

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Ibn Khaldoun –Tiaret–
Faculté Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master académique

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Génétique moléculaire et amélioration des plantes

Présenté par :

Dahlal houssem Eddine

Thème

**Etude du polymorphisme morphologique et
biochimique des grains de Moringa Oleifera**

Soutenu publiquement le

Jury:

Président: . Mme MOKHFI Fatima Zohra

Encadrante : Mme BOUZID Assia

Examineur : Mlle NEHILA Afaf

Grade

MCB

MCB

MCB

Année universitaire 2023-2024

Dédicace

*A, mes très chers parents ,
source de vie ,
d'amour et d'affection ,
qui mon donner une éducation digne de la personne que je suis aujourd'hui
à ma famille
et mes amis*

Dahlal houssem Eddine

Remerciements

*En premier lieu, nous remercions Allah le tout puissant pour nous avoir
donné la force, la patience, le courage, l'enthousiasme, l'énergie et la santé
pour réaliser ce modeste travail.*

Nous tenons à remercier particulièrement:

*Notre promotrice « Mme BOUZID ASSIA » pour son encadrement de qualité,
pour ses encouragements, son soutien, pour ses précieux conseils tout le long
de réalisation de notre mémoire.*

*Merci de nous avoir guidées avec patience
nous souhaitons exprimer notre gratitude envers les membres respectés du
jury*

*nous remercions Mme MOKHFI Fatima Zohra, présidente du jury pour présider la
soutenance*

*nous sommes reconnaissantes envers Mlle NEHILA Afaf, examinatrice, pour
avoir accepté d'évaluer notre travail.*

ملخص

تُظهر النتائج تنوعاً كبيراً في الخصائص الفيزيائية لحبوب المورينجا أوليفيرا اعتماداً على منشأها الجغرافي. من خلال تحليل البيانات المتعلقة بالحبوب من مناطق مختلفة (تندوف، بشار، تونس، مصر)، تظهر عدة ملاحظات مهمة. أولاً، يتفاوت طول الحبوب تفاوتاً كبيراً، حيث بلغت القيمة الدنيا 12.083 ملم في مصر والقيمة القصوى 18.113 ملم في تندوف. وبالمثل، يتراوح عرض الحبوب من 9.886 ملم في بشار إلى 11.976 ملم في تندوف، مما يوضح الاختلافات في شكل الحبوب حسب المنشأ الجغرافي.

وفيما يتعلق بالوزن، تأتي أخف الحبوب من تونس بوزن 0.224 جم، بينما تأتي أثقلها من تندوف بوزن 0.325 جم. وقد يعكس هذا التباين عوامل بيئية أو وراثية تؤثر على نمو النواة وكثافتها.

وفيما يتعلق بوزن النواة، فإن بشار هي الأعلى وزناً حيث يبلغ 0.247 جم، بينما يبلغ وزنها في تونس 0.158 جم. وتسلط هذه الاختلافات الضوء على الاختلافات في حجم النواة وكثافتها اعتماداً على ظروف الزراعة المحددة في كل منطقة.

ويمكن أن يكون لهذا التنوع آثار مهمة على اختيار الموارد الوراثية لهذا النوع الثمين والحفاظ عليها.

الكلمات المفتاحية: المورينجا أوليفيرا، الصفات الكمية، الصفات النوعية، الحبوب، المورفولوجيا.

Résumé

Les résultats montrent une diversité significative dans les caractéristiques physiques des grains de *moringa oleifera* en fonction de leur origine géographique. En analysant les données des grains provenant de différentes régions (Tindouf, Bechar, Tunisie, Egypte), plusieurs observations significatives émergent. D'abord, la longueur des grains varie considérablement, avec une valeur minimale de 12,083 mm enregistrée en Egypte et une valeur maximale de 18,113 mm observée à Tindouf. De même, la largeur des grains montre une diversité, allant de 9,886 mm à Bechar à 11,976 mm à Tindouf, illustrant des différences dans la morphologie des grains selon leur origine géographique.

En ce qui concerne le poids, les grains les plus légers sont ceux de Tunisie, pesant 0,224 g, tandis que les plus lourds proviennent de Tindouf, atteignant 0,325 g. Cette variation peut refléter des facteurs environnementaux ou génétiques influençant le développement et la densité des grains.

Quant au poids des noyaux, Bechar présente le poids maximal de 0,247 g, tandis que Tunisie enregistre le poids minimal de 0,158 g. Ces différences mettent en lumière des variations dans la taille et la densité des noyaux selon les conditions de croissance spécifiques à chaque région.

Cette diversité pourrait avoir des implications importantes pour la sélection et la conservation des ressources génétiques de cette espèce précieuse.

Mots clés : *Moringa Oleifera*, caractères quantitatifs, caractères qualitatives, grain, morphologie.

Liste des figures

Figure 01: Les feuilles de <i>MoringaOleifera</i> (CHIEFMORINGA,2018).....	07
Figure 02 : Les fleurs de <i>MoringaOleifera</i> (NORVI,2018).....	07
Figure 03 : Les fleurs de <i>MoringaOleifera</i> (NORVI,2018).....	07
Figure 04 : Les fruits de <i>MoringaOleifera</i> (TAWEMA,2021).....	08
Figure 05 : Les graines de <i>Moringa Oleifera</i> L. 1 : Tindouf , 2 : Bechar, 3 : Egypt, 4 : Tunisie	
Figure 8 : résultats moyens de la teneur en sucres solubles dans les grains de moringa oleifera (%).....	20

Liste des tableaux

Tableau 01 : Les différents espèces de <i>Moringa</i> (MALLENKUPPE et al.,2015).....	05
Tableau 02: Les caractéristiques des géotypes utilisés.....	12
Tableau 5 : Analyse de la variance des caractères quantitatifs	16
Tableau 6 : Comparaison des résultats moyennes des caractères quantitatifs	16
Tableau 07 : Analyse des Caractéristiques Qualitatives des Grains de <i>Moringa oleifera</i>	20

Table des matières

Dédicace	I
Remerciements	II
ملخص	III
Résumé	IV
Liste des figures	V
Liste des tableaux	VI
Table des matières	VII
Introduction générale.....	1
Chapitre I: Synthèse bibliographique	4
1. Généralité sur l'origine et le développement de la plante de <i>Moringa Oleifera</i>	5
Introduction.....	5
I.4. Systématique.....	6
Description Botanique	6
1. Feuilles :.....	6
2. Fleurs :	7
3. Fruits :	8
Écologie et Répartition Géographique.....	8
Importance Économique et Sociale	8
1. Nutrition :.....	9
2. Agriculture :	9
3. Médecine Traditionnelle :	9
Utilisations Médicinales	9
1. Effets Anti-inflammatoires :	9
2. Propriétés Antioxydantes :	9

