



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

جامعة الشهيد حمدة لخضر الوادي

Lakdhar- EL OUED- Université d'Echahid Hamma

كلية العلوم الطبيعية والحياة

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

قسم البيولوجيا الخلوية والجزيئية

Département de Biologie Cellulaire et Moléculaire

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique en Sciences biologiques

Spécialité : Toxicologie

THEME

Étude *in vitro* et *in vivo* des activités de *Moringa oleifra* de la région d'EL Oued

Présenté Par :

M^{elle} : BACHIR Rayane

M^{elle} : SEDIRA Alia

Devant le jury:

Président	SAADI HAMZA	M..	Université d'El Oued.
Examineur	BOURAS BEYA	M..	Université d'El Oued.
Promoteur	BOUSBIA BRAHIM Aida	M.C.B	Université d'El Oued.
Co-promoteur	BEN ALI Anis	DOCTEUR	

Année universitaire: 2024/2025

الاشهاد

بسم الله الرحمن الرحيم

"ربّ اشرح لي صدري ويسّر لي أمري، واحلل عقدةً من لساني يفقهوا قولي"

الحمد لله الذي علم الإنسان ما لم يعلم، وبنعمته تتمّ الصالحات وتُنال الغايات، الحمد لله الذي وهبنا القوة لنكمل، والصبر لنواصل، والعزم لنصل...

لم تكن هذه الرحلة سهلة، ولم يكن الطريق مفروشاً بالبساطة، بل كان مليئاً بالعثرات، بالليالي الطوال، وباللحظات التي اختبرتنا بكل ما نملك. ورغم كل شيء، فعلناها.

نهدي هذا العمل أولاً...

لأنفسنا، نحن من حملنا هذا الحلم وسرنا به حتى النهاية، إلى كل لحظة سهر، وكل دمة تعب، وكل تنهيدة خوف، وكل ابتسامة رضا إلى قلوبنا التي لم تستسلم، إلى عزيمتنا التي قاومت، إلى إيماننا الذي لم يخفت، نهدي هذا التتويج الذي لم يكن ليكون، لولا أننا آمنّا بأنفسنا... فبلغنا.

إلى من كانوا بعد الله سبباً في هذا الإنجاز...

إلى والدينا الأعزاء، النور الذي أضاء دروبنا، والدعاء الذي كان سرّ التوفيق في رحلتنا، إليكم نرفع أسمى عبارات الشكر والامتنان لأنكم كنتم ولا زلتم الأمان، السند، والحافز الأول.

إلى إخوتنا الأحبة، من آمنوا بنا في صمت، وكانوا خلفنا في كل لحظة، بصبرهم، بدعائهم، بابتسامتهم وقت انكسارنا، وبفخرهم وقت نجاحنا، كنتم الدعامة التي لا تميل، والجدار الذي لا يهتز.

إلى صديقاتنا الغاليات، رفيقات القلب والدرب، من شاركننا الحلم، والتعب، والفرح، والدعاء، كننّ النور في عتمة الطريق، والضحكة في زحمة الأيام، شكرًا لأنكن كنتم دائماً في الصف الأول من الحب والصدق.

إلى أستاذتنا الفاضلة "بوصبيع إبراهيم عايده"، نقولها بصدق: ما كان هذا العمل ليكتمل لولا إشرافكم النبيل، شكرًا لصبركم، لحرصكم، لتوجيهاتكم التي كانت نبراساً لنا، جزاكم الله عنا كل خير، وبارك في علمكم وجهودكم.

إلى كل من كان له أثر...

إلى من دعم، أو دعا، أو شجع، أو حتى تمنى لنا الخير...

هذا العمل هو ثمرة تعبنا، لكنه أيضاً بصمة لكل من مرّ في رحلتنا وترك أثراً طيباً في القلب.

وأخيراً،

نحمد الله الذي كتب لنا الوصول بعد طول انتظار، نحمده على القوة حين خارت قوانا، وعلى النور حين اشتدت الظلمة، نحمده على العثرات التي علمتنا، وعلى النجاحات التي أنصفتنا. هذا العمل ليس مجرد صفحات كتبت، بل هو قصة تعب، حكاية صبر، وملحمة اجتهدنا لنخطّها بأيدينا.

قد نكون وصلنا إلى نهاية طريق، لكننا نعلم يقيناً أنها ليست النهاية، بل بداية لطريق جديد، لطموح أعظم، ولأفق لا حد لها. وسنمضي، كما كنا دائماً ثابتين، شامختين، مؤمنتين أن القادم أجمل بإذن الله.

وآخر دعوانا أن الحمد لله رب العالمين



Remerciements :

C'est avec fierté et gratitude que nous tournons une page de notre vie universitaire, une page remplie de défis et d'expériences. Aujourd'hui, nous nous tenons au seuil de la consécration, tenant entre nos mains le fruit d'un long labeur, de veilles prolongées, et d'une persévérance inébranlable.

Nous remercions d'abord et avant tout Allah, le Tout-Puissant, pour Ses innombrables bienfaits, et pour la réussite qu'Il nous a accordée à chaque étape. C'est Lui qui nous a facilité le chemin, donné la patience et la force pour atteindre ce moment.

Nous adressons nos plus sincères remerciements à notre encadrante, Madame Bousbia Brahim Aïda, qui a été pour nous une précieuse guide et un soutien indéfectible. Elle ne nous a jamais ménagés ni de son savoir, ni de son temps, ni de sa patience. Elle fut la boussole de ce travail, la lumière de son parcours. Qu'Allah la récompense pour tous ses efforts et bénisse son engagement.

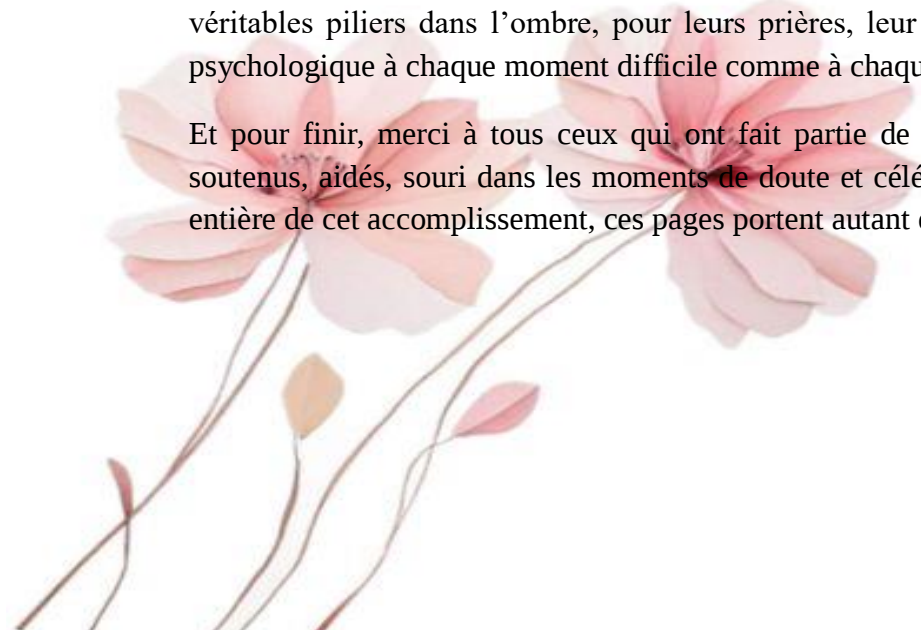
Nous exprimons également notre profonde reconnaissance au Docteur Anis Ben Ali pour ses remarques pertinentes et son suivi rigoureux, qui ont joué un rôle central dans la maturation de ce mémoire.

