premières sans gluten, sûres, bon marché, largement disponibles, durables, nutritives, saines et technologiquement fonctionnelles avec une faible empreinte environnementale. (Keskin et Sumnu 2023).

Outre ces fonctions considérables, les lentilles ont des impacts environnementaux et économiques positifs. Les gouvernements et les consommateurs s'intéressent aux enjeux environnementaux (tels que le carbone, l'eau bleue et l'utilisation des terres) et économiques (comme la réduction des coûts) (CHAUDHARY et TREMORIN, 2020).

6.2. Pharmaceutique

Les lentilles contiennent des quantités considérables de composants fonctionnels qui ont le potentiel de favoriser la santé humaine en diminuant la pression artérielle, le cholestérol et le risque de cancer, ou en augmentant l'activité bifidogène et prébiotique (Faris, Takruri, et Issa 2013; Faris et Attlee 2017) .

Selon GRELA et *al.*(2017) les graines de lentilles sont généralement riches en protéines, en fibres alimentaires, en glucides complexes et en micronutriments essentiels tels que le fer, le zinc et le complexe de vitamines B .Ses graines ont également une activité antioxydante élevée par rapport aux autres espèces de légumineuses à grains, principalement en raison de composés phénoliques spécifiques.

Grâce à leurs nombreuses propriétés utiles, les protéines de lentilles trouvent de nouveaux rôles dans les aliments fonctionnels, les nutraceutiques et même les cosmétiques.

6.3. Agriculture

Selon SHEWRY (1995), Les protéines de stockage des graines fournissent principalement de l'azote, du carbone et du soufre pendant la germination des graines et la croissance et le développement des plantules.

Elles sont également impliquées dans les mécanisme de défense des plantes, par exemple pour les larves de bruches dans les légumineuses chez les globulines comme la viciline , présentent une activité inhibitrice (SALES et *al.*, 2000), et dans l'activité antimicrobienne (revue dans Cândido et *al.*, 2011).

Mettent en évidence des rôles bio fonctionnels, combinant à la fois le stockage nutritif et protection contre divers stress biotique tels que les pathogènes ou les ravageur .

7. Valeurs nutritives

7.1. Composition chimique

Considérées comme l'un des aliments les plus nutritifs au monde, les lentilles offrent un profil nutritionnel remarquable (Min Et Shin, 2015). Riches en glucides (60 à 64 %), ils sont également une excellente source de protéines (Lombardi-Boccia et *al.*, 2003),de vitamines, de minéraux et de fibres. Autre atout : leur faible teneur en matières grasses, qui en fait un aliment aussi sain que polyvalent. La composition chimique des graines de lentilles dépend à la fois de leur variété (génotype) et des caractéristiques du sol où elles sont cultivées (Summerfield Et Muehlbauer, 1982).

Tableau II : Composition chimique des lentilles (données issues de WANG et *al.*, 2006 ; HAQ et *al.*, 2011 ; HEFNAWY et *al.*, 2011 ; RATHOD et *al.*, 2016).

Constituents	Unités	Teneur
Humidité	%	8 _ 9
Minéraux	%	0.53 - 4.2
Energie	Kcal/ 100 G	343 _ 356
Protéines	%	23.86 - 30.4
Lipides	%	1 - 3.2
Glucides	%	60 _ 64
Sucres Totaux	%	2.03 - 2.86
Amidon	%	33.8 - 56.4
Fibers	%	6.3 - 35.1

7.2. Eléments minéraux

Les lentilles apportent une diversité de minéraux essentiels à l'alimentation humaine. Le potassium et le phosphore dominent leur composition, suivis par le magnésium, le calcium et le sodium (Tab.IV). Leur teneur en fer, associée à leur consommation répandue mondialement, ont fait une source alimentaire clé pour des populations variées (Quinteros et *al.*, 2001). Leur teneur en sélénium peut accumuler jusqu'à 1 500 µg/kg, positionne les lentilles comme culture prioritaire pour la bio fortification , stratégie visant à combattre les carences nutritionnelles (Thavarajah et *al.*, 2008 ; Faris et *al.*, 2013).

Tableau III : Composition des lentilles en éléments minéraux

Elements Minéraux	Teneur (mg/100g)
Calcium (Ca)	79,7 - 97,3
Potassium (K)	960 -1055
Magnésium (Mg)	138
Sodium (Na)	78
Fer (Fe)	7,3 -7,9
Manganèse (Mn)	1,9 - 2,4

(Wang *et al.*, 2006 ; Hefnawy *et al.*, 2011)

7.3. Principes actifs

Les lentilles présentent des substances naturelles qui ont un effet bénéfique pour la santé. Ils contiennent une variété de principes actifs bénéfiques pour l'homme. En raison de leur richesse en protéines végétales de qualité supérieure, ils sont également une source importante de fibres alimentaires et de composés antioxydants comme les polyphénols, ainsi que les tanins et les flavonoïdes. Les auteurs ont indiqué que les lentilles sont riches en composés phénoliques, qui possèdent une forte activité antioxydante (notamment les flavonols et les flavanols) et des effets inhibiteurs (notamment les flavonols) sur l'activité de l' α -glucosidase et de la lipase pancréatique (Zhang *et al.*, 2015).

De plus, les composés phénoliques des lentilles possèdent une activité antioxydante susceptible de réduire l'incidence de divers cancers, tels que ceux du côlon, de la thyroïde, du foie, du sein et de la prostate, en inhibant les réactions d'oxydation et en réduisant les radicaux libres dans l'organisme (Ganesan et Xu, 2017).

Les peptides bioactifs, un autre composant fonctionnel des lentilles, ont des propriétés bénéfiques pour la santé, telles que la réduction de l'inflammation et de la tension artérielle et le soutien du système immunitaire (Faris, Tahruri et Issa 2013).

Les saponines, les composés bioactifs des lentilles, ont des effets hypocholestérolémiants, hypoglycémiant, anti-inflammatoires et antimicrobiens qui affectent positivement la santé humaine (Ganesan et Xu 2017 ; Del Hierro *et al.* 2020 ; Mustafa *et al.* 2022).

8. La Germination

La germination peut être divisée en trois phases correspondant aux phases d'absorption d'eau. Dans des conditions normales, l'absorption d'eau par la graine est triphasique (figure 01).

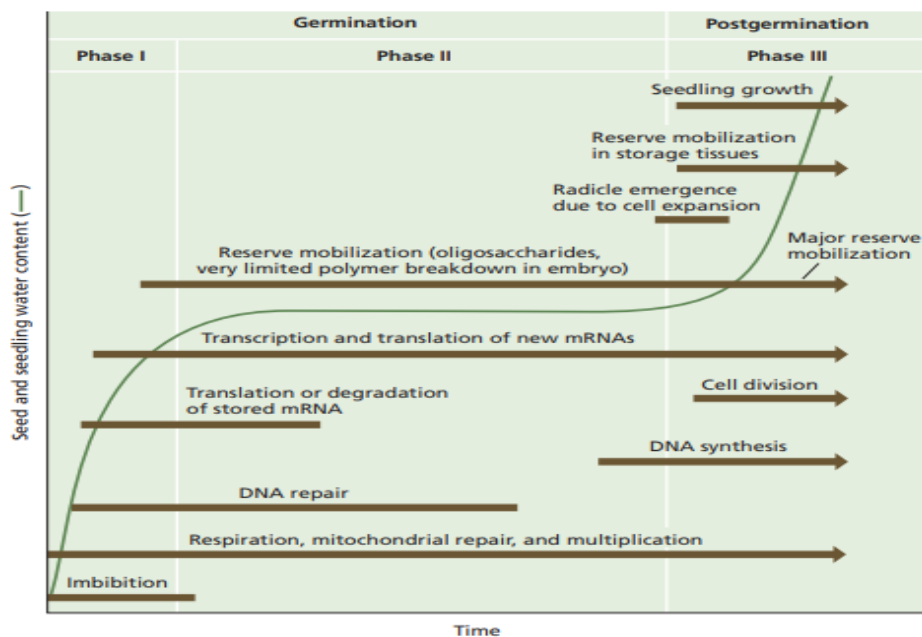


Figure 01 : Schéma des phases de Germination (Lincoln Taiz et *al*, 2014)

Phase I : La graine sèche absorbe l'eau rapidement par le processus d'imbibition.

Phase II : Absorption d'eau par diminution de l'imbibition et processus métaboliques, y compris la transcription et la traduction, sont réinitialisés. L'embryon se dilate et la radicule émerge du tégument.

Phase III : L'absorption d'eau reprend en raison d'une diminution de y au fur et à mesure que la plantule grandit, et les réserves alimentaires stockées des semences sont pleinement mobilisées (Lincoln et *al.*, 2014).

9. les germes de lentilles

Les graines germées, connues depuis des siècles dans de nombreuses cultures, sont largement utilisées car elles peuvent être produites sans équipement sophistiqué, sont peu coûteuses, ont un cycle de production rapide, sont simples à traiter et offrent des rendements relativement

élevés. Cette pratique serait associée à une amélioration de la valeur nutritive des graines. Les graines germées se distinguent par une teneur plus élevée en nutriments (acides aminés, protéines, vitamines et minéraux) et une teneur plus faible en éléments non nutritifs. (Delian et *al.*, 2015)

Les lentilles sont une source précieuse de composés phénoliques, qui agissent comme des antioxydants naturels dans le corps humain. Un scientifique de l'Institut de Reproduction Animale et de Recherche sur l'Alimentation de l'Académie Polonaise des Sciences à Olsztyn nous rappelle que leur teneur la plus élevée se trouve dans les germes. La teneur en composés phénoliques des germes obtenus à partir de graines germées de lentilles est nettement supérieure à celle trouvée dans les graines non germées. (Ryszard et Pegg 2023). De plus, la germination des graines a des effets bénéfiques sur la qualité des graines, notamment en améliorant leur digestibilité et en réduisant leur teneur en amidon résistant et en composés antinutritionnels (Hoover et *al.*, 2003). Elle augmente la solubilité des protéines et la disponibilité des acides aminés essentiels, améliorant ainsi le ratio d'efficacité des protéines (Fouad et *al.*, 2015).

L'étude menée par Santos et *al.*, (2020) a clairement montré que La germination améliore la biodisponibilité de minéraux tels que le calcium et le potassium, avec des augmentations de 41 à 58 % et 28 à 30 %, respectivement.

Chapitre II :

Matériel et méthodes

Matériel et méthodes

Ce modeste travail ambitionne la valorisation des germes de lentilles, il a été mené dans le laboratoire d'amélioration des plantes et le laboratoire de recherches sur les plantes aromatiques et médicinales de l'université Blida 01 ainsi que laboratoire de centre algérien du contrôle de la qualité et de l'emballage, durant la période allant de 20/02/2025 A 28/06/2025.

Pour ce faire, il a été question d'étudier leurs germes sur le plan chimique et fonctionnel en vue de vérifier le potentiel de leur farine en tant qu'aliment fonctionnel.

1. Matériel végétales

Le matériel végétal utilisé dans cette étude est scindé en deux catégories :

- Des graines de lentilles de commerce procurées pour l'obtention de germes étudiés.
- Des graines de : Pois-chiche, lin et cressons choisies pour leur accessibilité et/ou leur pouvoir germinatif afin de mener un test du pouvoir antimutotique.