3. Activité Antimicrobienne :	9
Développement Durable et Conservation	10
2. Matériel et méthodes	11
1. Matériel végétal utilisé.....	12
3. Conditions de conduit de l'essai	13
3.1. Localisation de l'essai.....	13
4. Caractérisation morphologique des graines de moringa oleifera.....	13
a) Couleur de grain :	13
c) Longueur de grain (mm) et Largeur de grain (mm) :.....	13
d) Présence des ailes :	13
e) Couleur des ailes :	13
f) Rigidité des ailes :	14
g) Poids de grain complet (g) et Poids du noyau (g) :.....	14
5. Analyse biochimique	14
5.1. Dosage des sucres solubles	14
3. L'étude statistique.....	14
3. Résultats	15
1. Analyse des Caractéristiques quantitatives des graines de moringa leifera	16
1.1. Longueur de grain (mm)	16
1.2. Largeur de grain (mm).....	17
1.3. Poids de grain complet (g)	17
1.4. Poids du noyau (g)	18
2. Analyse des Caractéristiques Qualitatives des Grains de Moringa oleifera	19
2.1. Couleur de grain.....	19
2.2. Présence et Couleur des Ailes.....	19
2.3. Rigidité des Ailes.....	19

2.4. Couleur et Rigidité du Noyau	19
3. caractérisation biochimiques des graines de moringa oleifera	20
4. Discussion	21
Conclusion générale	24
Références bibliographiques	25

Introduction générale

Introduction générale

Moringa oleifera est une plante remarquablement polyvalente, reconnue pour ses propriétés nutritionnelles exceptionnelles et ses usages médicaux variés. Originaire des régions subtropicales et tropicales d'Asie du Sud et de l'Afrique, cette espèce appartient à la famille des Moringaceae et est largement cultivée pour ses feuilles, ses graines et ses fruits qui possèdent des propriétés thérapeutiques et nutritives significatives (Foidl et al., 2001; Anwar et al., 2007).

La variabilité morphologique des graines de *Moringa oleifera* est un sujet d'intérêt croissant, essentiel pour la sélection de variétés améliorées et l'adaptation aux conditions environnementales variées. Les graines peuvent varier considérablement en taille, forme, couleur et texture de la coque externe, influençant ainsi leur utilisation dans divers produits et applications (Fahey, 2005; Oliveira et al., 2019). Cette variabilité est le résultat de facteurs génétiques et environnementaux complexes.

Les facteurs environnementaux jouent un rôle crucial dans la morphologie des graines de *Moringa oleifera*. Le climat, le sol, l'altitude et la disponibilité en eau sont des variables importantes qui modulent la taille et la composition chimique des graines (Fuglie, 2001; Gopalakrishnan et al., 2016). Par exemple, les variations de température peuvent affecter la germination et la croissance des graines, tandis que les différences dans la composition minérale du sol peuvent influencer la teneur en nutriments des graines (Ghosal et al., 2017; Gopalakrishnan et al., 2018).

L'étude des caractères quantitatifs et qualitatifs des graines de *Moringa oleifera* vise à caractériser ces variations morphologiques de manière approfondie. Les caractères quantitatifs incluent des mesures telles que la longueur, la largeur, le poids des graines et d'autres dimensions géométriques, tandis que les caractères qualitatifs se concentrent sur la composition en nutriments, les antioxydants, les acides gras et autres composés bioactifs (Ndabikunze et al., 2011; Anwar et al., 2015). L'objectif principal de ces études est de développer des lignées améliorées de *Moringa oleifera* qui offrent des rendements accrus en biomasse et en nutriments tout en étant adaptées à une gamme plus large de conditions environnementales.

La compréhension approfondie de la variabilité morphologique des graines de *Moringa oleifera* est essentielle pour maximiser son potentiel agronomique et nutritionnel. Les caractéristiques morphologiques des graines peuvent influencer directement leur rendement en

huiles, protéines et autres composés bénéfiques, affectant ainsi leur utilisation dans des applications alimentaires, médicinales et industrielles (Fuglie, 1999; Olson, 2002).

La recherche actuelle sur *Moringa oleifera* inclut des études génétiques avancées pour comprendre les mécanismes moléculaires sous-jacents à la variation morphologique des graines, ainsi que des efforts pour identifier et sélectionner des génotypes adaptés à des conditions environnementales spécifiques (Olson, 2016; Sajjadi, 2019). Ces travaux sont cruciaux pour améliorer les rendements agricoles et la qualité des produits dérivés de *Moringa oleifera*, contribuant ainsi à la sécurité alimentaire et à la nutrition dans les régions où la plante est cultivée intensivement (Anwar et al., 2007).

L'étude de la variabilité morphologique des graines de *Moringa oleifera* et des facteurs qui l'influencent est une voie prometteuse pour améliorer la production agricole et maximiser les avantages nutritionnels et médicinaux de cette plante remarquable. Les recherches futures devraient continuer à explorer ces aspects pour développer des stratégies de culture et de sélection qui optimisent les propriétés des graines de *Moringa oleifera* pour répondre aux besoins croissants de santé et de nutrition à l'échelle mondiale.

Le travail réalisé dans le présent mémoire s'inscrit dans cette thématique des recherches. Le travail effectué est exposé dans cette mémoire en trois parties distinctes. Dans une première étape, une synthèse bibliographique est présentée. Dans une seconde partie, les stratégies et les méthodes utilisées. Dans une troisième partie, on présente les résultats obtenus ainsi que leurs discussions.

Chapitre I: Synthèse bibliographique

1. Généralité sur l'origine et le développement de la plante de *Moringa Oleifera*

Introduction

Moringa Oleifera, souvent appelée simplement "moringa", est une plante originaire du nord de l'Inde, appartenant à la famille des Moringaceae. Elle est connue pour sa rapidité de croissance et sa capacité à prospérer dans des conditions climatiques difficiles. Surnommée "l'arbre miracle" ou "l'arbre de vie", *Moringa Oleifera* est largement reconnue pour ses nombreuses applications alimentaires, médicinales et agricoles (Fahey, J. W. 2005; Anwar, F., et al. 2007; Fuglie, L. J. 2001).