Nos remerciements les plus chaleureux vont à la Docteure Bouras Bia et au Docteur Saadi Hamza, pour avoir accepté d'évaluer ce travail et pour nous avoir honorés de leur présence lors de cette étape cruciale. Leurs observations et leurs avis scientifiques resteront toujours une référence précieuse pour nous.

Nous tenons aussi à exprimer toute notre gratitude à Madame Mona Cherayet, responsable de notre laboratoire, pour son soutien technique, son suivi constant et sa grande collaboration durant la phase pratique de cette recherche. Sa présence a été un facteur déterminant dans la réussite de cette étape.

Nous remercions également nos chers enseignants de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie – Université d'El Oued, qui ont été pour nous une source constante d'inspiration, de savoir et de connaissances tout au long de notre parcours académique.

Enfin, nous exprimons notre reconnaissance la plus profonde à nos familles bien-aimées, véritables piliers dans l'ombre, pour leurs prières, leur sollicitude, et leur soutien moral et psychologique à chaque moment difficile comme à chaque pas lumineux.



Et pour finir, merci à tous ceux qui ont fait partie de cette aventure, à ceux qui nous ont soutenus, aidés, souri dans les moments de doute et célébré nos réussites. Vous êtes une part entière de cet accomplissement, ces pages portent autant de vous qu'elles portent de nous.



Abstract

This study aims to evaluate the biological activity of *Moringa oleifera* extracts from the Ouargla region (El Oued) through a series of physical and chemical analyses, as well as in vitro and in vivo biological tests. The study focused on exploring the properties of these extracts as natural dietary supplements with antioxidant, anti-inflammatory, analgesic effects, and potential anxiolytic and antidepressant activities. In the first stage, the proportions of mineral and organic matter in both extracts were determined, revealing a higher content of carbohydrates and minerals in sample E, while sample G showed a relatively higher concentration of proteins. In the FRAP test, sample E exhibited greater iron-reducing capacity with an EC_{50} value of 126.175 $\mu\text{g/ml}$, whereas sample G demonstrated better effectiveness in the DPPH test with an IC_{50} value of 22.515 $\mu\text{g/ml}$, reflecting different antioxidant mechanisms between the two extracts. FTIR analysis confirmed the presence of active functional groups such as hydroxyl and carbonyl groups, while DRX analysis revealed partial crystalline structures of the bioactive compounds. In the in vivo biological tests, the behavioral and analgesic activities of the extracts were evaluated at two doses (40 and 80 mg/kg). In the forced swim test, sample G at 80 mg/kg showed a mobility time of 287.97 seconds, indicating antidepressant activity comparable to the reference treatment, thereby reinforcing its effectiveness as an antidepressant through central mechanisms. Regarding the analgesic effect, sample G demonstrated significant effectiveness in the hot plate test by delaying the pain response, indicating a central mechanism of action.

Keywords

Moringa oleifera, biological activity, analgesic activity, antidepressant activity

Résumé

Cette étude vise à évaluer l'activité biologique des extraits de *Moringa oleifera* provenant de la région de Ouargla (El Oued) à travers une série d'analyses physiques et chimiques, ainsi que des tests biologiques *in vitro* et *in vivo*. L'étude s'est concentrée sur l'exploration des propriétés de ces extraits en tant que compléments alimentaires naturels dotés d'effets antioxydants, anti-inflammatoires, analgésiques, et d'un potentiel anxiolytique et antidépresseur. Dans un premier temps, les proportions de la matière minérale et organique dans les deux extraits ont été déterminées, révélant un contenu élevé en glucides et en minéraux dans l'échantillon E, tandis que l'échantillon G présentait une concentration relativement plus élevée en protéines. Dans le test FRAP, l'échantillon E a montré une plus grande capacité de réduction du fer avec une valeur EC_{50} de 126,175 $\mu\text{g/ml}$, tandis que l'échantillon G a démontré une meilleure efficacité dans le test DPPH avec une valeur IC_{50} de 22,515 $\mu\text{g/ml}$, reflétant des mécanismes antioxydants différents entre les deux extraits.

Les analyses FTIR ont confirmé la présence de groupes fonctionnels actifs tels que les hydroxyles et les carbonyles, tandis que les analyses DRX ont révélé la structure cristalline partielle des composés bioactifs. Dans les tests biologiques *in vivo*, l'activité comportementale et analgésique des extraits a été évaluée à deux doses (40 et 80 mg/kg). Dans le test de nage forcée, l'échantillon G à 80 mg/kg a montré une durée de mobilité de 287,97 secondes, indiquant une activité antidépresseur comparable au traitement de référence, renforçant ainsi son efficacité en tant qu'antidépresseur via des mécanismes centraux. En ce qui concerne l'effet analgésique, l'échantillon G a démontré une efficacité marquée dans le test de la plaque chauffante en retardant la réponse à la douleur, indiquant un effet central.

Mots clés

Moringa oleifera, activité biologique, activité analgésique et activité antidépresseur

الملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم النشاط البيولوجي لمستخلصات *Moringa oleifera* من منطقة وادي سوف من خلال سلسلة من التحاليل الفيزيائية والكيميائية، بالإضافة إلى اختبارات بيولوجية داخل المختبر وعلى الكائن الحي، حيث ركزت الدراسة على استكشاف خصائص هذه المستخلصات كمكملات غذائية طبيعية ذات تأثيرات مضادة للأكسدة، مضادة للالتهابات، مسكنة للألم، وتأثيرات محتملة كمضادة للقلق والاكتئاب. في المرحلة الأولى، تم تحديد نسب المادة المعدنية والعضوية في المستخلصين، حيث أظهرت العينة E محتوى مرتفعاً من الكربوهيدرات والمعادن، بينما تميزت العينة G بتركيز أعلى نسبياً من البروتينات. في اختبار FRAP، سجلت العينة E قدرة أكبر على اختزال الحديد بقيمة EC_{50} بلغت 126.175 ميكروغرام/مل، بينما أظهرت العينة G فعالية أفضل في اختبار DPPH بقيمة IC_{50} بلغت 22.515 ميكروغرام/مل، مما يعكس اختلاف آليات النشاط المضاد للأكسدة بينهما. وأكدت تحاليل FTIR وجود مجموعات وظيفية نشطة مثل الهيدروكسيل والكربونيل، بينما أوضحت تحاليل DRX البنية البلورية الجزئية للمركبات النشطة بيولوجياً. في الاختبارات البيولوجية على الكائن الحي، قُيِّم النشاط السلوكي والمسكن للمستخلصين بجرعتين (40 و 80 ملغ/كغ)، حيث أظهرت العينة G في اختبار السباحة القسرية بجرعة 80 ملغ/كغ مدة حركة بلغت 287.97 ثانية، مما يدل على نشاط مضاد للاكتئاب يقارن بالعلاج المرجعي، مما يعزز فعاليتها كمضاد للاكتئاب عبر آليات مركزية. وفي التأثير المسكن، أظهرت العينة G فعالية واضحة في اختبار الصفيحة الساخنة بتأخير الاستجابة للألم، مما يدل على تأثير مركزي.