2. Préparation de la farine de germes de lentilles

Nous avons suivi le protocole de Gnanwa et *al.* (2021), les graines de lentilles ont été lavées, trempées pendant 24 h, puis mises à germer à température ambiante pendant 5 jours . Lors de séchage en étuve les graines ont été contaminées et ont moisie . Nous avons donc dû reprendre l'expérience et avons opté pour un séchage à l'air libre afin d'éviter toute contamination jusqu'à élimination de l'humidité.

A la fin de séchage, les graines germées ont été broyées pour obtenir une farine fine utilisée pour les analyses.

Nous avons sélectionné un échantillon de dix graines numérotées et avons suivi l'évolution de leur longueur et de leur poids.

3. Dosage du Fer et du Calcium :

Dans la difficulté de doser toute matière minérale rentrant dans la composition des lentilles, le choix a porté sur le Fer et le Calcium à la fois pour leur forte présence dans ces légumineuses selon la bibliographie et pour leur importance vis-à-vis des besoins corporels du métabolisme en tant que minéraux impliqués dans la régénération des cellules sanguines, et a croissance des tissus osseux (ostéoblastes).

Cette analyse a été réalisée par le laboratoire de contrôle de qualité Altes-Lab. Blida autant que prestation mentionnant uniquement que le dosage a été effectué par méthode spectrophotométriques mais pour vérifier la stabilité des teneurs retrouvées, elle a été refaite après 3 mois par la méthode de Pinta (1968) et Pinta (1971) aussi, par spectrophotométrie standard et qui consiste en :

- Préparer l'échantillon : Peser 0.5 g de lentilles broyées dans un tube.
- Minéraliser l'échantillon en rajoutant 10 ml d'HNO₃ concentré puis chauffer à 120-150°C jusqu'à obtention d'un liquide claire. (Refroidie, filtrer et ajuster à 50 ml avec Eau Distillée).
- Lire l'absorbance à 248.3nm pour le Fer et 422.7 nm pour le Calcium
- Calcul : Teneur (mg/100g) = (mg dans la solution finale / Poids de l'échantillon (g) /100
(Les courbes d'étalonnage utilisées pour le calcul sont celles rapportées dans le protocole)

4. Screening phyto-chimique

Dans le but de déterminer les majeurs groupes chimiques des métabolites secondaires présents dans les farines de lentilles germées et non germées, un screening phytochimique est réalisé par la méthode de SOLFO (1973) et HARBORNE (1989). L'infusé est préparé en utilisant 10 g de poudre du végétal dans 100ml d'eau préalablement portée à ébullition pendant 15mn avant de filtrer le mélange pour effectuer les tests suivants :

▪ Amidon

Nous avons pris 01g de la poudre, puis nous l'avons macérée dans 30 ml d'eau distillée chaude pendant 01h. Après filtration, nous avons rajouté à la solution aqueuse quelques gouttes de réactif d'amidon (liqueur de Fehling). L'apparition d'une couleur bleue violacé indique la présence de l'amidon.

▪ Les tanins

A 5 ml d'infusé, sont ajoutés quelques gouttes d'une solution de FeCl₃ à 5%.

La réaction donne une coloration bleue noir en présence des tanins.

▪ Les tanins galliques

A 5 ml d'infusé, sont ajoutés 2 g d'acétate de sodium et quelques gouttes de FeCl₃.

La réaction donne une coloration bleue foncée en la présence des tanins galliques.

▪ Les glucosides

A 2 g de poudre végétale, sont ajoutées quelques gouttes d'acide sulfurique.

La formation d'une coloration rouge brique ensuite violette indique la présence des glucosides.

▪ Les mucilages

On introduit 1ml de l'infusé dans un tube et on lui ajoute 5ml d'éthanol absolu, l'obtention d'une précipitation floconneux indique la présence des mucilages.

▪ Saponosides

Nous avons versé, dans un tube à essais, 10 ml de l'extrait total aqueux. Le tube était agité pendant 15 secondes puis laissé au repos durant 15 min. Une hauteur de mousse persistante, supérieure à 1 cm indiquait la présence des saponosides.

▪ Cardinolides

Nous avons pris 01g de la poudre, puis nous l'avons macérée dans 20ml d'eau distillée pendant 3h. Après filtration, nous avons prélevé 10ml de filtrat et mélangé avec une solution de 10ml de CHCl_3 et de $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$. Ensuite nous avons évaporé la phase organique dans un bain de sable 90°C . Le précipité est dissout dans 3ml de CH_3COOH glacial, en ajoutant quelques gouttes de FeCl_3 , suivi de 1ml d' H_2SO_4 concentré sur les parois du tube. L'apparition d'une couleur verte bleue dans la phase acide indique la présence des cardinolides.

▪ Terpènes et stérols

A partir de 0.5g de la poudre, qui a été macérée dans 20 ml d'éther de pétrole. Après avoir filtré et évaporé la phase organique dans un bain de sable à 90°C . Le résidu est dissout dans 5 ml d'acide acétique et en ajoutant 1ml d' H_2SO_4 concentré. Dans la zone de contact entre les deux liquides, il se forme un cercle marron ou violet, ensuite il vire au gris. Ce changement du cercle indique la présence des stérols et terpènes.

▪ Anthocyanes

Nous avons ajoutés à l'infusé quelques gouttes d'Hcl pur. Ensuite, nous avons rajouté quelques gouttes de NH₄OH, le changement de la couleur indique la présence des anthocyanes.

▪ Leuco-anthocyanes

Nous avons pris 5ml de l'infusé et mélangé avec 4ml d'alcool chlorhydrique (éthanol /HCL pur 3v/v).Après un chauffage au bain marie à 50°C, pendant quelques minutes. L'apparition d'une couleur rouge cerise indique la présence des leuco-anthocyanes

▪ Alcaloïdes

Nous avons pris 05 g de la poudre, puis mélangée avec 50 ml d'Hcl à 1% dans un récipient. Après une macération, nous avons filtré le mélange et additionnés au filtrat quelques gouttes de réactif de Dragendorff. L'apparition d'un précipité orangé indique la présence des alcaloïdes.

5. Activité antimittotique

Afin d'évaluer l'impact de la farine des germes et des lentilles sur la mitose déclenchée par le processus de germination, nous avons utilisé la méthode de Mbayo et *al.*,2016.

Trois types de graines ont été testées : Pois-chiche, lin et cressons.

La germination des graines est réalisée dans des boîtes de Pétri propres et stériles. Un papier coton stérile a été placé au fond de chaque boîte, puis dix (10) graines de chaque type ont été déposées dans chaque boîte.

Trois concentrations d'extraits de farines de germes et de lentilles (Macération à froid de 10g de poudre dans 100 ml d'eau distillée) ont été utilisées : 50 %, 25 % et 12 %. Ces concentrations ont été appliquées pour l'arrosage quotidien des graines pendant une période de germination de six (6) jours.

En outre, des préparations de colchicine ont été réalisées aux mêmes concentrations car cette dernière est une substance de référence, à pouvoir bloquant du fuseau mitotique. Ce qui permet l'accumulation des cellules en métaphase (inhibition de la mitose).

Trois répétitions ont été effectuées pour chaque concentration, en plus d'un témoin (Témoin) arrosé uniquement avec de l'eau distillée.

Matériel et méthode

L'indice de mitose est calculé au sixième jour en mesurant la taille des pousses des graines, à l'aide de la formule rapporté par le même auteur du protocole utilisé :

$$Im = T \text{ extrait (mm)} / T \text{ eau (mm)}$$

- Im : indice de mitose
- T extrait : taille des pousses traitées par l'extrait
- T eau : taille des pousses traitées avec l'eau

Cette formule n'est pas concluante sur l'effet antimitotique si toute fois d'autres paramètres peuvent interférer avec la germination des graines et la croissance des pousses (viabilité des graines, conditions de germination, nature des téguments...). Pour confirmer cet effet au niveau cellulaire, nous avons tenté de continuer notre investigation par la méthode de Ouzid et *al* (2019) sur des racines d'oignon qui ont été germées dans l'eau pendant période précise de 48 h, à température ambiante. Les extrémités après 48 h ont été mises dans les extraits des farines " farine de lentilles germées et non germées ". Ces derniers sont fixés et colorés par le Giemsa (préparation en annexe 04) à la place du carmin acétique.

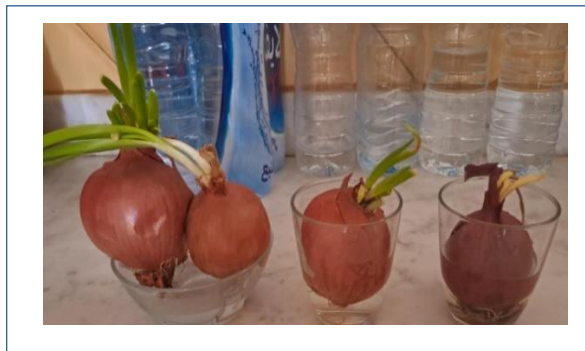


Figure 02 : Les échantillons *d'Allium cepa* traités. (Originale,2025)

Visiblement, la croissance des témoins est plus prononcée mais la lecture des observations des coupes histologiques n'a pas pu être retenue car nous avons observé de petites cellules en plein mitose sans pouvoir distinguer les 4 phases pour calculer leur rapport avec la somme de toutes les cellules observées.

Préparation de giemsa et coloration

- Dans un flacon de 100 ml, 4ml de giemsa à été ajoutée.

- Ajuster à 100 ml avec l'eau distillée.
- Homogénéiser légèrement en remuant le flacon.
- Mettre les larmes dans un pot en porcelaine pendant 4 min.
- Rincer les lames sous l'eau du robinet.
- Laisser sécher les lames à l'air libre
- Observations sur microscope

6. Activité antioxydantes

L'activité anti radicaire est mesurée par la dégradation du DPPH : 1,1-diphényle-2-picrylhydrazyl, qui est un radical libre relativement stable Li et al. (Cité dans Khadhri, 2013). La décoloration explique le pouvoir de l'extrait de la plante à piéger ce radical, qu'on peut détecter par un spectrophotomètre-UV. Pour mesurer cette activité, 1ml de l'extrait à différentes concentrations (3 ;2 ;1 ;0.5 ;0.1 ;0.05 ;0.01 mg/ml) est mélangé avec 2ml d'une solution de DPPH (0.394 mg DPPH dans 10 ml de méthanol pour une solution de 0.1 mM). La lecture des absorbances de différentes concentrations est réalisée après 30 min d'incubation à l'obscurité. L'absorbance est mesurée à 517 nm à l'aide d'un spectrophotomètre-UV visible.

En se référant à un témoin sans extrait (témoins négatif). L'activité antioxydante est estimée en pourcentage d'inhibition grâce à la formule suivante :

$$PI = \frac{(DO_{\text{témoin}} - DO_{\text{extrait}})}{DO_{\text{témoin}}} \times 100$$

PI : Pourcentage d'inhibition.

DO témoin : Absorbance du témoin négatif.

DO extrait : Absorbance de solution d'extrait.

L'inhibition du radical libre DPPH par la vitamine C a été également analysée aux mêmes concentrations pour comparaison. La concentration inhibitrice IC50 de la farine des germes de lentille est comparée à l'IC50 de l'acide ascorbique (Vitamine C).

7. Analyse microbiologique:

- **Objectif du travail**

Ce travail a pour objectif de détecter la présence d'Anaérobie sulfito-réducteur, *Escherichia coli*, les *Staphylocoque* et les Moisissures dans la farine de lentille ou ces germes et ces substances peuvent poser un grand problème sur la sante publique.