Douze autres espèces de *Moringa* sont également connues:

Tableau 01 : Les différents espèces de *Moringa* (MALLENKUPPE et al.,2015).

Les différentes espèces de <i>Moringa</i>	
1	<i>Moringa arboria</i>
2	<i>Moringa Borziana</i>
3	<i>Moringa Drouhardi</i>
4	<i>Moringa Hildebrandtii</i>
5	<i>Moringa Longutibal</i>
6	<i>Moringa Ovalifolia</i>
7	<i>Moringa Peregrina</i>
8	<i>Moringa Pygmaea</i>
9	<i>Moringa Rivae</i>
10	<i>Moringa Ruspoliana</i>
11	<i>Moringa Stenopetala</i>
12	<i>Moringa Arborea</i>

I.4. Systématique

• Règne	Plantae
• Sous-règne	Tracheobionta
• Super Division	Spermatophyta
• Division	Magnoliophyta
• Classe	Magnoliopsida
• Sous-classe	Dilleniidae
• Ordre	Capparales
• Famille	Moringaceae
• Genre	Moringa
• Espèce	Oleifera

(BOUDJENDILIA et OUDINA ,2020)

Description Botanique

Moringa oleifera est un arbre à croissance rapide, pouvant atteindre jusqu'à 10-12 mètres de hauteur. Ses feuilles sont pennées, composées de petites folioles vert clair, et ses fleurs blanches dégagent un parfum agréable. Les fruits, appelés gousses ou "drumsticks", sont longs, minces et remplis de graines ailées (Gopalakrishnan, L., et al. 2016 ; Mbikay, M. 2012).

1. Feuilles :

- Les feuilles de moringa sont riches en vitamines A, C, et K, ainsi qu'en calcium, protéines et fer. Elles sont souvent utilisées en cuisine, soit fraîches, soit séchées et réduites en poudre pour fortifier les plats (Mbikay, M. 2012).



Figure 01: Les feuilles de *Moringa Oleifera*(CHIEFMORINGA,2018)

2. Fleurs :

- Les fleurs sont également comestibles et peuvent être consommées crues ou cuites. Elles sont souvent utilisées en médecine traditionnelle pour traiter diverses affections (Mbikay, M. 2012).



Figure 03 : Les fleurs de *Moringa Oleifera*(NORVI,2018)

3. Fruits :

- Les fruits immatures sont couramment cuits et consommés dans de nombreux plats en Asie et en Afrique. Les graines contenues dans les gousses sont également utilisées pour extraire une huile précieuse (Gopalakrishnan, L., et al. 2016).



Figure 04 : Les fruits de *MoringaOleifera* (TAWEMA,2021).

Écologie et Répartition Géographique

Moringa oleifera est originaire des régions tropicales et subtropicales de l'Inde et du Pakistan, mais elle est maintenant cultivée dans de nombreuses régions chaudes du monde, y compris en Afrique, en Amérique latine et en Asie du Sud-Est. L'arbre tolère bien la sécheresse et peut pousser sur des sols pauvres, ce qui le rend particulièrement utile dans les zones arides et semi-arides (Popoola, J. O., & Obembe, O. O. (2013) ; Foidl, N., et al. (2001).

Importance Économique et Sociale

Moringa oleifera a une importance économique et sociale considérable dans de nombreuses régions. Elle est utilisée pour lutter contre la malnutrition, en raison de sa richesse en nutriments essentiels. Les feuilles, les graines et les gousses sont des sources précieuses de

nourriture et de revenus pour les communautés locales (**Ndong, M., et al. (2007); Saini, R. K., et al. (2016); Kumar, S., et al. (2010).**

1. Nutrition :

- Les feuilles de moringa sont utilisées comme complément alimentaire pour traiter la malnutrition, surtout chez les enfants et les femmes enceintes .

2. Agriculture :

- En agriculture, les graines de moringa sont utilisées pour purifier l'eau, grâce à leurs propriétés coagulantes naturelles. De plus, les feuilles et les gousses peuvent être utilisées comme fourrage pour le bétail .

3. Médecine Traditionnelle :

- Dans la médecine traditionnelle, diverses parties de l'arbre sont utilisées pour traiter des affections telles que les infections, les inflammations, et les troubles digestifs.

Utilisations Médicinales

Moringa oleifera est réputée pour ses multiples propriétés médicinales, qui ont été confirmées par de nombreuses études scientifiques. Elle est utilisée pour ses effets anti-inflammatoires, antioxydants, et antimicrobiens **Rahman, M. M., et al. (2009); Jain, N., et al. (2010); Pari, L., & Kumar, N. A. (2002).**

1. Effets Anti-inflammatoires :

- Les extraits de feuilles et de graines de moringa sont utilisés pour réduire l'inflammation et traiter des maladies chroniques comme l'arthrite **Rahman, M. M., et al. (2009); Jain, N., et al. (2010); Pari, L., & Kumar, N. A. (2002).**

2. Propriétés Antioxydantes :

- Les feuilles de moringa contiennent des antioxydants puissants, tels que les flavonoïdes, qui protègent les cellules contre les dommages oxydatifs et réduisent le risque de maladies chroniques **Rahman, M. M., et al. (2009); Jain, N., et al. (2010); Pari, L., & Kumar, N. A. (2002).**

3. Activité Antimicrobienne :

- Les extraits de moringa montrent une activité antimicrobienne contre une variété de pathogènes, y compris les bactéries et les champignons **Rahman, M. M., et al. (2009); Jain, N., et al. (2010); Pari, L., & Kumar, N. A. (2002).**

Développement Durable et Conservation

Moringa Oleifera joue un rôle crucial dans les initiatives de développement durable, en particulier dans les régions sujettes à l'insécurité alimentaire et à la dégradation environnementale. Sa capacité à améliorer la nutrition, à purifier l'eau, et à enrichir les sols en fait un atout précieux pour le développement rural (Sreelatha, S., & Padma, P. R. (2009); Fuglie, L. J. (2001); Gopalakrishnan, L., et al. (2016); Mbikay, M. (2012) ; Popoola, J. O., & Obembe, O. O. (2013); Foidl, N., et al. (2001); Saini, R. K., et al. (2016).

2. Matériel et méthodes

1. Matériel végétal utilisé

Le matériel végétal utilisé est composé de quatre génotypes de *Moringa Oleifera*, dont le choix de ces derniers est géré par l'origine. La collecte des graines a été réalisée sur les plantes qui étaient au stade graine mature.