الكلمات المفتاحية

النشاط البيولوجي، النشاط المسكن، النشاط المضاد للاكتئاب , *Moringa oleifera*

Liste des figures

Figure (1): Topographical distribution of <i>Moringa oleifera</i> .	5
Figure (2) : Image montrant le tronc et les branches d'un arbre de moringa	6
Figure (3) : Image montrant les feuilles de l'arbre de Moringa	6
Figure (4) : Image montrant les fleurs de l'arbre de Moringa	7
Figure (5) : Images montrant les graines et les fruits de l'arbre de Moringa	7
Figure (6) : Image montrant les racines de l'arbre de Moringa	8
Figure (7) : <i>Moringa oleifera</i> en tant que marqueur oxydatif et inflammatoire	15
Figure (8) : Les différents phyto-constituants présents dans <i>Moringa oleifera</i> sont responsables de nombreux effets neuroprotecteurs	16
Figure (9) : <i>Moringa oleifera</i> en tant qu'agent anti-obésité prometteur	22
Figure (10) : Mécanisme de l'hyperglycémie menant au diabète et rôle de la Moringa	23
Figure (11): Courbe d'absorbance optique du glucose en fonction de concentrations.	29
Figure (12) : Courbe d'absorption de l'huile de soja en fonction des concentrations	30
Figure (13) : Courbe d'absorbance optique de BSA en fonction de la concentration	31
Figure (14) : La droite d'étalonnage est réalisée par l'acide gallique de concentrations différentes en fonction de l'absorption optique	32
Figure (15) : La courbe standard de Quercitane de concentrations différentes en fonction de l'absorption optique	32
Figure (16) : Courbe d'étalonnage du diclofénac	36
Figure (17) : Taux de la matière organique des poudres végétales sèche خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.	
Figure (18): Taux des carbohydrates des poudres végétales sèche خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.	
Figure (19) : Taux des lipides des poudres végétales sèche خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.	
Figure (20) : Taux des protéines des poudres végétales sèche خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.	
Figure (21) : Taux des polyphénols de l'extrait de <i>Moringa Oleifera</i> خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.	
Figure (22) : Taux des flavonoïdes de l'extrait de <i>Moringa Oleifera</i> خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.	
Figure (23) : FTIR de la matière sèche d'échantillon G خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.	
Figure (24) : FTIR de la matière sèche d'échantillon E خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.	
Figure (25) : Diagramme de diffraction des rayons X (XRD) de l'échantillon E de feuilles de <i>Moringa oleifera</i> خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.	

Figure (26) : Diagramme de diffraction des rayons X (XRD) de l'échantillon G de feuilles de *Moringa oleifera* خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.

Figure (27) : Valeur de l'IC₅₀ du test DPPH* de l'extrait de *Moringa oleifera* et de l'acide ascorbique..... خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.

Figure (28) : Valeur de l'EC₅₀ du test FRAP de l'extrait de *Moringa oleifera* et de l'acide ascorbique..... خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.

Figure (29) : Valeurs du facteur de protection solaire (SPF) des extraits méthanoliques de *Moringa oleifera* خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.

Figure (30) : Valeur de l'EC₅₀ dans le test anti-inflammatoire de l'extrait de *Moringa oleifera* et du diclofénac خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.

Figure (31) : Test nage forcée des rats traitée par *Moringa oleifera*. خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.

Figure (32) : Test de suspension par la queue des rats traitée par *Moringa oleifera* خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.

Figure (33) : Temps de réponse des rats traitée par *M. oleifera* pour le test de la plaque chauffante. خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.

Figure (34): Pourcentage d'inhibition de test de contorsion des rats traitée par *Moringa oleifera* خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.

Liste des tableaux

Tableau (1) : La classification systématique du Moringa.....	4
Tableau (2) : La composition nutritionnelle des feuilles, de la poudre de feuilles, des graines et des gousses.	10
Tableau (3): Utilisation ethno-pharmacologique des <i>Moringaceae</i>	11
Tableau (4) : groupes fonctionnels de la matière végétale sèche par infrarouge de la vallée d'échantillon E et G de <i>Moringa Oleifera</i>	خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.

Liste des abréviations

<i>M. oleifera</i>	<i>Moringa oleifera</i>
(s)	seconde
5HT	5-Hydroxytryptamine (Sérotonine)
Abs	intensité d'absorption optique de l'extrait
ALP	Phosphatase alcaline
ALT	Alanine aminotransférase
ASC	Acide ascorbique
AST	Aspartate aminotransférase
AVC	Accident vasculaire cérébral
BHT	Butylhydroxytoluène
BSA	Albumine sérique bovine
CN	Contrôle négatif
COX-2	Cyclooxygénase-2
DICLO	Diclofénac
DPPH	2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl
DRX	Diffraction des rayons X
E	El Oued
EAG/EA	Equivalents acide galique
ECA	Enzyme de conversion de l'angiotensine
FPG	Glycémie plasmatique à jeun
FRAP	Capacité de récupération du fer
FST	Forced Swim Test
FT-IR	Spectrophotomètre infrarouge à transformée de Fourier
G	Guemmar
GC-MS	Chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse
GSH	Glutathion
HPLC	Chromatographie liquide à haute performance
IC ₅₀	Concentration inhibitrice ₅₀
IL-6	Interleukine-6
IMC	Indice de masse corporelle
Ind	Indice – Médicament de référence (Indicateur positif)
iNOS	Oxyde nitrique synthase inductible
I κ B α	Inhibiteur de NF-kappa B alpha
LPO	Lipidopéroxydation
MCF-7	Lignée cellulaire de cancer du sein humain (Michigan Cancer Foundation-7)
MDA	Malondialdéhyde
MO	La matière organique
MS	Matériau séché
MS / MS	Spectrométrie de masse / Spectrométrie de masse
NF- κ B	Facteur nucléaire kappa B
Nrf2	Facteur nucléaire lié à l'érythroïde 2
PABA	Acide para-aminobenzoïque
PGE2	Prostaglandin E2
PGF2 α	Prostaglandin F2 alpha
ROS	Espèces réactives de l'oxygène
SOD	Superoxyde dismutase
SPF	Facteur de protection solaire
STZ	Streptozotocine
TCA	Acide trichloroacétique
TNF- α	Facteur de nécrose tumorale alpha
TSLP	Thymic stromal lymphopoietin (Protéine lymphopoïétine stromale thymique)
UV	Ultraviolet
UVB	Ultraviolet B

Sommaire

الإهداء	
Remerciements	
الملخص	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Sommaire	
Introduction	1

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Généralités sur le <i>Moringa oleifera</i>	4
2. Taxonomie et diversité spécifique du genre <i>Moringa</i>	4
2.1. Position systématique de <i>Moringa oleifera</i>	4
3. Origine et répartition géographique	4
4. Description botanique de <i>Moringa oleifera</i> Lam	5
5. Métabolites secondaires isolés de <i>Moringa oleifera</i> Lam	8
5.1. Isothiocyanates et glucosinolates	8
5.2. Flavonoïdes et acides phénoliques	8
5.3. Acides gras et stérols	9
5.4. Composés azotés et glycosides	9
5.6. Autres composés d'intérêt médical	10
6. Propriétés nutritives	10
7. Aspects ethno-pharmacologiques et applications thérapeutiques de <i>Moringa oleifera</i> Lam	11
8. Utilisations pharmacologiques	13
8.1. Activité antioxydante	13
8.2. Activité anti-inflammatoire	14
8.3. Activité Neuropharmacologique	15
8.4. Douleur Neuropathique	16
8.5. Activité analgésique/antipyrétique	17
8.6. Activité antimicrobienne et antifongique	17
8.7. Activité anticancéreuse	18
8.8. Fertilité et activité anti-fertile	19