- **La préparation de la suspension mère**

La suspension mère est la première dilution préparée à partir de 5g farine de lentille germée dilués dans un flacon contenant 225 ml de TSE (Tryptone Sel Eau). Le mélange est mis dans un sachet stérile et homogénéisé dans le qui assure le broyage pendant 2 min. Cette solution homogène est la suspension mère.

- **Les dilutions décimales :**

- Pour la dilution 10⁻¹

Dans des conditions stériles devant le bec bunsen, avec une pipette graduée on prend 1ml de la suspension mère et on le dépose dans un tube contenant 9ml de TSE.

- A partir de la dilution 10⁻¹

Nous prélevons 1ml et on le dépose dans un tube contenant 9ml de TSE c'est la dilution (10⁻²).

1. Dénombrement des Anaérobies Sulfito-Réducteurs (ASR)

- **Milieu**

Le principal milieu utilisé est la gélose viande-foie (gélose VF).

- **Mode opératoire**

Environ 1 ml de la solution mère a été transféré dans une boite Pétrie stérile, et 1ml de dilution décimale 10⁻¹.

- Ajouter ensuite de la gélose viande foie fondue puis refroidir à 45°C, avec les deux additifs Alun de fer et sulfite de sodium.

- Mélanger doucement le milieu et l'inoculum en évitant d'introduire des bulles d'air et de l'oxygène, laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes, puis incuber à 44°C pendant 24 à 48 heures.

2. Dénombrement des moisissures

Selon ISO 21527 -2- 2008, Le principe de dénombrement des moisissures de l'échantillon analysé consiste à :

- Des boîtes de Petri préparées en utilisant un milieu de culture sélectif défini sont ensemencées. En fonction du nombre de colonies attendu, une quantité spécifique de l'échantillon pour essai (si le produit est liquide) ou de la suspension mère (dans le cas d'autres produits) ou des dilutions décimales de l'échantillon/suspension sont utilisées. Des boîtes supplémentaires peuvent être ensemencées dans les mêmes conditions en utilisant des dilutions décimales obtenues à partir de l'échantillon pour essai ou de la suspension mère.
- Les boîtes sont ensuite mises à incuber en aérobiose à $25\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$ pendant cinq jours à sept jours. Puis, si nécessaire, les boîtes de gélose sont laissées au repos à la lumière du jour pendant un jour à deux jours.
- Les colonies/propagules sont alors comptées et, si nécessaire (pour distinguer les colonies de levures des colonies de bactéries), l'identité des colonies douteuses est confirmée par examen à la loupe binoculaire ou au microscope.
- Le nombre de levures et de moisissures par gramme ou par millilitre d'échantillon est calculé à partir du nombre de colonies/propagules/germes obtenus sur les boîtes choisies à des taux de dilution permettant d'obtenir des colonies pouvant être dénombrées. Les moisissures et les levures sont comptées séparément, si nécessaire.

Interprétation

Compter les colonies sur chaque boîte après 3_ 5 jours d'incubation. Après 5 jours, retenir les boîtes contenant moins de 150 colonies. Si des parties de boîtes sont envahies par des moisissures ou s'il est difficile de compter des colonies bien isolées, retenir les comptages obtenus après 4, ou même 3 jours d'incubation.

Si cela est nécessaire, procéder à un examen microscopique pour distinguer, selon l'aspect morphologique, les colonies de levures et moisissures des colonies de bactéries.

3. Dénombrement *Escherichia coli*

Pour vérifier la présence ou l'absence la bactérie d'*Escherichia coli*, nous avons suivis la méthode de NPP.

3.1 Présentation de la méthode NPP

3.1.1. Principe

La méthode du nombre le plus probable (NPP) est la méthode référence utilisée pour le dénombrement d'*Escherichia coli* présumés dans les coquillages marins. Cette méthode qui est décrite dans la norme NF V 08-600 consiste en une répétition de dilution en série. Pour chaque dilution, des répétitions de recherche (présence/absence) d'E. coli présumés sont réalisées. Le nombre de recherches positives par dilution forme un nombre caractéristique qui est transformé en nombre le plus probable d'E. Coli par une table statistique dite de Mann.

Pour chaque recherche d'E. Coli, deux étapes sont nécessaires, une étape présomptive où les coliformes totaux sont recherchés, puis une étape confirmative où on dénombre les E. coli présumés.

4. Dénombrement des *staphylocoques*

4.1. Principe

Les *staphylocoques* appartiennent à la famille de *Staphylococcaceae*, et sont anaérobie facultatif, supportent 7,5 à 15% de NaCl (Ait, 2001).

Tous les *staphylocoques* cultivent sur le milieu de Chapman, et les résultats se repiquent sur le milieu Baird Parker pour isoler les *Staphylococcus aureus* dans les produits alimentaires (Brossard et al., 2001).

4.2. Mode opératoire

Matériel et méthode

Cette méthode consiste à l'enrichissement des *Staphylocoques* sur milieu eau peptonée tamponné.

A partir des dilutions décimales 10^{-1} et solution mère. Un volume précis(1ml) prélevé de tubes enrichis sera l'objet d'un ensemencement en surface sur le milieu gélosé Baird Parker, et incuber les boîtes de Pétri à 37°C pendant 24 heures.

Chapitre III:

Résultats et discussions

I. Résultats et discussion

1. Cinétique de croissance (Poids et longueur des graines de lentilles germées)

Les germes étudiés dans ce travail sont obtenus après les 3 premiers jours du déclenchement de la germination. Pendant ce temps, le poids a diminué en moyenne le deuxième jour 0.12 g (± 0.01) pour augmenter de nouveau jusqu'à 0.18 (± 0.02) g (Fig. 04) tandis que la longueur des pousses a augmenté à 0.32 (± 0.15) puis 1.73 (± 0.58) g (Fig. 03)

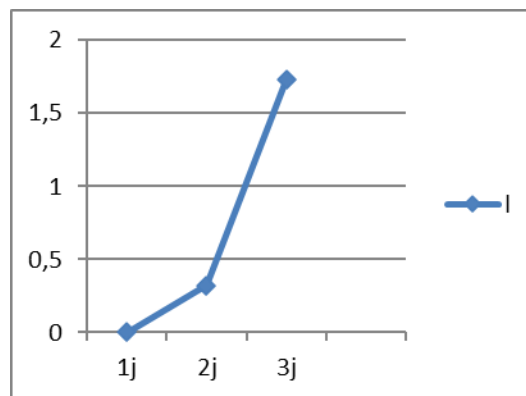


Figure 03 : Evolution des longueurs des pousses pendant 3 jours de germination

L'étude de la germination des graines de lentilles a relevé une augmentation constante de la taille pendant les 3 jours. Cette augmentation est principalement de liée à la croissance de la racicule " future racine" et de tige embryonnaire. Par contre, concernant le poids, il y a une diminution initiale de poids le deuxième jour. Probablement due à la respiration cellulaire mais une augmentation de poids a été observé le troisième jour. Cette augmentation indique que la graine a continué à absorber l'eau et aussi peut également commencer à développer des structures qui contribuent à son poids (figure 04).

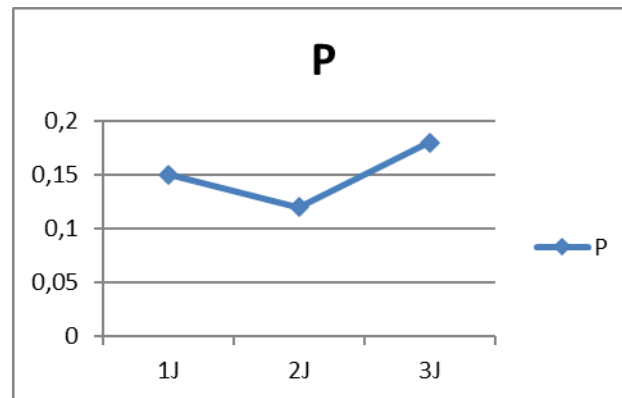


Figure 04 : Evolution du poids des pousses pendant 3 jours de germination.

Les résultats obtenus dans cette étude pendant la germination montrent des tendances similaires à celles observées dans des travaux récents. Au cours des deux premiers jours de germination, une diminution de poids est constatée, ce qui est en accord avec les conclusions de Kumar et *al.*, (2019), qui ont également rapporté une perte de poids initiale, attribuée à l'utilisation des réserves internes pour soutenir la germination.

Ainsi, nos résultats confirment qu'à partir du troisième jour, le poids des graines commence à augmenter. Cette reprise du poids est similaire à celle observée par Kumar et *al.*, (2019), qui ont également trouvé une augmentation du poids après la phase de déplétion des réserves. Cela suggère une synthèse accrue des nouvelles biomolécules et une croissance continue des structures racinaires et aériennes. En ce qui concerne la longueur des pousses, nos résultats montrent une augmentation constante au fur et à mesure de la germination, ce qui est également observé par Abd el Rahman et *al.*, 1986. Leur étude a révélé une croissance régulière des racines et des pousses à partir du deuxième jour, une tendance qui se retrouve dans nos observations.

2. Analyse préliminaire des teneurs en calcium et en fer dans les graines de lentilles germées et non germées

Dans ce travail, nous nous intéressons à l'impact de la germination sur la teneur et la biodisponibilité des minéraux essentiels, en particulier le fer et le calcium. Les résultats préliminaires suggèrent que la germination augmente la quantité de fer mais diminue celle de calcium (Tableaux V et VI).

Résultats et discussion

Les analyses ont révélé que la farine de lentille non germée contient 80.13 mg / 100 g de calcium et 1.97mg/ 100g de fer (tableau IV), tandis que la farine des graines germées présente une teneur plus faible en calcium 32.1 mg / 100 g, mais plus élevée en fer 2.74 mg /100 g (tableau V)

Tableau IV : Teneurs en Fer et Calcium dans la farine des lentilles (non germés)

Paramètre	Unité	Résultat	Référence
Calcium	Mg/100g	80.13	Spectrophotométrie
Fer	Mg/100g	1.97	Spectrophotométrie

Tableau V : Teneurs en Fer et Calcium dans la farine des germes de lentilles (germées)

Paramètre	Unité	Résultat	Référence
Calcium	Mg/100g	32.01	Spectrophotométrie
Fer	Mg/100g	2.74	Spectrophotométrie

En outre, le second test effectué après 3 mois sur la farine des germes a révélé approximativement les mêmes valeurs, à savoir : 2.70 mg/100g de Fer et 31.9mg/100g de Ca ce qui implique une certaine stabilité si les deux méthodes testées demeurent les mêmes. La diminution du calcium après germination est en accord avec les résultats de (Dhull et *al.*, 2022), qui rapportent que certains minéraux peuvent être mobilisés ou dilués durant le processus de germination ce qui pourrait réduire la concentration de calcium, à l'inverse, l'augmentation de la teneur en fer pourrait être expliquée par une meilleure biodisponibilité liée à la dégradation de composé antinutritionnels.

D'autres travaux, comme ceux de Gnanwa et *al.*, 2021, ont également montré une augmentation de la teneur en fer dans les graines germées, ce qui conforte nos résultats.

Par contre, les résultats rapportés par Remond, 2017 qui ont trouvé respectivement 6,51 mg/g de fer et 35 mg/g de calcium dans la farine de lentille divergent remarquablement de nos résultats. Cette différence pourrait s'expliquer par des raisons multiples : Variété utilisée, conditions culturales et environnementales et/ou la méthode d'analyse.