Les fruits ont été conservés dans des sachets en plastique qui se ferment hermétiquement et placés à l'abri de la lumière dans un endroit frais jusqu'au jour de leur utilisation.

Le tableau 4 représente Les caractéristiques des génotypes utilisés

Pour l'évaluation de la variation phytochimique, le matériel végétal utilisé était le broyat sec des amandes des graines qui ont été conservés dans des sachets en papier fermés dans un endroit frais et sec.

Tableau 02: Les caractéristiques des génotypes utilisés

Code de génotype	Site de collet des grains	Origine	Année de production
01	Tindouf	Locale	2023
02	Bechar	Locale	2022
03	Egypt	Importation	2022
04	Tunisie	Importation	2022

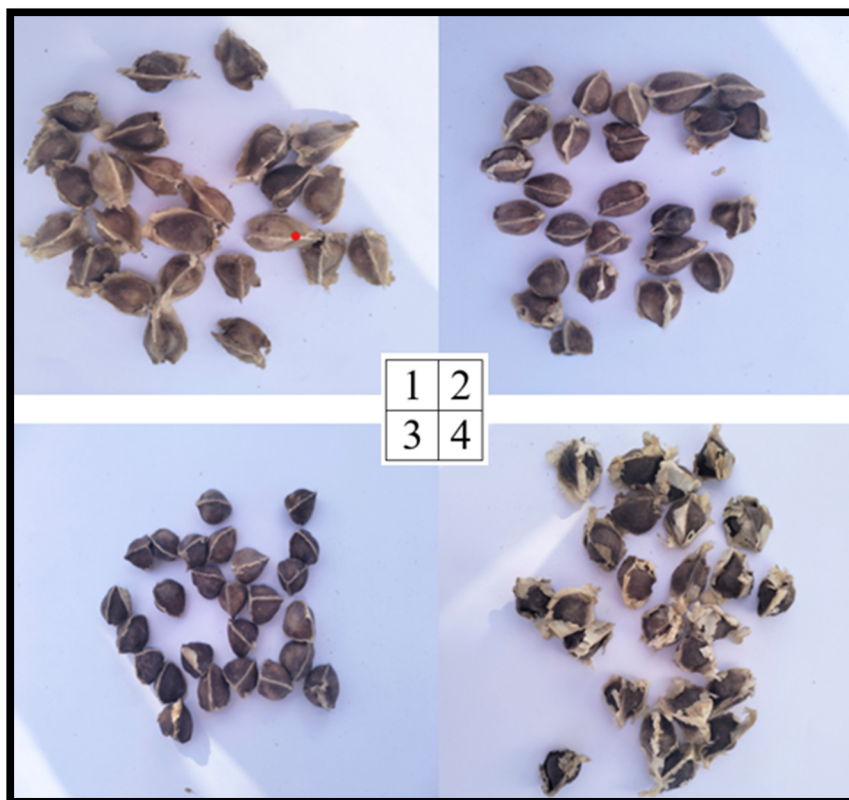


Figure 05 : Les graines de *Moringa Oleifera* L. 1 : Tindouf , 2 : Bechar, 3 : Egypt, 4 : Tunisie

3. Conditions de conduit de l'essai

3.1. Localisation de l'essai

Le travail a été mené dans une serre en verre au niveau de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université IBN KHALDOUN de Tiaret.

4. Caractérisation morphologique des graines de moringa oleifera

a) Couleur de grain :

b) La couleur de grain été identifier en utilisant les systèmes de couleurs standard .

c) Longueur de grain (mm) et Largeur de grain (mm) :

- a. Par l'utilisation d'un pied à coulisse pour mesurer précisément les dimensions du grain.

d) Présence des ailes :

- par une observation visuelle pour déterminer si le grain possède des ailes.

e) Couleur des ailes :

- Mesure de la couleur ou par comparaison visuelle avec des échelles de couleur standard.

f) Rigidité des ailes :

- a. Tester manuellement rigidité pour évaluer la force nécessaire pour déformer les ailes.

g) Poids de grain complet (g) et Poids du noyau (g) :

- Utilisation d'une balance précise pour mesurer le poids total du grain et le poids du noyau après avoir séparé le noyau du reste du grain.

5. Analyse biochimique

5.1. Dosage des sucres solubles

Les sucres simples (glucose, fructose et saccharose) sont extraits par un solvant capable de les solubiliser et de bloquer les activités enzymatiques susceptibles de les dégrader, ils sont dosés par la méthode de Schields et Burnett (1960) in Labdelli, (2011).

Le principe de la réaction est basé sur la condensation des produits de dégradation des oses neutres par l'acide sulfurique, ce dernier très concentré, transforme à chaud les oses en dérivés du furfural qui donnent une corrélation bleu vert avec l'anthrone.

Le matériel végétal prélevé (50mg) de la graine est laissé 24h dans 2ml d'éthanol à 80%. L'extrait obtenu est dilué 10 fois avec l'éthanol à 80%. De la solution obtenue, 1ml sont prélevés auxquels on ajoute 2 ml de réactif composé de 0.2 mg d'anthrone pur additionnée à 100ml d'acide sulfurique H_2SO_4 . Le réactif est préparé 4 heures à l'avance. Le mélange extrait réactif doit être maintenu dans la glace fondante.

Après agitation, les tubes sont placés au bain marie à 92°C pendant 8 min. puis refroidis pendant 30min à l'obscurité. L'absorbance est lue au spectrophotomètre à une longueur d'onde de 585. La concentration des sucres est exprimée en mg/100mg de matière sèche.

3. L'étude statistique

Les données des différents essais que comporte cette étude ont fait l'objet d'une analyse statistique (ANOVA et résultats moyens) par STATISTICA Version 8.0.

3. Résultats

1. Analyse des Caractéristiques quantitatives des graines de *moringa leifera*

Les résultats des analyses des variances, illustrés dans le tableau, révèlent des effets très hautement significatifs ($P < 0,001$) entre les populations de *moringa Oleifera* pour l'ensemble des caractères morphologiques. Cela signifie la présence d'une grande diversité inter populationnelle pour tous les traits mesurés. Et une forte variation entre les populations.