8.9. Activité hépatoprotectrice	19
8.10. Activité cardiovasculaire.....	19
8.11. Activité anti-ulcéreuse/ gastroprotectrice	20
8.12. Effet Cicatrisant	20
8.13. Activité Immunomodulatrice	21
8.14. Activité Hématologique	21
8.15. Activité Anti-Obésité	21
8.16 .Activité Anti-Allergique	22
8.17. Activité antidiabétique	22
8.18 .Activité Diurétique.....	24
8.19. Activité sur l'Enzyme de Conversion de l'Angiotensine (ECA).....	24
8.20.Effet Anti-Venin	24
8.21. Effet Cytotoxique	24
9.La Toxicité.....	25

MATERIEL ET METHODES

1. Matériel et Méthodes	27
1.1 Présentation de la zone d'étude.....	27
1.1.1 Localisation géographique	27
1.2. In vitro.....	27
1.2.1. Matière végétale	27
1.2.2. Préparation d'extrait.....	28
1.2.3. Détermination le teneur en cendres	28
1.2.4. Quantification de la matière organique (glucides, lipides et protéines)	28
1.2.4.1. Préparation des extraits.....	28
1.2.4.2. Estimations quantitatives	29
1.2.5. Analyses quantitatives des extraits méthanoliques.....	31
1.2.5.1. Détermination quantitative des polyphénols	31
1.2.5.2.Détermination quantitative des flavonoïdes	32
1.2.6. Techniques d'analyse spectroscopique et structurale	32
1.2.6.1. Spectroscopie infrarouge	33
1.2.6.2. Diffraction des rayons X (XRD).....	33
1.2.7.L'activité antioxydante	33
1.2.7.1.Test d'inhibition des radicaux libres DPPH*	33
1.2.7.2.Test de capacité de récupération du fer (FRAP).....	34

1.2.7.3. Test du facteur de protection solaire (SPF).....	34
1.2.8. L'Activité anti-inflammatoire Inhibition de la dénaturation de l'albumine	35
1.3. In vivo	36
1.3.1. Matériel biologique	36
1.3.1.1. Conditions de l'animalerie.....	36
1.3.1.2. Répartitions des rats.....	37
1.3.2. Activité antidépressive	37
1.3.2.1. Test de nage forcée	37
1.3.2.2. Le test de suspension par la queue.....	38
1.3.3. Évaluation du pouvoir analgésique	38
1.3.3.1. Test de la plaque chauffante.....	38
1.3.3.2. Test de contorsion induite par l'acide acétique.....	39

ANALYSE ET DES RESULTATS

1. Analyse et des Résultats	42
1.1. Test in vitro	42
1.1.1. Etude physiologique et phytochimique Caractérisation.....	خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.
1.1.1.1. La matière minérale	خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.
1.1.1.2. Estimations quantitatives : métabolisme primaire.....	خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.
1.1.1.3. Taux des Polyphénols de l'extrait de <i>Moringa oleifera</i>	خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.
1.1.1.4. Taux des flavonoïdes de l'extrait de <i>Moringa oleifera</i>	خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.
1.1.1.5. Spectroscopie infrarouge	خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.
1.1.1.6. Diffraction des rayons X (XRD).....	خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.
1.1.1.7. Evaluation de l'activité antioxydante des différents extraits de la plante ...	خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.
1.1.1.8. Evaluation de l'activité anti-inflammatoire des différents extraits de la plante	خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.
1.2. Tests in vivo	خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.
1.2.1. Activité antidépresseur	خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.
1.2.1.1. Test nage forcée	خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.
1.2.1.2. Test de suspension par la queue.....	خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.
1.2.2. Évaluation du pouvoir analgésique	خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.

1.2.2.1. Test de la plaque chauffante.....	خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.
1.2.2.2. Test de contorsion.....	خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.

DISCUSSION DES RESULTATS

1. Discussion des résultats	44
1.1 Test in vitro	خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.
1.1.1. Détermination du pourcentage de matière minérale...	خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.
1.1.2. Quantification de la matière organique (carbohydrates, lipides et protéines) ..	خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.
1.1.3. Polyphénols et flavonoïdes.....	خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.
1.1.4. Spectroscopie infrarouge	خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.
1.1.4.1. Spectroscopie infrarouge d'extraits de plantes.....	خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.
1.1.5. Diffraction des rayons X (XRD)	خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.
1.1.6. Tests Antioxydants	خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.
1.1.7. L'activité anti-inflammatoire	خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.
1.2. Test in vivo	خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.
1.2.1. Effet antidépresseur	خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.
1.2.2. Effet analgésique	خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.
Conclusion et recommandations.....	46
Références	49
ANNEXE	71

Introduction

Depuis l'Antiquité, les plantes médicinales constituent une source essentielle de traitement dans diverses cultures humaines. Elles étaient utilisées pour soigner les maladies et améliorer la santé bien avant l'émergence de la médecine moderne. Avec les avancées des sciences biologiques et chimiques, la valeur thérapeutique de ces plantes a été redécouverte, ce qui a conduit à leur intégration croissante en tant que compléments alimentaires et alternatives naturelles efficaces, notamment face à la montée des effets secondaires des médicaments synthétiques et à la résistance croissante aux antibiotiques (Ekor, 2014; Newman & all, 2020) .

Selon les estimations de l'Organisation mondiale de la santé (WHO, 2013), environ 80 % de la population des pays en développement recourent aux plantes médicinales comme élément fondamental de leur système de soins.

Dans ce contexte, la plante *Moringa oleifera*, mondialement connue sous le nom d'arbre miracle, a suscité un intérêt particulier en raison de sa richesse en composés bioactifs.

Appartenant à la famille des *Moringaceae*, *Moringa oleifera* est un arbre à croissance rapide, originaire du nord-ouest de l'Inde, mais qui s'est largement répandu dans plusieurs régions du monde, y compris en Afrique et en Algérie, grâce à sa capacité à s'adapter à des conditions climatiques extrêmes (Anwar & all, 2007).

Les feuilles de *Moringa oleifera* sont particulièrement riches en polyphénols et flavonoïdes, ainsi qu'en vitamines (A, C, E), minéraux (fer, calcium, zinc) et acides aminés essentiels. Ces constituants actifs sont à l'origine de nombreuses propriétés thérapeutiques telles que l'activité antioxydante (Sreelatha & all, 2009) (Dhakad & all, 2019) (Pandey & all, 2012).

En Algérie, la culture de *Moringa oleifera* s'est progressivement développée au cours de la dernière décennie, notamment dans les régions du Sud où le climat désertique chaud et sec constitue un environnement favorable à sa croissance. La wilaya d'El Oued, en particulier, se distingue par son rôle pionnier dans l'intégration de cette plante dans les systèmes agricoles locaux, à des fins alimentaires et thérapeutiques, soutenue par une prise de conscience croissante de ses bienfaits parmi la population ainsi que par certaines initiatives agricoles et scientifiques.

Cependant, les études scientifiques portant sur la composition biochimique des extraits de *Moringa oleifera* cultivée localement en Algérie demeurent limitées, en particulier celles évaluant son efficacité biologique dans les applications liées au système nerveux, telles que la gestion de la douleur, de l'anxiété et de la dépression.