2. Screening chimiques :

La comparaison du screening phytochimique de la farine des graines germées avec celle des graines non germées révèle des différences significatives dans leur composition phytochimique (Tab VI), ce qui pourrait influencer leurs propriétés nutritionnelles et thérapeutiques.

Tableau VI :

	Farine de graines non germées	Farine de graines germées
Saponosides	—	+
Amidon	—	—
Les tanins	+	+
Les tanins galliques	+	—
Les tanins catéchiques	+	+
Les glucosides	—	+
Les mucilages	+	+
Cardinolides	—	—
Terpènes et stérole	+	+
Les anthocyanes	—	—
Leuco-anthocyanes	—	—
Les alcaloïdes	—	—

- Composés présents exclusivement dans les graines germées :
- ❖ **Saponosides et glucosides** : sont détectés uniquement dans les graines germées. Ces composés sont connus pour leurs activités biologiques, notamment antioxydantes et anti-inflammatoires. Leur présence suggère que la germination pourrait activer des voies métaboliques favorisant la synthèse de ces molécules.
- ❖ **Amidon** : est absent dans les deux types de farine, ce qui indique une possible hydrolyse complète lors de la germination.
- Composés communs aux deux farines :

Résultats et discussion

- ❖ **Tanins et Tanins catéchiques et mucilages** : sont présents dans les deux échantillons. Les tanins, dotés de propriétés astringentes et antimicrobiennes, pourraient contribuer à la stabilité des farines. Les mucilages, quant à eux, sont bénéfiques pour leur rôle dans la santé digestive.
- ❖ **Terpènes et stérols** : également communs, sont associés à des effets hypocholestérolémiants et anti-inflammatoires.
- Composés spécifiques aux graines non germées :
- ❖ **Tanins galliques** : sont uniquement détectés dans les graines non germées. Leur absence dans les graines germées pourrait résulter d'une transformation métabolique durant la germination.
- Absence de certains composés :
- ❖ **Cardinolides, alcaloïdes, anthocyanes et leuco-anthocyanes** : sont absents dans les deux farines. Cela écarte la présence de certaines toxines (comme les alcaloïdes) et suggère que ces graines ne sont pas une source significative de pigments anthocyaniques.

La présence de Saponosides uniquement dans les graines germées suggère que la germination active leur biosynthèse. Ils sont connus pour leurs propriétés antioxydantes et immunomodulatrices, Une étude sur la germination des graines de fenugrec a montré une augmentation des Saponosides due à l'activation enzymatique (Gupta et *al.*, 2013). Selon Duenas et *al.*, 2009, Une étude sur les légumineuses a confirmé que la germination réduit les tanins galliques mais préserve les tanins catéchiques, des résultats qui se retrouve dans nos analyses.

La germination favorise la libération de glucosides via l'hydrolyse enzymatique des précurseurs inactifs. Nos résultats à été confirmé par l'étude de Randhir et *al.*, 2004, qui montre que la germination des graines de soja augmente les glucosides bioactifs comme les isoflavones.

Mucilages est présents dans les deux farines, indiquant leur stabilité durant la germination. Terpènes/Stérols composés lipophiles stables, souvent associés à des effets anti-inflammatoires.

Résultats et discussion

Les mucilages et terpènes sont fréquemment rapportés comme résistants aux modifications biochimiques (Garcia-Lara et *al.*, 2013).

Concernant les Alcaloïdes, leur absence est rassurante pour la consommation, car certains alcaloïdes sont toxiques. Selon Atudorei et *al.*, 2020, La quantité d'amidon a été diminuée après la germination à cause de la libération des enzymes de l'enveloppe externe de la graine et de l'endosperme, ce qui prouve l'absence de l'amidon dans notre analyse.

4. Activité antimitotique

L'activité antimitotique fait référence à la capacité d'une substance à Inhiber la division cellulaire. Cette propriété est d'un grand intérêt dans la recherche sur le cancer. Ces résultats préliminaires ouvrent des perspectives prometteuses pour des recherches futures sur les applications médicales des lentilles germées (Tableau VII).

Tableau VII : Résultats des moyennes de l'indice de mitose enregistré dans les différentes concentrations au différents traitements (Germe, Lentilles et Colchicine)

	Les Graines	C1 Germe	C2 Germe	C3 Germe	C1 Lentilles	C2 Lentilles	C3 Lentilles	C1 Colchicine	C2 Colchicine	C3 Colchicine
IM	Cresson	0.44 (±0.19)	–	0.48 (±0.18)	0.66 (±0.19)	0.20 (±0.13)	0.45 (±0.27)	0.21 (±0.01)	0.62 (±0.02)	0.39 (±0.04)
	Lin	0.40 (±0.81)	0.69 (±0.86)	1.20 (±3.08)	0.96 (±1.27)	0.77 (±0.81)	1.70 (±1.24)	0.29 (±0.03)	0.37 (±0.08)	0.48 (±0.03)
	Pois Chiche	0.57 (±0.71)	0.33 (±0.20)	0.85 (±0.60)	0.77 (±0.68)	0.42 (±0.40)	0.69 (±0.71)	0.36 (±0.1)	0.4 (±0.06)	0.69 (±0.01)

C = Concentrations

IM = indice de mitose

Remarque : Les graines de cresson a été contaminé (Indice de mitose non calculé).

Les résultats obtenus (Tableau VIII) révèlent des variations de l'indice mitotique (IM) en fonction du type de graines, de la concentration testée, ainsi que de la nature des extraits utilisés (germes, lentilles, colchicine). L'indice mitotique étant un indicateur direct de l'activité de division cellulaire, ces variations traduisent l'effet antimitotique des différents traitements appliqués.

Résultats et discussion

La farine de germes de lentilles a permis d'observer un effet antimitotique modéré chez le cresson, avec un IM variant de 0,44 avec la plus faible concentration C1 et 0,48 à la plus forte concentration C3. En revanche, chez le lin, l'IM augmente fortement avec la concentration, atteignant 1,20 à C3, ce qui suggère une faible activité antimitotique, voire un effet stimulant sur la mitose à forte dose. Sur le pois chiche, une légère baisse de l'IM à C2 (0,33) indique un effet antimitotique notable, suivi d'une remontée à 0,85 à C3, illustrant un retour progressif de l'activité mitotique. Ces observations confirment les résultats d'Abotchi (2010), qui avait montré que certains extraits végétaux peuvent avoir un effet biphasique : inhibiteur à faible dose et stimulant à dose élevée.

Les résultats ont montré que certains extraits végétaux, notamment ceux de lentilles, présentent une activité antimitotique significative, avec des indices mitotiques parfois proches de ceux obtenus avec la colchicine, utilisée ici comme référence inhibitrice. La colchicine a fortement réduit l'activité mitotique, en particulier chez le cresson ($0,21 \pm 0,01$). Certains extraits ont montré des effets similaires ou intermédiaires selon la concentration et la graine testée. Ces observations annoncent, comme le rapportent Mbayo et *al.*, (2016), que certaines plantes contiennent des composés bioactifs ayant un effet antimitotique comparable à celui de la colchicine. Ces résultats méritent d'être explorés au niveau cellulaire pour écarter toute inhibition relative à l'état de la graine (dormance), son pouvoir germinatif et sa variété.

En guise d'essai d'interprétation de nos données relativement à la nature des graines traitées, une analyse statistique multivariable a été réalisée à l'aide du logiciel PAST en terme d'analyse des composantes principales (ACP) en vue d'étudier les corrélations qui existent entre les différents paramètres (Concentrations, type de traitement, et nature de graines traitées). Cette analyse nous a permis de grouper ces derniers aux axes x : 60.09 et y : 31.90% (Fig. 04) comme suit :

- Un groupe incluant les traitements ayant présenté l'effet antimitotique le plus intéressant et sur le pois-chiche, constitué de : la farine des germes à la plus forte concentration C1 ainsi que la colchicine à faible et forte concentrations C3 et C1.
- Un deuxième groupe constitué de tous les traitements à base de lentilles et de la moyenne concentration des germes (C2) au profit de l'inhibition de la mitose chez le lin.

Résultats et discussion

- Un dernier groupe représenté par le traitement de la colchicine à moyenne concentration favorisant l'inhibition de la croissance mitotique des graines de cresson.

En effet, ces variations suggèrent d'autres raisons pouvant interférer avec l'action des différentes concentrations appliquées sur les différentes graines tels que leur état, leur nature hormis les conditions expérimentales. Ce test nécessite d'être reconduit au niveau cellulaire afin de pouvoir le vérifier.

PCA scatter diagram

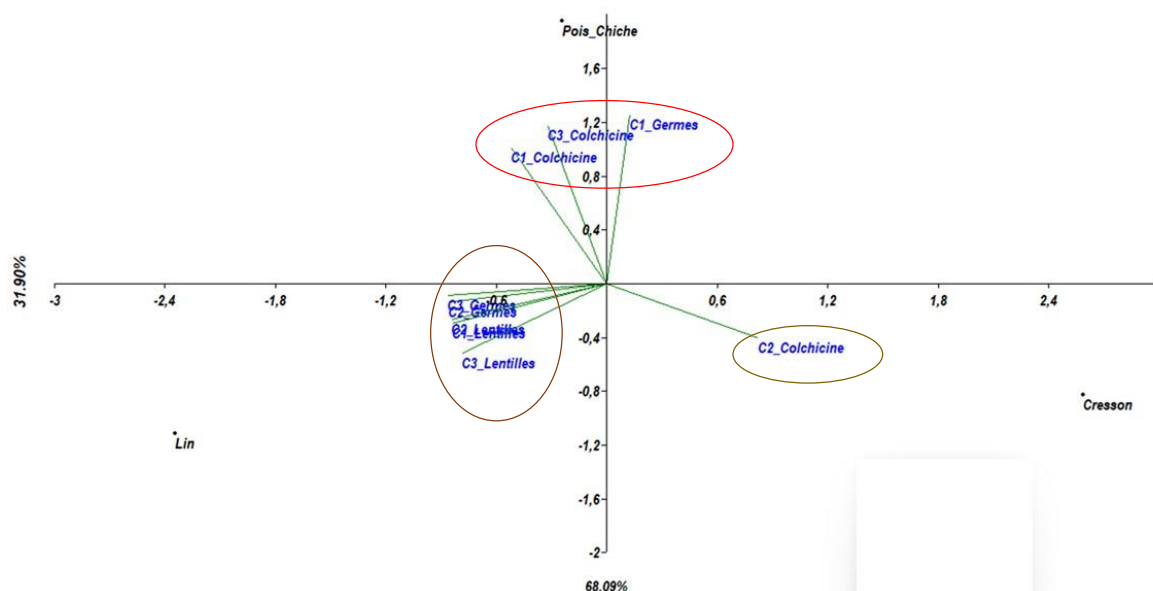


Figure 05 : Corrélation entre les indices de mitose enregistrés par les différents traitements (ACP_PAST)

5. Activité antioxydante

Résultats et discussion

Les résultats de l'activité antioxydante de la farine des germes de lentilles (Figure 06) ainsi que celle l'acide ascorbique (Figure 07) ont permis de déduire graphiquement les IC50 de ces deux produits. Ces derniers sont indiqués dans le tableau IX.