Tableau 5 : Analyse de la variance des caractères quantitatifs

	Test f	P
Longueur de grain (mm)	33,963	0,0000
Largeur de grain (mm)	15,291	0,0000
Poids de grain complet (g)	9,628	0,0000
Poids du noyau (g)	14,971	0,0000

Tableau 6 : Comparaison des résultats moyennes des caractères quantitatifs

	tindouf	bechar	tunisie	egypte
Longueur de grain (mm)	18,113	13,257	14,935	12,083
Largeur de grain (mm)	11,976	9,886	11,118	10,412
Poids de grain complet (g)	0,325	0,322	0,224	0,251
Poids du noyau (g)	0,232	0,247	0,158	0,190

1.1. Longueur de grain (mm)

L'analyse de la variance (ANOVA) pour la longueur de grain du *Moringa oleifera* a révélé une valeur F de 33,963 avec une p-value de 0,0000. Cette valeur F élevée indique une variation significative entre les groupes comparés par rapport à la variation au sein des groupes. En d'autres termes, la longueur des grains de *Moringa oleifera* diffère de manière notable entre les différents groupes. La p-value de 0,0000 confirme que cette différence est statistiquement significative. Ce résultat suggère que des facteurs spécifiques, tels que les conditions de croissance, les pratiques agricoles ou les différences génétiques, peuvent influencer de manière significative la longueur des grains de *Moringa oleifera*.

L'analyse des données de longueur de grain du *Moringa oleifera* montre des variations significatives entre les différentes régions. Les grains provenant de Tindouf ont la plus grande longueur moyenne de 18,113 mm, suivis de ceux de Tunisie avec 14,935 mm, Béchar avec 13,257 mm, et enfin Égypte avec 12,083 mm. Ces différences peuvent être attribuées à des facteurs environnementaux et agronomiques spécifiques à chaque région. Par exemple,

Tindouf, avec ses conditions climatiques et pratiques agricoles particulières, semble favoriser une croissance plus importante des grains. Ces résultats corroborent l'analyse ANOVA, qui a révélé une différence statistiquement significative dans la longueur des grains entre les groupes.

1.2. Largeur de grain (mm)

Pour la largeur de grain, l'ANOVA a montré une valeur F de 15,291 avec une p-value de 0,0000. La valeur F, bien que moins élevée que celle de la longueur de grain, est néanmoins significative et indique une variation notable entre les groupes. La p-value, très inférieure au seuil de 0,05, indique que les différences observées dans la largeur des grains sont statistiquement significatives. Ces résultats suggèrent que des facteurs similaires à ceux influençant la longueur des grains, tels que les différences environnementales et génétiques, jouent également un rôle important dans la détermination de la largeur des grains de *Moringa oleifera*. L'identification précise de ces facteurs pourrait permettre d'optimiser les conditions de culture pour obtenir des grains de largeur optimale.

En ce qui concerne la largeur de grain, les résultats montrent également des variations notables. Les grains de Tindouf sont les plus larges avec une moyenne de 11,976 mm, suivis de près par ceux de Tunisie avec 11,118 mm, Égypte avec 10,412 mm, et Béchar avec 9,886 mm. La largeur de grain est un paramètre crucial car elle peut affecter la qualité du grain et ses utilisations potentielles. Les grains plus larges de Tindouf et Tunisie pourraient être le résultat de conditions de croissance optimales ou de variétés spécifiques de *Moringa oleifera* adaptées à ces régions. Ces différences sont en accord avec les résultats de l'ANOVA, indiquant une variation significative entre les groupes pour ce paramètre.

1.3. Poids de grain complet (g)

L'analyse du poids de grain complet a révélé une valeur F de 9,628 avec une p-value de 0,0000. Bien que cette valeur F soit inférieure à celles des mesures de longueur et de largeur, elle indique tout de même une variation significative entre les groupes. La p-value, extrêmement basse, confirme que les différences de poids des grains complets sont statistiquement significatives. Ce résultat peut être attribué à des variations dans les pratiques de culture, les conditions climatiques ou les différences génétiques. Le poids du grain complet est un paramètre crucial car il influence directement le rendement et la productivité du *Moringa oleifera*. Par conséquent, comprendre les facteurs qui affectent ce paramètre peut aider à améliorer la production de cette plante.

Pour le poids du grain complet, les données montrent que les grains de Tindouf sont les plus lourds avec un poids moyen de 0,325 g, suivis de Béchar avec 0,322 g, Égypte avec 0,251 g, et enfin Tunisie avec 0,224 g. Le poids du grain complet est un indicateur important de la productivité et de la qualité du grain. Les grains plus lourds de Tindouf et Béchar peuvent indiquer une meilleure adaptation des plantes aux conditions locales ou des pratiques agricoles optimales. Les différences significatives observées dans les résultats de l'ANOVA sont reflétées ici, montrant que la variation entre les groupes pour ce paramètre est statistiquement significative.

1.4. Poids du noyau (g)

Pour le poids du noyau, l'ANOVA a révélé une valeur F de 14,971 avec une p-value de 0,0000. Cette valeur F élevée indique une variation significative entre les groupes, similaire à celle observée pour la largeur de grain. La p-value, très inférieure au seuil de 0,05, indique que les différences observées sont statistiquement significatives. Le poids du noyau est un paramètre important car il peut affecter la qualité de l'huile extraite du *Moringa oleifera*. Des noyaux plus lourds pourraient indiquer une meilleure qualité ou une plus grande quantité d'huile. Les résultats suggèrent que des améliorations dans les pratiques agricoles ou la sélection variétale pourraient optimiser ce paramètre, augmentant ainsi la valeur commerciale du *Moringa oleifera*.

Le poids du noyau, un autre paramètre important, montre également des variations entre les régions. Les noyaux des grains de Béchar sont les plus lourds avec un poids moyen de 0,247 g, suivis de Tindouf avec 0,232 g, Égypte avec 0,190 g, et Tunisie avec 0,158 g. Le poids du noyau est crucial car il affecte directement la quantité et la qualité de l'huile extraite des grains. Les résultats montrent que les grains de Béchar et Tindouf, avec des noyaux plus lourds, peuvent produire plus d'huile de meilleure qualité. Ces variations sont en ligne avec les résultats de l'ANOVA, confirmant que les différences observées sont statistiquement significatives.