Ainsi, cette étude vise à évaluer les activités biologiques des extraits de feuilles de *Moringa oleifera* cultivées dans la wilaya d'El Oued, en utilisant des modèles in vitro et in vivo, avec un accent particulier sur leurs propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires, analgésiques et neuroprotectrices. Elle a également pour objectif de déterminer la composition en polyphénols, protéines, lipides et éléments minéraux des extraits, afin de juger de leur valeur en tant que complément alimentaire naturel à potentiel multifonctionnel.

À la lumière de ce qui précède, cette étude soulève la problématique suivante:

Les extraits de feuilles de *Moringa oleifera* cultivées dans la wilaya d'El Oued peuvent-ils être considérés comme un complément alimentaire naturel efficace, doté de propriétés anti-inflammatoires, analgésiques et bénéfiques contre les troubles neurologiques tels que l'anxiété et la dépression?

Afin d'atteindre nos objectifs nous avons subdivisé notre travail en deux parties, théorique et pratique ; pour la première partie nous l'avons destiné à une synthèse bibliographique qui nous a permis de mieux connaître la plante sujette d'étude, la deuxième partie représentant nos travaux pratiques in vitro et in vivo élaborés au sein du laboratoire pédagogique de notre faculté.

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Généralités sur le *Moringa oleifera*

Moringa oleifera, appartient à la famille des *Moringaceae* et également connu sous le nom « arbre de la vie », est couramment employé dans la médecine traditionnelle. C'est un buisson qui provient du sud de l'Asie, d'Afrique et des îles des Caraïbes (Alhakmani, et all, 2013).

Cette plante possède de multiples caractéristiques appréciables, ce qui en fait un objet d'étude particulièrement intéressant (Laleye, et all, 2015). Elle est particulièrement prometteuse compte tenu de :

- Sa richesse en nutriments.
- Son activité antioxydante.
- La présence de composés phytochimiques.
- Sa facilité d'élevage et de transformation.

2 .Taxonomie et diversité spécifique du genre *Moringa*

2.1. Position systématique de *Moringa oleifera*

Tableau (1) : La classification systématique du *Moringa* (Imohiosen, et all, 2014)

Règne	plantea
Sous-règne	<i>Tracheobionta</i>
Super Division	Spermatophyta
Division	<i>Magnoliophyta</i>
Classe	<i>Magnoliopsida</i>
Sous-classe	<i>Dilleniidae</i>
Commande	<i>Capparales</i>
Famille	<i>Moringaceae</i>
Genre	<i>Moringa</i>
Espèce	<i>Oleifera</i>

3. Origine et répartition géographique

Moringa oleifera trouve ses origines en Asie du Sud, où il se développe sur les pentes de l'Himalaya, notamment dans le nord-ouest de l'Inde, le Pakistan et l'Afghanistan (Atakpama et al., 2014; Mangale, et all, 2012). La culture du *Moringa* s'est d'abord

développée en Inde et au Pakistan, avant de se propager vers le Moyen-Orient, puis vers l'Afrique, tout le long de la ceinture tropicale. Elle a ensuite atteint la Méditerranée et plus tard les Indes Occidentales, pour être finalement distribuée en Amérique Centrale, Amérique du Nord et dans les Caraïbes (Vilaseca, et al., 2014).

De nos jours, le *Moringa* occupe une vaste étendue géographique et on le trouve dans de nombreux pays subtropicaux ou tropicaux à saison sèche, voire en zone aride grâce à sa capacité d'adaptation à divers types de sols. Il peut survivre même dans les sols les plus difficiles et les plus secs (Leone et al., 2016; Mashela, 2017; Minaiyan, et al., 2014), et il tolère des températures allant jusqu'à 48 °C à l'ombre (Freire et al., 2015; Neto et al., 2017).

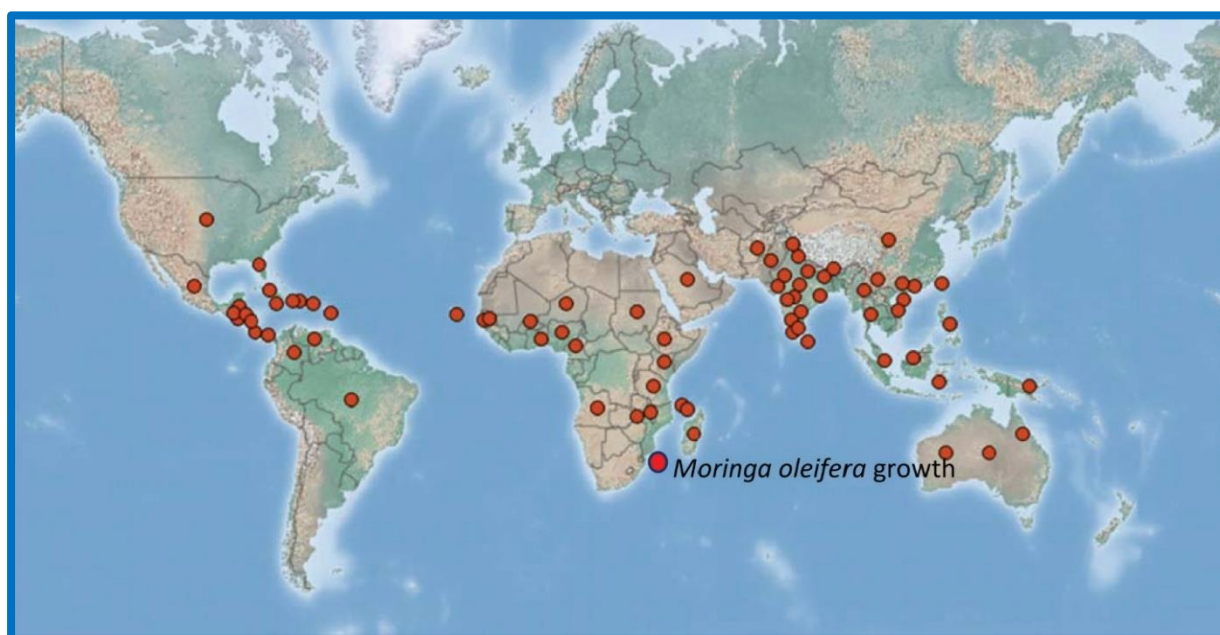


Figure (1): Topographical distribution of *Moringa oleifera* (Bhattacharya & al., 2018).

4. Description botanique de *Moringa oleifera* Lam

●Port

Moringa oleifera, souvent appelé « arbre miracle », est une plante à croissance rapide qui peut, à maturité, atteindre entre 10 et 15 mètres de hauteur et posséder un diamètre pouvant aller jusqu'à 3 mètres. Elle nécessite peu d'eau et peut résister à une sécheresse prolongée de jusqu'à six mois (Neto et al., 2017). Le tronc présente une teinte gris violacé, il est habituellement droit, bien qu'il puisse se ramifier et parvenir jusqu'à 3 mètres de hauteur. Les branches se développent de façon chaotique et la canopée ressemble à un parasol (Foidl, et al., 2001) .



Figure (2) : Image montrant le tronc et les branches d'un arbre de moringa (Montagnini, F., & Metzel, R.,2018)

●Feuilles

Ses feuilles, qui sont caduques et disposées en alternance, sont bi ou tripennées. Elles ne possèdent pas de stipules, mais présentent des glandes à la base des pétioles. Elles se développent principalement dans la partie terminale des branches. Elles varient de 20 à 70 cm en longueur, possédant également un long pétiole doté de 8 à 10 paires de pennes (Botineau, 2010). Chacune d'elles est constituée de deux paires de folioles opposées.