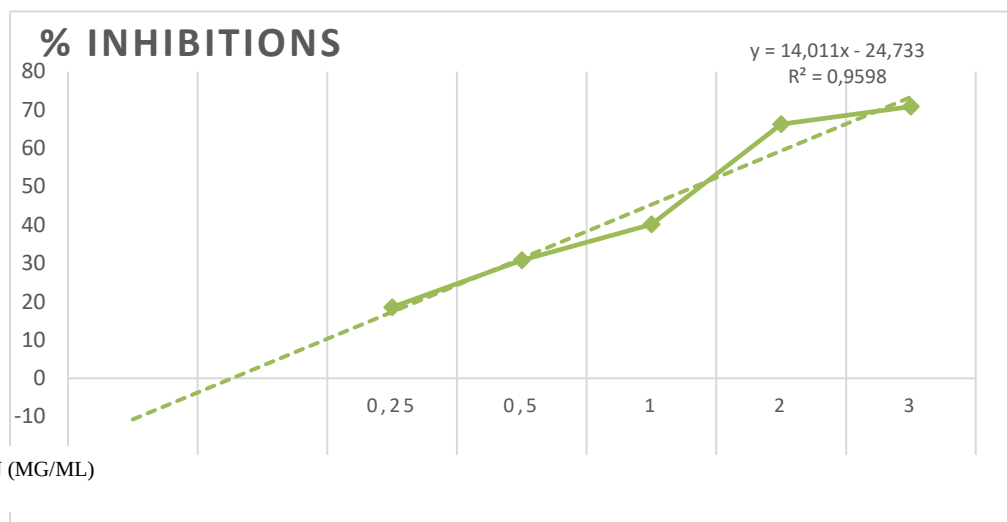


Figure 06: Pouvoir inhibiteur de DPPH en pourcentage de la farine des germes de lentilles.

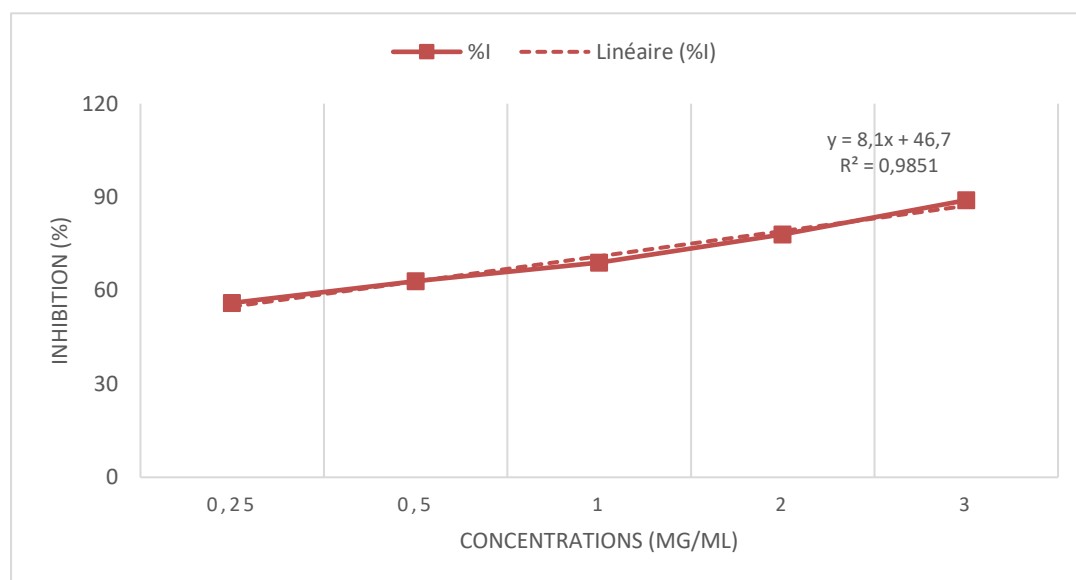


Figure 07 : Pouvoir inhibiteur de DPPH en pourcentage de l'acide ascorbique (Vitamine C).

Tableau VIII : Valeurs IC 50 des différents extraits testés

Résultats et discussion

Extraits	IC50 (mg/ml)
Farines de germes de lentilles	1.8
Acide ascorbique (Vitamine C)	0.407

La farine de germes de lentilles à une IC50 de 1,8 mg/ml pour l'inhibition du radical DPPH. L'acide ascorbique (vitamine C), utilisé comme référence, présente une IC50 bien plus faible (0,407 mg/ml), confirmant son pouvoir antioxydant supérieur.

Une étude de Gan et *al.*, (2016) a montré que la germination augmente significativement les composés phénoliques et l'activité antioxydante des lentilles, avec une IC50 variant entre 1,5 et 2,5 mg/ml selon les variétés, ce qui convantre avec nos résultats (1,8 mg/ml).

L'analyse de l'activité antioxydante des graines de lentilles germées a montré des résultats remarquablement élevés. Cette observation est en accord avec Yildirim et *al.*, 2023 qui ont constaté une augmentation de l'activité antioxydante dans les graines germées. Ils ont affirmé que la germination stimule la production d'enzymes antioxydantes comme la superoxyde dismutase et la catalase, qui jouent un rôle essentiel dans la neutralisation des radicaux libres.

6. Analyse microbiologique de la farine de lentilles germées

Pour garantir une farine de lentilles germées sure et de qualité, nous avons réalisé une analyse microbiologique indispensable. Celle-ci permet de vérifier l'absence de microbes pathogènes ou indésirables, qui pourraient nuire à la sécurité du produit ou réduire sa durée de vie. Nous avons recherché des bactéries témoins de l'hygiène, des levures, des moisissures et certains pathogènes spécifiques. Ces résultats sont essentiels pour commercialiser cette farine.

6.1 Caractérisation microbiologique

Les résultats de l'analyse microbiologique de farine de lentille sont récapitulés dans le tableau suivant (Tableau IX) :

Tableau IX: Résultats microbiologiques d'échantillon analysé

Échantillon Test Microbiologique	Farine des grains de lentilles germées	Charge Microbienne
Anaérobies Sulfito-Réducteurs (ASR)	Absence (-)	/
<i>Escherichia coli</i>	Présence non conforme (+)	/
Levures et Moisissures	Présence non conforme (+)	Saturé
<i>Staphylocoques</i>	Présence non conforme (+)	4.10 ² UFC/g

6.2. Anaérobies Sulfito-Réducteurs (ASR)

Après enrichissement et ensemencement sur milieu gélose viande fois (VF), on a enregistré une absence totale. L'absence des colonies de couleur noir (Figure 08).

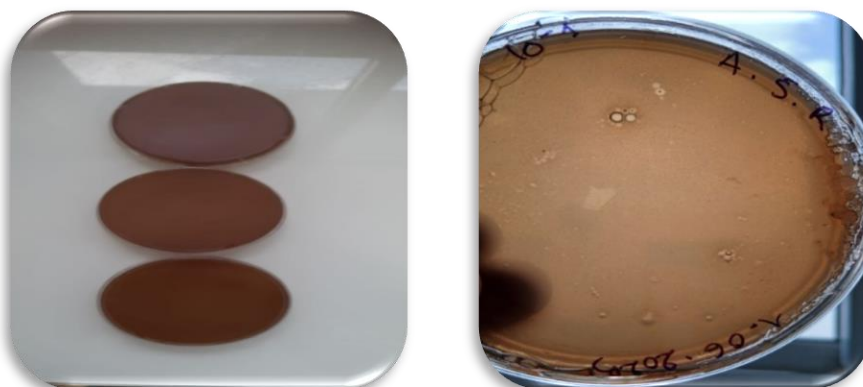


Figure 08: Absence totale des ASR (Originale,2025).

Résultats et discussion

L'absence des ASR est un indicateur positif. En effet, leur présence signale une contamination fécale ou une mauvaise hygiène de transformation. Des études comme celle de Benammar et *al.*, (2020) sur la farine de pois chiches germés ont montré également une absence d'ASR, ce qui est en cohérence avec nos résultats. Cela suggère que les conditions anaérobies favorables à ces bactéries n'étaient pas présentes, probablement grâce à un séchage et une conservation adéquate.

1.3. *Escherichia coli*

Le résultat de la recherche d'*Escherichia coli* a été enregistré comme présence car il a été trouvé dans l'échantillon analysé. Selon BfR (2020), La détection d'*Escherichia coli* dans les produits alimentaires est un indicateur fort d'une contamination qui veut dire un manque d'hygiène ou de la conservation de l'aliment.

Les analyses microbiologiques portant sur *Escherichia coli* n'ont pas pu être finalisées en raison de manque des produits. Mais des spécialistes ils nous ont dit que ça serait positif.

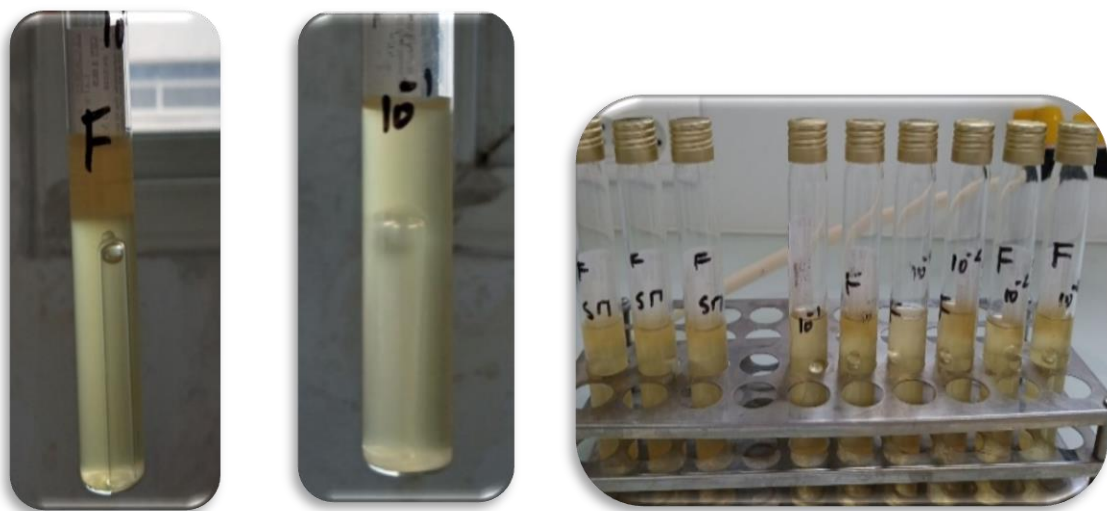


Figure 09 : Présence d'*Escherichia coli* (Originale,2025).

La présence non conforme d'*E. coli* est préoccupante, car elle témoigne d'une contamination fécale directe ou indirecte. Selon la norme ISO 16649-2, *E. coli* ne doit pas être détecté dans les produits céréaliers transformés. Une étude de Bouaziz et *al.*, (2016) sur les légumineuses germées vendues sur les marchés d'Alger a montré une contamination fréquente par *E. coli*, liée principalement à l'eau de trempage et à un environnement de germination non stérile. Cette concordance indique que le processus de germination et de transformation nécessite un meilleur contrôle sanitaire.

6.4. Levures et Moisissures

Les résultats de la recherche et dénombrement des moisissures et levures montrent leur présence chez L'échantillon. Les levures sont présentées par des moyennes assez importantes.