2. Analyse des Caractéristiques Qualitatives des Grains de *Moringa oleifera*

2.1. Couleur de grain

Les grains de *Moringa oleifera* provenant de différentes régions présentent des variations notables de couleur. Les grains de Tindouf sont marron, ceux de Béchar sont marron foncé, tandis que les grains de Tunisie et d'Égypte sont blancs. Ces différences de couleur peuvent être attribuées à des variations génétiques ainsi qu'à des conditions de croissance spécifiques à chaque région. La couleur du grain peut influencer la perception de la qualité et l'acceptabilité du produit sur le marché. Les grains marron foncé de Béchar et marron de Tindouf peuvent être préférés pour certaines applications spécifiques, tandis que les grains blancs de Tunisie et d'Égypte peuvent avoir d'autres utilisations.

2.2. Présence et Couleur des Ailes

Tous les grains analysés ont des ailes présentes, ce qui est une caractéristique typique des grains de *Moringa oleifera*. Cependant, la couleur des ailes varie. Les ailes des grains de Tindouf et de Tunisie sont marron, tandis que celles de Béchar sont blanches. Les grains d'Égypte ont également des ailes marron. La couleur des ailes peut avoir des implications pour le traitement et l'utilisation des grains. Par exemple, les ailes marron peuvent indiquer une maturité ou une exposition à certaines conditions environnementales, tandis que les ailes blanches peuvent être associées à des grains moins matures ou cultivés dans des conditions différentes.

2.3. Rigidité des Ailes

La rigidité des ailes est une caractéristique importante qui peut affecter la maniabilité et le traitement des grains. Les ailes des grains de Tindouf, Béchar et Tunisie sont fragiles, tandis que celles des grains d'Égypte sont rigides. La rigidité des ailes peut influencer la facilité avec laquelle les grains peuvent être décortiqués ou transformés. Les ailes fragiles peuvent se casser plus facilement, facilitant ainsi le traitement, tandis que les ailes rigides peuvent nécessiter des efforts supplémentaires pour le décortilage.

2.4. Couleur et Rigidité du Noyau

Tous les noyaux des grains analysés sont blancs, ce qui est une caractéristique constante parmi les échantillons de différentes régions. La couleur blanche des noyaux peut être un indicateur de pureté ou de qualité, ce qui est important pour certaines applications comme l'extraction d'huile. En ce qui concerne la rigidité des noyaux, tous les noyaux sont fragiles, à l'exception de ceux des grains d'Égypte qui sont également fragiles. La fragilité des noyaux est

un facteur important pour le processus d'extraction de l'huile, car des noyaux fragiles peuvent se briser plus facilement, facilitant ainsi l'extraction de l'huile.

Tableau 07 : Analyse des Caractéristiques Qualitatives des Grains de Moringa oleifera

origine de la graine	Couleur de grain	Les ailes	Couleur des ailes	Rigidite des ailes	Couleur du noyau	Rigidite du noyau
tindouf	Marron	present	marron	Fragile	Blanc	Fragile
bechar	Marron fonce	present	blanc	Fragile	Blanc	Fragile
tunisie	BLANC	present	marron	Fragile	Blanc	Fragile
egypte	BLANC	present	marron	Regide	Blanc	Fragile

3. caractérisation biochimiques des graines de moringa oleifera

L'analyse des résultats ANOVA montrent des variations significatives dans les dosages de sucres des graines de Moringa Oleifera selon leur origine géographique.

Les taux de sucre varient considérablement d'une région à l'autre, avec la Tunisie présentant le taux le plus élevé (19%) et l'Egypte le plus bas (9%). Cette variabilité pourrait être due à des différences dans les conditions climatiques, le type de sol, et la composition de la graine qu'on concèdera comme une graine très riche et éléments nutritives,

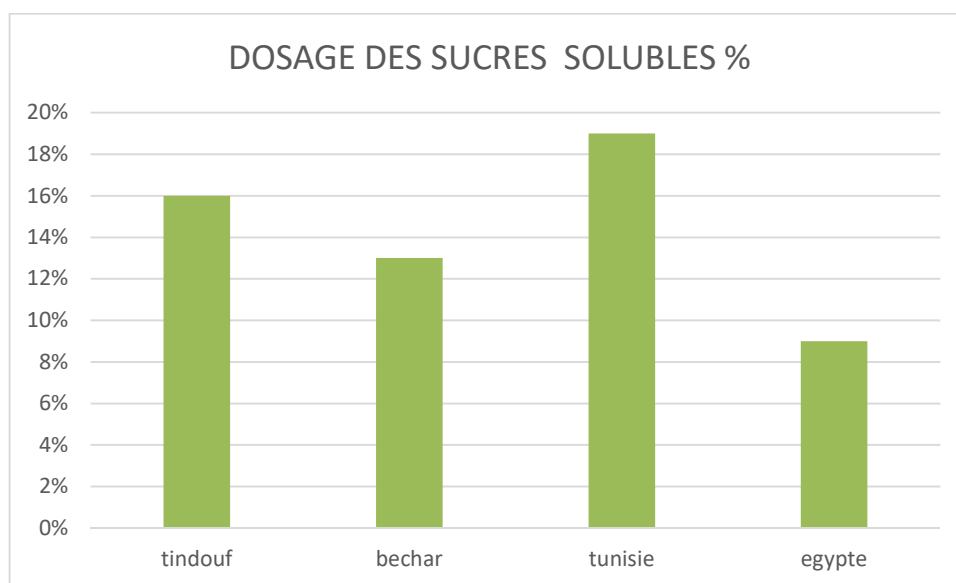


Figure 8 : résultats moyens de la teneur en sucres solubles dans les grains de moringa oleifera (%)

4. Discussion

Discussion

Les résultats de l'ANOVA pour les quatre paramètres quantitatifs des grains de *Moringa oleifera* montrent des variations significatives entre les groupes pour la longueur, la largeur, le poids du grain complet et le poids du noyau. Ces différences significatives indiquent que les variations observées ne sont pas dues au hasard mais sont influencées par des facteurs spécifiques. Les pratiques agricoles, les conditions environnementales et les différences génétiques sont probablement des facteurs clés qui influencent ces paramètres.

L'optimisation de ces paramètres peut avoir des implications importantes pour la production et la commercialisation du *Moringa oleifera*. Par exemple, une meilleure compréhension des facteurs influençant la longueur et la largeur des grains pourrait conduire à des grains de meilleure qualité et à des rendements plus élevés. De même, des connaissances approfondies sur les facteurs affectant le poids du grain complet et du noyau pourraient améliorer la quantité et la qualité de l'huile extraite, augmentant ainsi la valeur économique de cette plante. Ces résultats soulignent l'importance de poursuivre la recherche pour identifier et manipuler les facteurs qui influencent ces paramètres, afin d'optimiser la production de *Moringa oleifera*.