Figure (3) : Image montrant les feuilles de l'arbre de Moringa (<https://nutrascan.com/moringa/>)

●Fleurs

Ses fleurs, hermaphrodites et zygomorphes, ont une largeur de 2,5 cm et se déclinent en panicules axillaires et tombants d'une hauteur de 10 à 25 cm. Elles sont de couleur blanche, généralement en quantité abondante, et diffusent un parfum agréable (Foidl et al., 2001).



Figure (4) : Image montrant les fleurs de l'arbre de Moringa (wikipedia, 2025)

●Fruits et grains

Ses fruits se présentent sous forme de gousses tripartites d'une longueur de 20 à 60 cm. Les gousses desséchées se fendent en trois sections, libérant de 12 à 35 graines (Makkar & Becker, 1997) . Selon (Panchal, et all, 2010) , les graines en question sont sphériques, dotées d'une enveloppe semi-perméable de couleur brunâtre, et leur poids peut osciller entre 130 et 320 mg. Selon (Makkar & Becker, 1997), chaque arbre produit annuellement entre 15 000 et 25 000 graines.



Figure (5) : Images montrant les graines et les fruits de l'arbre de Moringa (Gerbeaud.,2019).

●Racines

Moringa oleifera possède un système racinaire tubulaire avec une tige pivotante centrale capable de s'étendre dans le sol jusqu'à 1,30 mètre, lui conférant par conséquent une forte résistance à la sécheresse. Ensuite, des racines secondaires dérivées du pivot central se développent latéralement pour former une chevelure épaisse (Olson, 2002).



Figure (6) : Image montrant les racines de l'arbre de Moringa (Bomo, A. 2019)

5. Métabolites secondaires isolés de *Moringa oleifera* Lam

Moringa oleifera est une plante largement étudiée pour sa richesse en composés bioactifs. Parmi ces derniers, on retrouve des isothiocyanates, des glucosinolates, des flavonoïdes, des acides phénoliques, des acides gras, des stérols, des glycosides, des composés azotés et des huiles essentielles. Voici une synthèse des métabolites isolés à partir de différentes parties de cette plante, basée sur diverses recherches scientifiques :

5.1. Isothiocyanates et glucosinolates

- Une concentration élevée de 4-(α -L-rhamnosyloxy) -benzyl isothiocyanate a été mise en évidence dans les graines (Bennett et al., 2003).
- Le benzyl glucosinolate a été identifié dans les racines et les feuilles, avec des isomères acétylés spécifiquement présents dans ces dernières (Bennett et al., 2003).
- Des composés tels que niazimicin, niazirin, niaziminin A & B ont été extraits des feuilles (Faizi et al., 1995; Faizi et al., 1994).
- Les glycosides nitriles niaziridin & niazirin ont été détectés dans les feuilles, les gousses et l'écorce grâce à l'HPLC (Shanker et al., 2007).

5.2 .Flavonoïdes et acides phénoliques

- L'analyse HPLC a révélé la présence de quercétine-3-O-glucoside, kaempférol-3-O-glucoside, rutine et acides chlorogéniques dans les feuilles (Ndong, et all, 2007; Siddhuraju & Becker, 2003).

- De nouveaux flavonoïdes , notamment kaempferide 3-O-(2''3''-diacetylglucoside) et kaempférol 3-O[α -rhamnosyl-(1 $\rightarrow$ 2)]-[α -rhamnosyl-(1 $\rightarrow$ 4)]- β -glucoside-7-O- α -rhamnoside , ont été isolés (Manguro & Lemmen, 2007).

- Plusieurs acides phénoliques, tels que l'acide gallique, l'acide chlorogénique, l'acide ellagique, l'acide férulique, ainsi que des flavonoïdes comme le kaempférol et la quercétine, ont été caractérisés par HPLC et MS/MS (B. N. Singh et al., 2009; Verma, et all, 2009).

5.3 .Acides gras et stérols

- Les graines sont particulièrement riches en stigmasterol (18,8 %) et en α -tocophérol (140,5 mg/kg) (Anwar & Rashid, 2007).

- Des analyses ont permis d'identifier β -sitostérol, acide linoléique, trioleine et linoleic sitosteroate dans les extraits lipidiques (Yammuenart et all, 2008).

- Le β -sitostérol-3-O- β -D-glucopyranoside a été extrait de différentes parties de la plante à l'aide de solvants organiques (Yammuenart et al., 2008).

5.4 .Composés azotés et glycosides

- Un dérivé original, O-ethyl-4-(α -L-rhamnosyloxy) benzyl carbamate, a été identifié dans les graines, accompagné de niazirin et niazirinine (Guevara et al., 1999; Shanker et al., 2007).

- Les feuilles, les gousses et l'écorce renferment divers thiocarbamates, carbamates et nitriles glycosides, confirmés par des analyses spectroscopiques (Faizi et al., 1995).

- Des composés rares, tels que aurantiamide acetate et 1,3-dibenzyl urée, ont été extraits des racines (Sashidhara et al., 2009).

- Des polysaccharides composés de D-galactose, acide galacturonique, arabinose et rhamnose ont été caractérisés dans les extraits aqueux des gousses (Roy et al., 2007).

5.5 .Huiles essentielles et composés aromatiques

L'analyse GC-MS des huiles essentielles extraites des feuilles a mis en évidence 44 composés aromatiques, dont α -phellandrène (25,2 %) et p-cymène (24,9 %) (Ogunbinu, et all, 2009).

- Plusieurs acides gras et esters, comme hexadecanoic acid, ethyl palmitate, palmitic acid ethyl ester, ont été détectés (Nepolean, et all, 2009).

- Les graines renferment des composés tels que Roridin E, Veridiflorol et 9-Octadecenoic acid, tandis que les fleurs contiennent Oleol, Satol, Ocenol, Sipo, Decanoic acid et Dodecanal (Nepolean et al., 2009).

5.6 .Autres composés d'intérêt médical

- Des molécules aux propriétés antibactériennes, notamment spirochin et pterygospermin, ont montré une efficacité contre des bactéries à Gram positif et à Gram négatif (Ndong et al., 2007).

- Kaempférol-3-rutinoside a été détecté dans les fleurs, tandis que l'écorce contient divers composés tels que 4-hydroxy mellein, vanilline, octacosonoic acid, β -sitostérol et β -sitostérone (Manguro & Lemmen, 2007).

La structure de quelques composés phytochimiques principaux isolés de *M. oleifera* est illustrée dans (Annexe 2).

6. Propriétés nutritives

M. oleifera est une véritable source de nutriments essentiels et de composés bioactifs .

Un aperçu détaillé des nutriments présents dans les feuilles, les gousses et les graines est présenté dans le Tableau(2)

Tableau (2) : La composition nutritionnelle des feuilles, de la poudre de feuilles, des graines et des gousses.