Elles peuvent induire une altération, ce qui peut entraîner d'importants problèmes de qualité, et certaines levures peuvent provoquer des infections chez l'homme et l'animal, ce qui représente un risque pour la sécurité alimentaire

D'après Kernbach et *al.*, (2022) les levures sont considérées par l'industrie alimentaire comme des organismes bénéfiques, elles sont également utilisées comme biocapteurs en raison de divers avantages, tels que la possession de récepteurs spécifiques, la stabilité et une grande robustesse.

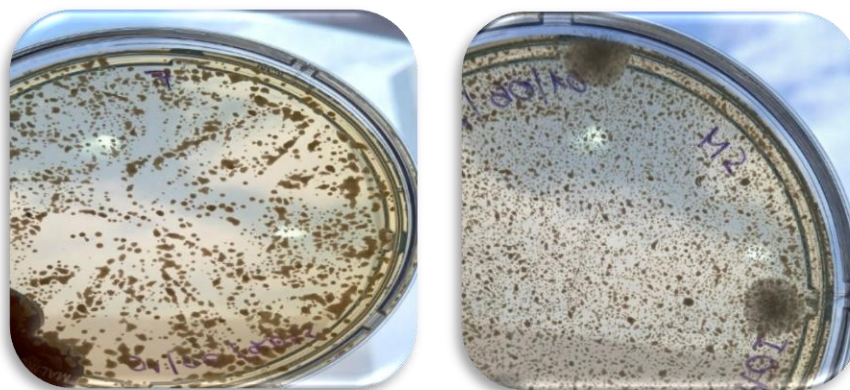


Figure 10 : Présence des moisissures sous forme des colonies floconneuses, et des levures en petites colonies lisses (Originale,2025).

Après deux jours, une charge élevée en levures et moisissures a été observée, indiquée ici par un résultat saturé, révèle une dégradation avancée ou des conditions d'humidité et de stockage

inappropriées. Gougouli et *al.*, (2011) ont démontré que les farines issues de légumineuses sont très sensibles à la contamination fongique, surtout si le taux d'humidité est supérieur à 12 %.

La croissance de ces microorganismes peut non seulement altérer les propriétés organoleptiques du produit mais aussi poser un risque de mycotoxines, notamment les aflatoxines. Ces résultats appellent donc à une amélioration du processus de séchage et de conditionnement.

6.5. *Staphylocoques*

La présence de *Staphylocoques* est un indice d'une post contamination due aux manipulateurs et possible les instruments utilisés.

Après l'ensemencement sur milieu Chapman, le deuxième jour nous avons notés la présence des colonies de couleur noire d'une charge de 4.10^2 UFC/g. (Figure 11).

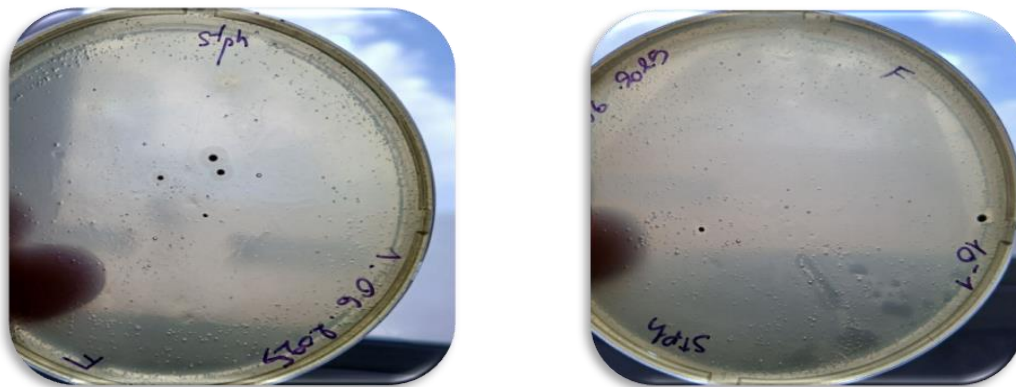


Figure 11 : Présence des *Staphylococcus* (Originale, 2025).

La présence de *staphylocoques* à une concentration de 4.10^2 UFC/g indique une contamination probablement d'origine humaine (manipulation sans respect des règles d'hygiène). Les travaux de Cherif et *al.*, (2018) sur les produits céréaliers artisanaux en Algérie ont rapporté des niveaux similaires, liés au manque de formation du personnel et à l'absence de bonnes pratiques de fabrication. La norme algérienne recommande une absence ou une charge inférieure à 10^2 UFC/g pour les *staphylocoques* dans les produits prêts à consommer.

Conclusion

Notre étude a démontré que la germination des lentilles améliore significativement leur valeur nutritionnelle, notamment avec une augmentation de la teneur en fer et l'apparition de nouveaux métabolites secondaires comme les saponosides et glucosides.

Les résultats en termes des deux minéraux dosés permettent de constater que la teneur en Fer est augmentée de 1.97 mg à 2.74 mg par le processus de germination tandis que celle du Calcium est diminuée de 80.13 à 32.1mg.

En ce qui concerne l'impact de la germination sur les différentes familles chimiques des métabolites secondaires présents dans les lentilles, nous remarquons que les graines germées on y trouve des saponosides et glucosides qui sont initialement absents chez les graines non germées. Leur présence indique que la germination stimule la plante pour qu'elle les produise.

Les tanins (dont les catéchiques) et les mucilages, sont présents dans les deux farines (germées et non germées) ce qui aide à la conservation de la farine et à améliorer la digestion chez les consommateurs (par les mucilages). Concernant les tanins galliques, ils ne sont présents que dans les lentilles avant germination. Ces différences indiquent encore une fois l'impact de la germination sur la biochimie des pousses.

En outre, l'évaluation de l'activité antioxydante montrent que la farine de germes de lentilles possède une capacité antioxydante notable, avec une valeur IC50 de 1,8 mg/ml. Toutefois, cette activité reste inférieure à celle de l'acide ascorbique (vitamine C), utilisé comme standard de référence, dont l'IC50 est de 0,407 mg/ml. Néanmoins, la capacité de piégeage des radicaux libres des germes de lentilles reste intéressante et témoigne de la présence de composés bioactifs aux propriétés antioxydantes, renforcées probablement par le processus de germination comparativement à celles attribuées dans la bibliographie aux lentilles avant germination. Ces résultats de l'activité antimittotique testée sur les graines de pois-chiche, lin et cresson montrent que la farine des lentilles possède un potentiel antimittotique légèrement amélioré par la germination pour qui les indices de mitose varient entre [0.3 à 1.02] soit des valeurs proches des indices de mitose de la colchicine [0.2-0.7]. Cet aspect mérite d'être poursuivi par d'autres tests à réaliser au niveau cellulaire pour écarter tout effet relatif à l'état des graines testées, à leurs variétés et/ou au pouvoir germinatif dont elles disposent.

Résultats et discussion

En fin, les résultats des analyses microbiologiques ont révélés que l'ASR étaient négative, par contre, *L'Escherichia coli*, les moisissures, les levures et les *staphylocoques* (4.10^2 UFC/g) sont présentes et à des charges non conformes à la réglementation en vigueur. Ces résultats ne sont donc pas satisfaisants, ce qui suggère que notre farine pourrait être contaminée et doit donc être correctement stérilisée avant la consommation. L'investigation sur la source du danger microbiologique ainsi identifiée permettra de réfléchir à une solution avant de proposer cette farine autant qu'aliment fonctionnel.

Les différents résultats obtenus sont encourageants et prometteurs pour d'autres recherches ciblant une exploitation industrielle. Ainsi, la production de farine à base des graines de lentilles germées au bénéfice de diverses catégories de consommateurs est devenue réalisable.

A la lumière de ces résultats, notre étude mérite d'être poursuivie et approfondie à travers :

- L'évaluation approfondie de la qualité nutritionnelle obtenus (Teneur en Fer et autres éléments rentrant dans leur composition).
- L'évaluation d'autres traitements (Analyse technologique, Panification, etc....) pour leur effet sur les graines de lentilles et sur d'autres types de légumineuses.
- L'évaluation de l'aptitude techno-industrielles d'autres types de légumes secs cultivés en Algérie pour une production variée.

Références bibliographies

Les références bibliographie

- ALMI H, 2016: Étude des myco-pathogènes de *Lens culinaris* et évaluation de l'effet de deux souches de *Trichoderma barzianum*: cas de la fusariose et de la cylindrosporiose. Thèse de doctorat. Université des Frères Mentouri. 136 p.
- AMRI M., NIANE A.A., AGRAWAL S.K., KEMAL S.A., HAMWIEH A., AMRI A., 2019 : Principales activités des programmes d'amélioration génétique de la lentille et du pois chiche Kabuli à ICARDA Innovations Agronomiques volume N° 74 [15-24].
- Abd El Rahman N ., Bourdu R . Effet de la taille et de la forme des grains sur quelques caractéristiques du développement du maïs au stade jeune. *Agronomie*, 1986, 6(2), pp. 181-186.
- AIT-ABDELOUAHAB N., 2001 : Microbiologie Alimentaire, Office des publications universitaires, place centrale de Ben Aknoun (Alger), Université de Constantine. P 10-15.
- ALI-KHAN S. T., 1977 : Rendement en graines, poids des graines, pourcentage de protéines et rendement en protéines des pois fourragers selon les dates de semis, *Canadian Journal of Plant Science*, Volume N°57, p. 17–20.
- Anastasia E. Giannakoula, Ilias F. Ilias, Jelena J. Dragišić Maksimović, Vuk M. Maksimović, Branka D. Živanović, November 2012, the effects of plant growth regulators on growth, yield, and phenolic profile of lentil plants, volume 28 issue 1 pages N° 46-53.
- BOURAS F.Z., 2018 : Isolement et caractérisation des microorganismes stimulateurs de la croissance de lentille (*Lens culinaris*). Thèse de doctorat. Université Djilali Liabès Sidi Bel Abbès. 129 p.
- BOUTAGHANE N., 2013 : Étude phytochimique et pharmacologique de plantes médicinales algériennes *Genista ulicina* Spach (Fabaceae) et *Chrysanthemum macrocarpum* (Sch. Bip.) Coss. & Kralik ex Batt (Asteraceae). Thèse de Docteur en Sciences : Pharmacochimie. Constantine : Université Constantine 1. p. 271.
- BOUZID S, 2017 : Etude de l'effet de l'interaction du molybdène avec l'azote chez les fabacees cultivées en milieu salin. Thèse de doctorat en Ecophysiologie et Biotechnologie Végétale. 240 p.
- Baumgartner, M., et Emonet, E. (2007, 8 janvier). Les graines germées. *Power*, 45(3.5), 1.