Les résultats des analyses montrent des variations significatives dans les paramètres quantitatifs des grains de *Moringa oleifera* entre les différentes régions. Ces différences peuvent être attribuées à une multitude de facteurs, notamment les conditions environnementales, les pratiques agricoles et les variations génétiques des plantes. Les résultats de l'ANOVA confirment que ces variations sont statistiquement significatives, indiquant que les différences observées ne sont pas dues au hasard.

L'optimisation des conditions de culture et des pratiques agricoles dans chaque région pourrait potentiellement améliorer ces paramètres, conduisant à des rendements plus élevés et à une meilleure qualité des grains de *Moringa oleifera*. Par exemple, des recherches supplémentaires pourraient identifier les conditions spécifiques qui favorisent la croissance des grains plus longs et plus larges à Tindouf, ou les pratiques agricoles qui maximisent le poids du grain complet et du noyau à Béchar.

Les variations observées dans les caractéristiques qualitatives des grains de *Moringa oleifera* provenant de différentes régions soulignent l'importance des facteurs environnementaux et génétiques dans la détermination de ces caractéristiques. Les différences

de couleur de grain, de couleur des ailes, et de rigidité des ailes et des noyaux peuvent influencer la perception de la qualité, la facilité de traitement, et l'utilisation finale des grains.

Par exemple, les grains marron foncé de Béchar peuvent être préférés pour certaines applications culinaires ou médicinales en raison de leur apparence distinctive, tandis que les grains blancs de Tunisie et d'Égypte peuvent être valorisés pour d'autres usages. De plus, la fragilité des ailes et des noyaux des grains de Tindouf, Béchar et Tunisie peut faciliter le décorticage et l'extraction de l'huile, tandis que les ailes rigides des grains d'Égypte peuvent nécessiter des techniques de traitement différentes.

La teneur en sucre dans les grains de *Moringa oleifera* varie de manière significative en fonction de leur origine géographique, comme le montrent les données analysées. Cette variabilité, avec des taux allant de 9% en Égypte à 19% en Tunisie, indique une réponse directe aux conditions environnementales spécifiques à chaque région. Cette diversité peut influencer non seulement la qualité des grains pour diverses applications alimentaires et industrielles, mais aussi la sélection génétique et la conservation des ressources génétiques de cette plante précieuse. Comprendre ces variations permet d'optimiser l'utilisation des graines de *Moringa oleifera* en fonction des besoins spécifiques, tout en soulignant l'importance de préserver la diversité génétique pour soutenir la durabilité et la résilience de cette espèce vitale dans différents écosystèmes.

En conclusion, ces résultats soulignent l'importance de comprendre les facteurs spécifiques qui influencent les paramètres quantitatifs et qualitatifs des grains de *Moringa oleifera* dans différentes régions. Une meilleure compréhension de ces facteurs peut conduire à des stratégies de culture optimisées, augmentant ainsi la productivité et la qualité des grains de cette plante précieuse. Une meilleure compréhension de ces variations peut aider à optimiser les pratiques de culture et de traitement pour répondre aux besoins spécifiques des marchés locaux et internationaux.

Conclusion générale

L'étude des paramètres quantitatifs et qualitatifs des grains de *Moringa oleifera* provenant de différentes régions (Tindouf, Béchar, Tunisie, et Égypte) révèle des variations significatives qui ont des implications importantes pour la production, le traitement, et la valorisation commerciale de cette plante précieuse.

Les analyses quantitatives montrent que les grains de Tindouf se distinguent par leur longueur et leur largeur maximales, suivis par ceux de Tunisie, Béchar, et Égypte. Le poids des grains complets est également plus élevé à Tindouf et Béchar, tandis que les grains de Tunisie sont les plus légers. Le poids du noyau, un indicateur clé de la qualité de l'huile, est le plus élevé à Béchar, suivi de Tindouf, Égypte, et Tunisie. Ces variations quantitatives sont influencées par des facteurs environnementaux, agronomiques, et génétiques spécifiques à chaque région.

Les caractéristiques qualitatives des grains varient également. Les grains de Tindouf et Béchar sont de couleur marron, tandis que ceux de Tunisie et d'Égypte sont blancs. La couleur des ailes des grains varie également : marron pour Tindouf et Tunisie, blanc pour Béchar, et marron pour Égypte. Tous les échantillons présentent des ailes, mais leur rigidité diffère, les ailes étant fragiles pour Tindouf, Béchar et Tunisie, et rigides pour Égypte. Les noyaux des grains sont uniformément blancs et fragiles, sauf pour ceux d'Égypte, qui sont également rigides. Ces différences qualitatives peuvent influencer la perception de la qualité et l'acceptabilité des grains sur le marché, ainsi que la facilité de leur traitement.

Ces résultats indiquent que les pratiques agricoles, les conditions environnementales, et les variations génétiques jouent un rôle crucial dans la détermination des caractéristiques des grains de *Moringa oleifera*. Pour maximiser la productivité et la qualité des grains, il est essentiel d'optimiser les conditions de culture et de sélectionner les variétés les mieux adaptées aux conditions locales. Par exemple, les grains plus longs et plus larges de Tindouf suggèrent que cette région possède des conditions particulièrement favorables pour la culture du *Moringa oleifera*. De même, les grains de Béchar, avec leurs noyaux plus lourds, peuvent indiquer des variétés ou des pratiques agricoles optimales pour la production d'huile.

La teneur en sucre des grains de *Moringa oleifera* varie notablement selon l'origine géographique, reflétant une adaptation aux conditions locales. Cette diversité souligne

l'importance de la conservation génétique pour soutenir l'utilisation optimale de cette plante aux multiples usages.

En conclusion, la compréhension approfondie des facteurs influençant les caractéristiques quantitatives et qualitatives des grains de *Moringa oleifera* peut aider à développer des stratégies de culture optimisées, augmentant ainsi la productivité et la valeur commerciale de cette plante précieuse.

Références bibliographiques

- ✓ Anwar, F., et al. (2007). *Moringa oleifera*: A food plant with multiple medicinal uses. *Phytotherapy Research*, 21 (1), 17-25.