Nutriments	Feuilles fraîches	Feuilles sèches	Poudre de feuilles	Graines	Gousses
Calories (kcal)	92	329	205	-	26
Protéines (g)	6,7	29,4	27,1	35,97±0,19	2,5
Lipides (g)	1,7	5,2	2,3	38,67±0,03	0,1
Glucides (g)	12,5	41,2	38,2	8,67±0,12	3,7
Fibres (g)	0,9	12,5	19,2	2,87±0,03	4,8
Vitamine B1 (mg)	0,06	2,02	2,64	0,05	0,05
Vitamine B2 (mg)	0,05	21,3	20,5	0,06	0,07

Vitamine B3(mg)	0,8	7,6	8,2	0,2	0,2
Vitamine C (mg)	220	15,8	17,3	4,5±0,17	120
Vitamine E (mg)	448	10,8	113	751,67±4,41	-
Calcium (mg)	440	2185	2003	45	30
Magnésium (mg)	42	448	368	635±8,66	24
Phosphore (mg)	70	252	204	75	110
Potassium (mg)	259	1236	1324	-	259
Cuivre (mg)	0,07	0,49	0,57	5,20±0,15	3,1
Fer (mg)	0,85	25,6	28,2	-	5,3
Soufre (mg)	-	-	870	0,05	137

Toutes les valeurs sont exprimées pour 100 g de matière végétal (Fuglie, 2005b)

7. Aspects ethno-pharmacologiques et applications thérapeutiques de *Moringa oleifera* Lam

Depuis l'Antiquité, *M. oleifera* a été intégré dans l'alimentation humaine en raison de ses précieuses propriétés thérapeutiques (Tableau 3). Divers remèdes traditionnels dérivés de cette plante possèdent des vertus ethno-médicinales et sont utilisés depuis des siècles pour traiter différentes infections. Presque toutes les parties de la plante (feuilles, gousses, écorce, gomme, fleurs, graines, huile de graines et racines) ont été employées à des fins médicinales (Stohs & Hartman, 2015) .

Tableau (3): Utilisation ethno-pharmacologique des *Moringaceae*

Nom de la plante	Partie(s) utilisée(s)	Pays	Utilisation médicinale	Références
<i>M.oleifra</i>	Feuilles	Thaïlandais	Activités hypolipidémiants et anti-athérosclérotiques	(Chumark et al., 2008)
	Feuilles	Rural ougandais	Complément vitaminique (malnutrition), Paludisme/Fièvre, Antihypertenseur, Diabète sucré, Stimulateur de lactation, Impuissance, Symptômes liés au VIH/SIDA, Plaies	(Kasolo et all, 2010)

			externes/Ulcères	
	Feuilles	Inde	Agent anti-diabétique (Type II)	(William et all, 1993)
	Feuilles	Gujarat, Inde	Agent anti-dyslipidémique	(Nambiar et all, 2010)
	Feuilles	Andhra Pradesh, Inde	Agent anti-dyslipidémique, Agent antidiabétique (Type II)	(Kumari, 2010)
	Feuilles	Afrique du Sud	Propriétés antiprolifératives (cancer du poumon)	(Tiloke et all, 2013)
	Feuilles	Pays africain	Complément nutritionnel	(Fuglie, 2005a)
	Feuilles / Racine / Tige	Zimbabwe	Renforce le système immunitaire chez les patients séropositifs (VIH).	(Monera & Maponga, 2012)
	Graine et feuille	Guatemala	Traitement des maladies infectieuses de la peau et des muqueuses.	(Rockwood, et all, 2013)
	Feuille	Nigeria	Paludisme, Douleur abdominale, Hypertension artérielle, AVC, Rhumatisme, Maladie chronique (infection au VIH).	(Popoola & Obembe, 2013)
	Graine	Nigeria	Soulage la douleur abdominale, l'ulcère et la douleur articulaire.	(Popoola & Obembe, 2013)
	Écorce	Nigeria	Hypertension, Diabète, Efficace contre les morsures de serpent et de scorpion.	(Popoola & Obembe, 2013)
	Racine	Nigeria	Troubles nerveux, Hystérie, Douleur, Hémorroïdes, Mal de dents, Stimulant sexuel.	(Popoola & Obembe, 2013)
	Feuilles	Kerala, Inde	Cancer, Rafrâichissement des yeux, Rhume, Toux.	(Yabesh et all, 2014)

	Écorce	Kerala, Inde	Trouble utérin, Contraception féminine.	(Yabesh et al., 2014)
	Graine	Kerala, Inde	Agent rafraîchissant	(Yabesh et al., 2014)
	Fleur	Kerala, Inde	Production de sperme	(Yabesh et al., 2014)

8. Utilisations pharmacologiques

Des études pharmacologiques récentes ont mis en évidence que divers extraits de *Moringa oleifera* possèdent une large gamme d'activités pharmacologiques, notamment des propriétés antimicrobiennes (Mishra et al., 2011) antifongiques (Upadhyay et al., 2015), anti-inflammatoires (A. Singh & Navneet, 2018), antioxydantes (Banik et al., 2018), anticancéreuses (Parvathy & Umamaheshwari, 2007), favorisant la fertilité (Venkatesh et al., 2019) et la cicatrisation des plaies (Mishra et al., 2011).

D'autres effets pharmacologiques sont également mentionnés (annexe 1).

8.1 .Activité antioxydante

Des composés bioactifs tels que les glucosinolates (Nunthanawanich et al., 2016) , les isothiocyanates (Borgonovo et al., 2020), les thiocarbamates (Albuquerque Costa et al., 2017), les flavonoïdes (Vergara-Jimenez et al., 2017) , ainsi que d'autres substances présentes dans les gousses de *Moringa oleifera*, ont été étudiés pour leur capacité à neutraliser les espèces réactives de l'oxygène. L'extrait aqueux de la plante a démontré une forte activité piègeuse des radicaux libres (A. Singh & Navneet, 2018). Selon certaines études antérieures, cette activité antioxydante pourrait être attribuée principalement à la kaempférol, un composé largement présent dans les feuilles de la plante (Mishra et al., 2011). Un effet synergique de la *Moringa* en combinaison avec la pipérine et la curcumine a également été observé contre le stress oxydatif induit par la toxicité du béryllium chez les Rats Wistar (Agrawal et al., 2015). Par ailleurs, l'extrait alcoolique de la plante a permis de réduire la cataractogénèse induite par le glucose dans des cristallins d'yeux de chèvre isolé, en régulant les niveaux de glutathion réduit (GSH) (Sasikala et al., 2010). Le myricétine, un composé issu des graines de *Moringa*, a montré une activité antioxydante supérieure à celle du BHT et de l'alpha-tocophérol. De plus, l'extrait de feuilles de *M. oleifera* et des composés tels que l'isoquercétine, l'astragaline

et l'acide crypto-chlorogénique ont contribué à la réduction des espèces réactives de l'oxygène (ROS) dans les cellules HEK-293 (Vongsak et al., 2015). Chez des volontaires en bonne santé, la consommation de *Moringa* a entraîné une diminution des niveaux plasmatiques de MDA et du glucose plasmatique à jeun (FPG), comparativement à un groupe témoin ayant consommé de l'eau chaude. Une augmentation dose-dépendante du GSH et une baisse du MDA ont été observées avec l'extrait alcoolique de la plante, sans effets toxiques notables jusqu'à une dose de 100 mg/kg (voir Figure 6) (Banik et al., 2018).

8.2 .Activité anti-inflammatoire

Différentes parties de *Moringa oleifera* (feuilles, gousses, fleurs et racines) ont démontré une activité anti-inflammatoire significative. Un composé isolé de la plante, le 4-[2-o-Acetyl-alpha-L-rhamnosyloxy) benzyl] thiocyanate, a montré une capacité à inhiber la production de l'oxyde nitrique, et son efficacité a été confirmée sur les lignées cellulaires Raw264.7 (Tan et al., 2015). Deux autres composés issus des racines de *M. oleifera*, à savoir l'aurantiamide acétate et la 1,3-dibenzylurée, ont démontré une inhibition de la production du facteur de nécrose TNF- α (Cuellar-Núñez et al., 2021). Parmi les principes actifs de la plante aux propriétés anti-inflammatoires, on retrouve les tanins, les phénols, les alcaloïdes, les flavonoïdes, les caroténoïdes, le β -sitostérol, la vanilline et la moringine (Bhattacharya et al., 2018). L'extrait du fruit de *M. oleifera* a montré une capacité à bloquer la translocation du facteur $\text{N}\kappa\text{B}$. Toutefois, l'extrait au chloroforme s'est révélé cytotoxique à des concentrations élevées (500–1000 $\mu\text{g/ml}$) (Abdel-Daim et al., 2020). Par ailleurs, un extrait de feuilles de *Moringa* utilisé chez des Rats pour traiter la dermatite atopique sur des kératinocytes humains a permis de réduire l'expression de l'ARNm du récepteur au mannose, de la TSLP et du récepteur orphelin lié à l'acide rétinoïque γT dans les tissus de l'oreille (Figure 7) (Choi et al., 2016).