- BENAMMAR L., DJABRI B., BELLAHSENE C. et BOUHADIBA M., 2020 : Qualité microbiologique de la farine de pois chiches germés produite à l'échelle artisanale, Revue des Bioressources, Volume 10, n°2, p. 122-130.
- BEUCHAT L. R., KOMITOPOULOU E., BECKERS H., BETTS R. P., BOURDICHON F., FANNING S., et TER KUILE B. H., 2013: Low-water activity foods: increased concern as vehicles of foodborne pathogens, Journal of Food Protection, Volume N°76, p. 150-172.
- BfR (Bundesinstitut für Risikobewertung), 2020: Escherichia coli in flour – sources, risks and prevention, Scientific Opinion, Volume N°2020, p. 1-28.
- BHATTY R. S., 1988 : Composition and quality of lentil (*Lens culinaris Medik*): a review. Canadian Institute of Food Science and Technology Journal, Volume N°21, Numéro 2, p. 144-160.
- BOUAZIZ M., KHELLAF N., CHABANE S. et BENYOUNES A., 2016 : Étude de la qualité hygiénique des graines germées vendues dans les marchés d'Alger, Revue des Sciences et Technologies, Volume 5, p. 85-92.
- BROSSARD H., Leyral G. et Tery O., 2001 : Activités technologiques en microbiologie, bactériologie systématique. Tome 2. CNDP, France, P 157.
- CANDIDO E. S., PINTO M. F., PELEGRINI P.B., LIMA T. B., SILVA O. N., POGUE R., GROSSI-DE-SA M. F. et Franco O. L., 2011 : Protéines de réserve végétales à activité antimicrobienne : nouvelles perspectives sur les mécanismes de défense des plantes. FASEB Journal, Volume N°25, p. 3290–3305.
- Carla S.Santos, Beatriz Silva, Luísa M.P.Valente, Sabine Gruber, et Marta W.Vasconcelos, 2020, The Effect of Sprouting in Lentil (*Lens culinaris*) Nutritional and Microbiological Profile, Foods 2020, 9(4), 400.
- CHAUDHRY A. et TREMORIN D., 2020: Nutritional and Environmental Sustainability of Lentil Reformulated Beef Burger, Sustainability, Volume N° 12, p 6712.
- CHERIF A., BENDJEBBOUR Z., DERRADJI H. et SAHLI A., 2018 : Évaluation microbiologique des produits céréaliers traditionnels commercialisés dans l'Est algérien, Algerian Journal of Arid Environment, Volume 8, n°2, p. 42-50.

- DHULL L B, KINABO J., UEBERSAX M.A., 2022 : Nutrient profile and effect of processing methods on the composition and functional properties of lentils (*Lens culinaris Medik*): A review. *legume Science*, Wiley volume N°156 [1-14].
- DELIAN E., CHIRA A., BĂDULESCU L., et CHIRA L., 2015: Insights into microgreens physiology, *Scientific Papers. Series B. Horticulture*, Volume 59, p. 447-454.
- Dhull, S. B., Kinabo, J., & Uebersax, M.A. (2023): Nutrient profile and effect of processing methods on the composition and functional properties of lentils (*Lens culinaris Medik*): A review. *Legume Science*, 5(1), e156.
- DUENAS, M., HERNÁNDEZ, T., ESTRELLA, I., & FERNÁNDEZ, D. (2009), Changes in the content of bioactive compounds during germination of legumes. *Food Chemistry*, 113(4), pages N° 980–988.
- ELLIOTT H., WOODS P., GREEN B.D., NUGENT A.P..., 2022 : Can sprouting reduce phytate and improve the nutritional composition and nutrient bioaccessibility in cereals and legumes? *Nutr Bull* volume N°47 [138-156].
- FAO. (2022). FAOSTAT Statistical Database. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.
- FARIS, M. A. E. et ATTLEE A., 2017: Chapter 3: Lentils (*Lens culinaris, L.*): A Novel Functional Food. In *Exploring the Nutrition and Health Benefits of Functional Foods*, édité par H. U. SHEKHAR, Z. H. HOWLADER et Y. KABIR, IGI GLOBAL, Hershey, PA, p.42-72.
- FARIS, M. E. A. I. E., TAKRURI H. R. et ISSA A. Y., 2013: Role of lentils (*Lens culinaris L.*) in human health and nutrition: a review. *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism*, Volume N° 6, Numéro 1, p. 3-16.
- FOUAD, A. A., Rehab, F. M. A.(2015). Effect of germination time on proximate analysis, bioactive compounds, and antioxidant activity of lentil (*Lens culinaris Medik.*) sprouts. *Acta Sic. Pol. Technol. Aliment.*, 14(3), 233–246.
- GAAD D, LAOUAR M, GABOUN F, ABDELGUERFI A, 2018: Collection and agromorphological characterization of Algerian accessions of lentil (*Lens culinaris*). *Biodiversitas* volume N°19: [183-193].
- Gan, R. Y., Lui, W. Y., Wu, K., & Chan, C. L. (2016). Bioactive compounds and antioxidant capacity of germinated lentil (*Lens culinaris*). *Food Chemistry*, 196, [342–349].

Les références bibliographie

- Garcia-Lara, S., Bergvinson, D. J., Burt, A. J., Ramputh, A. I., Díaz-Pontones, D. M., & Arnason, J. T. (2013). The role of terpene and phenolic compounds in maize resistance to pests and diseases. *Maydica*, 58, pages N°181–190.
- GOUGOULI M., KOUTSOUMANIS K., NYCHAS G.-J., 2011: Growth and aflatoxin production of *Aspergillus flavus* in legume flours as affected by water activity and temperature, *International Journal of Food Microbiology*, Volume 148, n°2, p. 137–143.
- GRELA E.R., KICZOROWSKA B., SAMOLINSKA W., MATRAS J., KICKZOROWSKI P., RYBINSKI W. et HANCAKOWSKA E., 2017: Composition chimique des légumineuses : Partie I — Teneur en nutriments de base, acides aminés, composés phytochimiques et activité antioxydante. *European Food Research and Technology*, Volume N° 243, p. 1385–1395.
- Gnanwa, M. J., Fagbohoun, J. B., Ya, K. C., Blei, S. H., Beugré, G. A. M., & Kouamé, I. P. (2021). Effet de la germination sur les composés biochimiques, minéraux, activités enzymatiques et digestibilité des graines d'arachides (*Arachis hypogaea* L.) de Daloa (Côte d'Ivoire). *Journal of Applied Biosciences*, 167(1), 251–262.
- GUIRAUD J. P. et ROSEC J. P., 2004 : Pratique des normes en microbiologie alimentaire, AFNOR, Saint-Denis, France, p. 300
- Gupta, A., Sharma, N., & Gautam, A. K. (2013), Effect of germination on saponin content and antioxidant activity of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*) seeds. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 4(10), pages N° 3925–3930.
- HAMMADI H, 2022: Analyses morphologique, cytogénétique et moléculaire du *Lens culinaris Medik* (Ssp *Macroserma* et *Microserma*) : importance de cette espèce en agronomie. Thèse de Docteur en science : Bases Biologiques de la Production Végétal. Constantine : Université Constantine 1.
- Harborne J. B., 1998. *Phytochemical methods: A guide to modern techniques of plant analysis*, Chapman and Hall Thomson Science (U K), Third edition, p. 203-234.
- HOOVER, R.; ZHOU, Y. In vitro and in vivo hydrolysis of legume starches by α -amylase and resistant starch formation in legumes—A review. *Carbohydr. Polym.* 2003, 54, 401–417.
- ISO, 1990: Cereals, pulses and derived products Enumeration of bacteria, yeasts and molds, International Organization for Standardization, Suisse, 24.

Les références bibliographie

- ISO. (2008). Microbiologie des aliments — Méthode horizontale pour le dénombrement des levures et moisissures — Partie 2: Technique par comptage des colonies dans les produits à activité d'eau inférieure ou égale à 0,95 (ISO 21527-2:2008). Organisation internationale de normalisation, Genève, Suisse.
- KOUADRI M., 2023 : Essai de lutte biologique contre les principales maladies fongiques de la lentille (*Lens culinaris*) thèse de doctorat en sciences Protection des végétaux Université MUSTAPHA Stambouli Mascara, p.270.
- KUMAR J.A..., KUMAR S.B., SIDDIQUE K.H.M. (2024) Botanical descriptions of the lentil genome : genetics , genomics, and breeding .[15-42].
- KERNBACH S., KERNBACH O., KUKSIN I., KERNBACH A., NEPOMNYASHCHY Y., DOCHOW T. et BOBROV A. V., 2022 : Le biocapteur basé sur la dynamique électrochimique de la fermentation chez la levure *Saccharomyces cerevisiae*, Environmental Research, Volume N°213, p. 113535.
- KESKIN S. O. et SUMNU G., 2023. "Chapter 6: Functional Properties of Lentils and Their Ingredients in Natural or Processed Form." In *Lentils Production, Processing Technologies, Products, and Nutritional Profile*, edited by J. Ahmed, M. Siddiq, et al., Wiley, Hoboken, NJ, p. 115-142.
- Kumar, A., Jatav, A. L., Singh, P., Singh, M., Singh, R. K., & Kumar, P. (2019). Effect of seed priming on germination and seed quality parameters of lentil (*Lens culinaris Medik.*). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(5), 1070–1072.
- LASKAR R.A, S KHAN, DEB C.R...., TOMLEKOVA N, M. R WANI, RAINA A & A. RUHUL, 2019 : Lentil (*Lens culinaris Medik.*) Diversity, Cytogenetics, and Breeding. In book: *Advances in Plant Breeding Strategies: Legumes* .[319-369].
- LAOUARI Lamia et CHABI Kenza 25/06/2024 : Effet de l'auxine sur la germination et les mycoendophytes de germe de lentille (*Lens culinaris*) UNIVERSITÉ MOULOUD MAMMERIDE TIZI-OUZOU N°1.
- LILIAN D., KAALE, SIDDIQ M, HOOPER H. (2022). Lentil (*Lens culinaris Medik*) as a nutrient-rich and versatile food legume: A review. *Légume Science* volume N°169 [1-11].
- Lincoln T, Eduardo Z, Lan M, M, Angus M. 2014: *Plant Physiology and Development*, sixth edition. Library of Congress Cataloging-in-Publication Data *Plant physiology*. Revised edition of: *Plant physiology*. Fifth edition. c2010. N°520 -521.

Les références bibliographie

- LOMBARDI-BOCCIA G., RUGGERI S., AGUZZI A. et CAPPELLONI M., 2003 : Globulins enhance in vitro iron but not zinc dialysability: a study on six legume species, *Journal of trace elements in medicine and biology*, Volume N°17, p. 1-5.
- M.J.GNANWA,J.B.FAGBOHOUNA,,AK.C.YA,S.H.BLEI,G.A.M.BEUGRE,LP.KO UAME, 2021: Effet de la germination sur les composés biochimiques, minéraux, activités enzymatiques et digestibilité des graines d'arachides (*ARACHIS HYPOGAEA* L.) De Daloa (Côte d'Ivoire). *Agronomie africaine* Sp.33(2) :251-262(2021).
- Mbayo M.K., Kalonda E.M., Muya R.K., Tshisand P.T., Kanangila A.B., Maseho F.M., Kihuya E.N., Bakari S.A., Kahumba J.B., Lumbu J.B.S. 2016: Test d'activité antimittotique et étude chimique préliminaire de quelques Euphorbiaceae du Katanga méridional (RDC). Volume N°14, Numéro 4, p. 245–254.
- MIN M. J. et SHIN H. J., 2015 : Chemical Composition and Nutritional Characteristics of Lentils (*Lens culinaris*), and Their Application in the Food Industry: A Review, *Korean Journal of Food Science and Technology*, Volume 47, Numéro 3, p. 273-280.
- MINHAO L., MENGLU X, IMRAN A., T.S. P DE SOUZA ., BARROW C, DUNSHEA F & H. A. R SULERIA 2023 : Nutritional Value, Phytochemical Potential, and Biological Activities in Lentils (*Lens Culinaris Medik.*): A Review, *Food Reviews International*, p. 2-31.
- N'GORAN-AW E.B.Z.,2018: Microbiological quality of maize flours marketed in Abidjan city, *Rev. Mar. Agron. Vet.*, Volume N°6, p 476_482.
- OUZID, Y., SMAÏL-SAADOUN, N., & Houali, K. (2019). Antimitotic and antiproliferative activities of crude fungal extracts of endophytic foliar fungi of *Peganum harmala* L. from Dayate Aïat (Laghout, Algeria). *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 11(2), 587–604.
- Pinta, M., & Comité Inter-Instituts. (1968). Méthodes de référence pour la détermination des éléments minéraux dans les végétaux : calcium, magnésium, fer, manganèse, zinc et cuivre par absorption atomique. In *Contrôle de l'alimentation des plantes cultivées*. Colloque 2, Séville, Espagne.
- Pinta, M., et al. (1971). *Spectrométrie d'absorption atomique* (Vols. 1–2). Paris : Masson.