-
- ✓ Anwar, F., Latif, S., Ashraf, M., & Gilani, A. H. (2007). *Moringa oleifera*: A food plant with multiple medicinal uses. *Phytotherapy Research*, 21(1), 17-25.
 - ✓ 10. Anwar, F., Hussain, A. I., Sherazi, S. T. H., & Bhanger, M. I. (2015). Changes in composition and antioxidant and antibacterial activities of *Moringa oleifera* leaves with cultivar and maturation. *Food Chemistry*, 114(3), 794-751.
 - ✓ 10. Ndong, M., et al. (2007). Effects of oral administration of *Moringa oleifera* Lam on glucose tolerance in Goto-Kakizaki and Wistar rats. *Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition*, 40 (3), 229-233.
 - ✓ 11. Olson, M. E. (2002). Combating malnutrition with *Moringa*. *World Ark*, 18(4), 42-45.
 - ✓ 11. Pari, L., & Kumar, N. A. (2002). Hepatoprotective activity of *Moringa oleifera* on antitubercular drug-induced liver damage in rats. *Journal of Medicinal Food*, 5 (3), 171-177.
 - ✓ 12. Olson, M. E. (2016). The *Moringa* tree: An answer to global malnutrition? *Rotarian*, 180(5), 30-33.
 - ✓ 12. Popoola, J. O., & Obembe, O. O. (2013). Local knowledge, use pattern and geographical distribution of *Moringa oleifera* Lam. (Moringaceae) in Nigeria. *Journal of Ethnopharmacology*, 150 (2), 682-691.
 - ✓ 13. Rahman, M. M., et al. (2009). Antioxidant properties of *Moringa oleifera* leaves in fish oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57 (10), 4236-4240.
 - ✓ 13. Sajjadi, S. E. (2019). Analysis of the genetic diversity and population structure of *Moringa oleifera* Lam. using ISSR markers. *Journal of Medicinal Plants Research*, 13(4), 71-80.
 - ✓ 14. Fuglie, L. J. (1999). The uses of *Moringa* species in the preparation of medicines and the maintenance of health. *Trees for Life Journal*, 4(3), 1-6.
 - ✓ 14. Saini, R. K., et al. (2014). Nutritional and functional properties of *Moringa oleifera* leaves: An overview. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 13 (7), 1169-1178.
 - ✓ 15. Guevara, A. P., Vargas, C., & Sakurai, H. (2000). An antitumor promoter from *Moringa oleifera* Lam. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 440(2), 181-188.
 - ✓ 15. Saini, R. K., et al. (2016). *Moringa oleifera*: A review on nutritive importance and its medicinal application. *Food Science and Human Wellness*, 5 (2), 49-56.
 - ✓ 16. Sanchez-Machado, D. I., et al. (2010). Nutritional quality of edible parts of *Moringa oleifera*. *Food Analytical Methods*, 3 (3), 175-180.
-

-
- ✓ 17. Sreelatha, S., & Padma, P. R. (2009). Antioxidant activity and total phenolic content of *Moringa oleifera* leaves in two stages of maturity. *Plant Foods for Human Nutrition*, 64 (4), 303-311.
 - ✓ Fahey, J. W. (2005). *Moringa oleifera*: A review of the medical evidence for its nutritional, therapeutic, and prophylactic properties. Part 1 . *Trees for Life Journal*, 1, 5.
 - ✓ Foidl, N., Makkar, H. P. S., & Becker, K. (2001). The potential of *Moringa oleifera* for agricultural and industrial uses. In J. Lowell & J. K. Malm (Eds.), *Proceedings of the First National Seminar on the Potential of Moringa oleifera for Agricultural and Industrial Uses* (pp. 47-55). Dar es Salaam: Tanzania Industrial Research and Development Organization.
 - ✓ Fahey, J. W. (2005). *Moringa oleifera*: A review of the medical evidence for its nutritional, therapeutic, and prophylactic properties. Part 1. *Trees for Life Journal*, 1(5), 1-15.
 - ✓ Foidl, N., et al. (2001). The potential of *Moringa oleifera* for agricultural and industrial uses. *The Miracle Tree: The Multiple Attributes of Moringa* , 45-76.
 - ✓ Fuglie, L. J. (2001). *The Miracle Tree: Moringa oleifera: Natural Nutrition for the Tropics*. Church World Service .
 - ✓ Oliveira, J. T. A., Silveira, S. B., Vasconcelos, I. M., & Cavada, B. S. (2019). More than a myth: The scientific evidence for the medicinal properties of *Moringa oleifera*. *Phytochemistry Reviews*, 18(1), 1-28.
 - ✓ Fuglie, L. J. (2001). *The miracle tree: Moringa oleifera: Natural nutrition for the tropics*. Church World Service, Dakar.
 - ✓ Gopalakrishnan, L., et al. (2016). *Moringa oleifera*: A review on nutritive importance and its medicinal application. *Food Science and Human Wellness*, 5 (2), 49-56.
 - ✓ Ghosal, S., Tripathi, V. K., Kumar, M. M., Mishra, A., & Kumar, S. (2017). Influence of environmental factors on growth and yield of *Moringa oleifera*. *International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology*, 10(4), 433-438.
 - ✓ Jain, N., et al. (2010). Antimicrobial and antioxidant properties of *Moringa oleifera* Lam. leaf extract. *Journal of Pharmacy Research*, 3 (4), 946-949.
 - ✓ Gopalakrishnan, L., Doriya, K., & Kumar, D. S. (2016). *Moringa oleifera*: A review on nutritive importance and its medicinal application. *Food Science and Human Wellness*, 5(2), 49-56.
-

-
- ✓ Kumar, S., et al. (2010). *Moringa oleifera*: A review of its medicinal and economic importance to the health and economy of communities in Nigeria. *African Journal of Plant Science*, 4 (12), 609-617.
 - ✓ Gopalakrishnan, L., Doriya, K., & Kumar, D. S. (2018). *Moringa oleifera*: A review on antimicrobial potentials. *Journal of Medicinal Plants Studies*, 6(2), 45-52.
 - ✓ Mbikay, M. (2012). Therapeutic potential of *Moringa oleifera* leaves in chronic hyperglycemia and dyslipidemia: A review. *Frontiers in Pharmacology*, 3 , 24.
 - ✓ Morton, J. F. (1991). The horseradish tree, *Moringa pterygosperma* (Moringaceae)—a boon to arid lands? *Economic Botany*, 45 (3), 318-333.
 - ✓ Ndabikunze, B. K., Nyomora, A. S., & Katunzi, E. F. B. (2011). Variation in seed characteristics among provenances of *Moringa oleifera* (Lam.) from Tanzania. *International Journal of Agricultural Sciences*, 3(2), 103-109.
-