Les références bibliographie

- POLOWICK P. L., YAN W, 2023 : A protocol for *Agrobacterium*-mediated genetic transformation of *Lens culinaris Medik* (lentil). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)* volume N° 152. [605–618]
- Prashanth C.B., K.M. Geetha B. Wilson, Shanaz Banu, 2024: Traditional uses, bioactive composition and pharmacological activities of *Lens culinaris* Botany Volume, [542-561].
- QUINTEROS A., FARRE R. et LAGARDA M. J., 2001 : Optimization of iron speciation (soluble, ferrous and ferric) in beans, chickpeas and lentils. *Food Chemistry*, Volume N°75, Numéro 3, p. 365-370.
- Randhir, R., Lin, Y. T., & Shetty, K. (2004), Stimulation of phenolics, antioxidant and antimicrobial activity in dark germinated mung bean sprouts in response to peptide and phytochemical elicitors, *Process Biochemistry*, 39(5), pages N° 637–646.
- RATHOD R. P. et ANNAPURE U. S., 2016 : Effect of extrusion process on antinutritional factors and protein and starch digestibility of lentil splits, *LWT-Food Science and Technology*, Volume N° 66, p. 114-123.
- REIF T.M, ZIKELI S, RIEPS A-M..., LANG C.P., HARTUNG J, GRUBER S, 2020: Reviving a Neglected Crop: A Case Study on Lentil (*Lens culinaris Medikus subsp. culinaris*) Cultivation in Germany. *Sustainability* volume N°13, 133p.
- REMOND D. Les graines de légumineuses : un trésor nutritionnel. 4. Journée de conférences et d'échanges JCE2017, Société Nationale d'Horticulture de France (SNHF). FRA., Mar 2017, Clermont-Ferrand, France.
- RIAH N, 2015 : Diversité Et Structure Génétique Des Populations de *Rhizobium Leguminosarum Symbiovar Viciae* Isolées Du Pois (*pisum Sativum*). Et De La Lentille (*Lens Culinaris*) Cultivés Dans Deux Zones Éco-climatiques Subhumide Et Semi-aride De L'est Algérien. Thèse de doctorat en sciences, biochimie et microbiologie appliquées. Université Constantine 1.149 p.
- RIESUTE R., SALOMSKIENE J., MORENO D. S., GUSTIENE S., 2021 : Effet des levures sur la qualité et la sécurité des aliments et possibilités de leur inhibition, *Trends in Food Science & Technologie*, Volume N°108, p. 1–10
- RIZZELO C. B., VERNI M. BORDIGNON S., GRAMAGLIA V. et GOBBETTI M., 2017 : Hydrolysats de farines de légumineuses à activité antifongique comme

Les références bibliographie

ingrédient pour prolonger la durée de conservation du pain de blé, Food Microbiology, Volume N°64, p. 72–82.

- Ryszard Amarowicz et le professeur Ronald Pegg revue scientifique publiée dans le Current Pharmaceutical Design de l'Université de Géorgie (États-Unis), Lentils (*Lens culinaris* Medik) as a Source of Phenolic Compounds - their Content, Changes during Processing, Antioxidant and Biological Activities Volume 29, Issue 11, 2023 pages N° 852 – 864 de titer Lentil sprouts richer in natural antioxidants than seeds alone on Institut of animal reproduction and food research Polish Academy of science 1.07.2023.
- SALARIA S., THAVARAJAH P., KUMAR.S., BOATWRIGHT J.L., THAVARAJAH.D, 2022: Protein Biofortification in Lentils (*Lens culinaris* Medik.) Toward Human Health, Volume N°13, p. 1-14.
- SALES M. P., GERHARDT I. S., GROSSI-DE-SA F. et XAVIER-FILHO J., 2000 : Les protéines de réserve des légumineuses jouent-elles un rôle dans la défense des graines contre les bruches ?, Plant Physiology, Volume N°124, p. 512–522.
- Santos, C. S., Silva, B., Valente, L. M. P., Gruber, S., & Vasconcelos, M. W. (2020). The effect of sprouting in lentil (*Lens culinaris*): Nutritional and microbiological profile. Foods, 9(4), 400.
- SHEWRY P. R. 1995 : Protéines de stockage des graines : structures et biosynthèse. Plant Cell Online, Volume N°7, p. 945–956.
- Solfo R.R., 1973. Etude d'une Plante Médicinale Malgache *Buxus madagascariensis* Bail et ses variétés. Edition: O.R.S.T.O.M.
- SUMMERFIELD R. J. et MUEHLBAUER F. J., 1982: Mineral nutrient composition of lentil seeds, Communications in Soil Science and Plant Analysis, Volume N°13, Numéro 4, p. 317-333.
- TAHIR F, 2021 : Effet du déficit hydrique sur la productivité et la composition chimique de la lentille (*Lens Culinaris* Medik ssp *Culinaris*) en zone semi-aride. Thèse de doctorat en sciences : Adaptation et productivité des plantes cultivées. Université Ibn Khaldun de Tiaret. p. 165.
- THAVARAJAH D., RUSZKOWSKI J., et VANDENBERG A., 2008 : High potential for selenium biofortification of lentils (*Lens culinaris* L.). Journal of Agricultural and Food Chemistry, Volume N°56, Numéro 22, p. 10747-10753.

Les références bibliographie

- WANG H. X. et NG T. B., 2007 : Un peptide antifongique issu de graines de lentilles rouges. *Peptides*, Volume N° 28, p. 547–552.
- YILDIRIM, G. H., & YILMAZ, N. (2023). Germination Physiology and Optimum Values in Cereals. *Mus Alparslan University Journal of Agriculture and Nature*, 3(2), 70-76.
- ZHANG B., DENG Z., RAMDATH D. D., TANG Y., CHEN P. X., LIU R. et TSAO R., 2015 : Phenolic profiles of 20 Canadian lentil cultivars and their contribution to antioxidant activity and inhibitory effects on α -glucosidase and pancreatic lipase, *Food Chemistry*, Volume N°172, p. 862-872.

Annex

Annexe a

Appareillage de laboratoire



Photo 01 : Incubateur réglable à 37° et 50° et à 40°



Photo 02 : Balance mono plateau $\pm 0.1g$



Photo 03: Plaque chauffante



Photo 04: Broyeurs

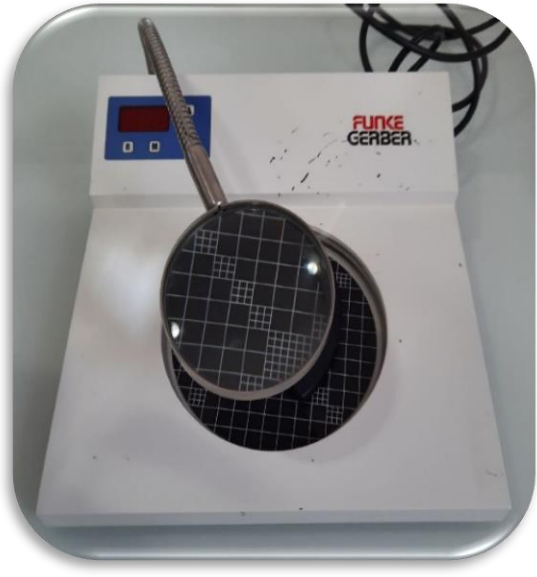


Photo 05: Compteur de colonies



Photo 06: Spectrophotometer



Photo 07 : Agitateur



Photo 08 : Balance de precision



Photo 09 : Bec Bunsen



Photo 10: Autoclave



Photo 11: Étuve réglable

Annexe b

Traitement de germination des graines de lentilles



Annexe c

Farines obtenues à partir des graines de lentilles germées et non germées analysées.



Photo 1 : Farine obtenu à partir de graines de lentilles germées

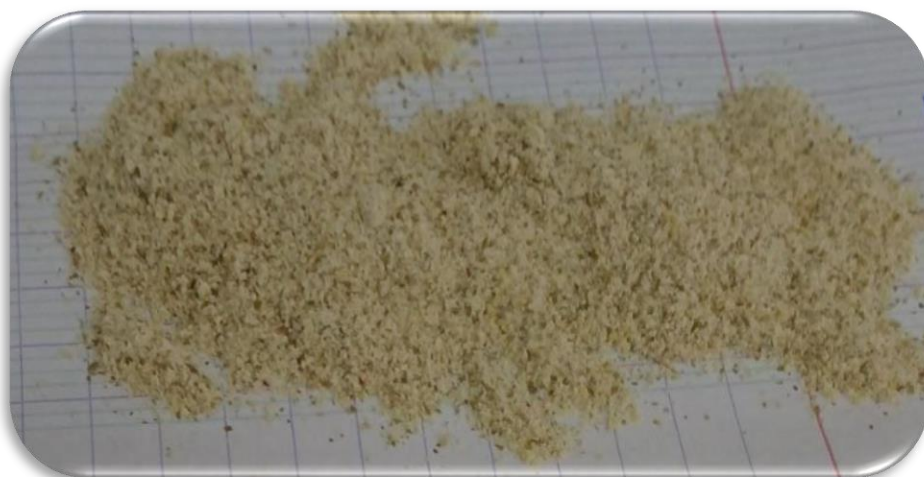


Photo 02 : Farine obtenu à partir de graines de lentilles non germées

Annexe d Résultats de screening chimique



Photo 01 : Résultats de screening chimique chez les graines de lentilles germées



Photo 02 : Résultats de screening chimique chez les graines de lentilles non germées

Annexe e

Tableau Cinétique de croissance (Poids et longueur des graines de lentilles germées)

JOUR	MP (g)	ML (cm)
J1	0.15557 (± 0.21)	0
J2	0.12961 (± 0.01)	0.32 (± 0.15)
J3	0.18183 (± 0.02)	1.73 (± 0.58)

- ML : La moyenne des longueurs
- MP : La moyenne de poids



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique



Université de Blida 1

Faculté de Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biotechnologies et Agro Ecologie

Mémoire

En vue de l'obtention du

Diplôme de master académique

En biotechnologie et valorisation des plantes

Thème

Contribution à la valorisation des graines des lentilles germées (*Lens culinaris*)

Présenté par :

- AISSA Anissa
- CHAMBI Youssra
- SAFTA Yasmine

Date de soutenance : 01/07/2025

Devant le jury composé de :

Mme. MOUMENE S.

Prof. Université Blida 01

Présidente

Mme. KOCHERANE R.

MCB Université Khemis-Miliana

Examinatrice

Mme. BACHIR K.

MCB Université Blida 01

Promotrice

Année universitaire : 2024-2025