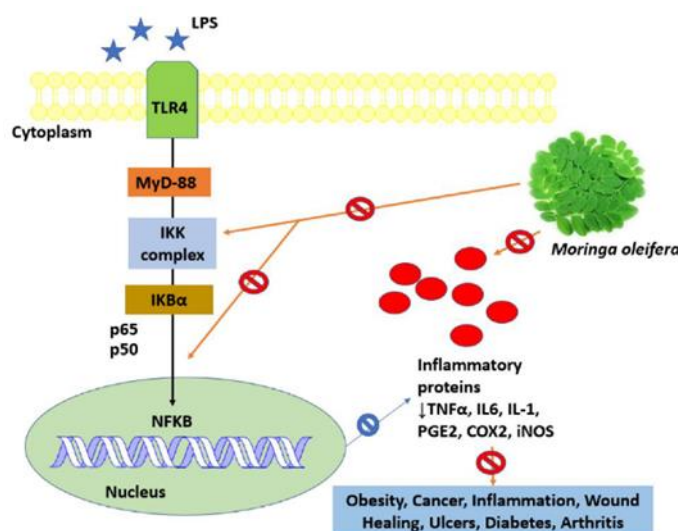


Figure (7) : *Moringa oleifera* en tant que marqueur oxydatif et inflammatoire

Moringa inhibe la phosphorylation de I κ B α , empêchant ainsi l'activation du facteur N κ B. Cela bloque la translocation nucléaire et la dimérisation de I κ B α et NFKB, inhibant ainsi la formation de protéines inflammatoires telles que le TNF α , la COX-2, l'IL-6 et l'iNOS. Par conséquent, cela permet de réduire l'inflammation et de traiter d'autres troubles comme l'obésité, l'arthrite, le cancer, le diabète et l'ulcère.

8.3 .Activité Neuropharmacologique

Les résultats antérieurs ont prouvé que l'extrait de feuilles rétablit les niveaux de monoamines dans le cerveau et est très utile dans la maladie d'Alzheimer, tandis que l'activité in vitro de l'extrait éthanolique des feuilles a montré un effet anticonvulsivant sur les niveaux de dopamine, de norépinéphrine, d'activité locomotrice et de sérotonine (5HT) dans le cerveau dans le modèle de convulsions induites par la pénicilline (Amrutia et al., 2011; Ray & Guha, 2005). L'extrait méthanolique de racines chez les souris induites par le pentobarbital sodique et le diazépam a des effets sédatifs remarquables sur le système nerveux central en améliorant la durée du sommeil (Liu et al., 2022). La fraction d'acétate de toluène de l'extrait méthanolique a prouvé son efficacité en tant qu'agent nootrope possible (Mohan et al., 2005). Les feuilles ont montré une bonne activité anti-convulsivante dans un modèle induit par le tétrazoline de phényle et des chocs électriques maximaux chez des souris albinos mâles (Amrutia et al., 2011). L'extrait aqueux des racines a bloqué les crises épileptiques induites par la pénicilline chez des rats albinos adultes (Ray & Guha, 2005). L'extrait éthanolique des feuilles a présenté des propriétés anxiolytiques, confirmées par des expériences

comportementales utilisant l'actophotomètre et le dispositif rotarod, respectivement (Figure 8) (Bhattacharya et al., 2018) .

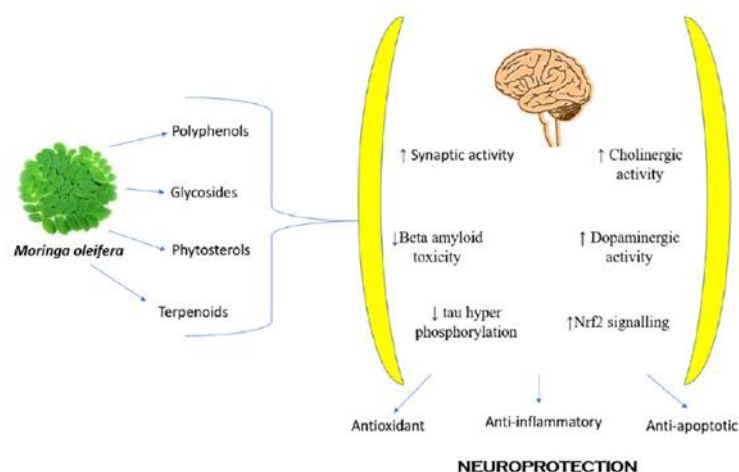


Figure (8) : Les différents phyto-constituants présents dans *Moringa oleifera* sont responsables de nombreux effets neuroprotecteurs

M. oleifera contribue à l'augmentation de l'activité synaptique, de l'activité cholinergique, de l'activité dopaminergique, ainsi qu'à la régulation du facteur de transcription Nrf2. En parallèle, elle réduit la toxicité des bêta-amyloïdes et la phosphorylation des protéines tau.

8.4 .Douleur Neuropathique

La richesse en phyto-constituants de l'extrait de feuilles de *Moringa oleifera* a conduit les chercheurs à envisager une alternative à base de plantes pour le traitement de la douleur neuropathique chronique due à une constriction. Cette approche vise à réduire la dépendance aux analgésiques classiques dans ce type de pathologie. Des Rats diabétiques présentant une douleur neuropathique induite par une constriction chronique ont été utilisés pour l'étude. Les tests réalisés avant et après l'administration de l'extrait de feuilles de *Moringa* ont révélé une amélioration significative de l'état neuropathique chez les Rats diabétiques. Ces résultats suggèrent que la réduction du stress oxydatif pourrait être l'un des mécanismes responsables de l'effet thérapeutique, ce qui fait du *Moringa* une source prometteuse et innovante pour le traitement de la douleur neuropathique (Khongrum et al., 2012). Une autre équipe de recherche a étudié les fractions bio-guidées de l'extrait de graines de moringa dans un modèle de douleur neuropathique induite par le diabète. Après une série de tests expérimentaux sur le stress oxydatif et d'autres paramètres chez des Rats traités et non traités, il a été observé que

les Rats ayant reçu l'extrait présentaient un bon contrôle glycémique, des propriétés antinociceptives notables, et un effet neuroprotecteur puissant, avec une grande marge de sécurité (Figure 8) (Raafat & Hdaib, 2017).

8.5 .Activité analgésique/antipyrétique

L'extrait de feuilles de *Moringa* présente une activité analgésique dans presque toutes les parties de l'arbre, tant dans des modèles animaux centraux que périphériques (Bhattacharya et al., 2018). Plusieurs fractions d'extraits alcooliques, telles que l'éther pétrolier, le n-butanol, l'acétate d'éthyle et l'éther diméthylé, ont montré une activité analgésique puissante par rapport à l'aspirine de référence (Martínez-González et al., 2017) . À une dose de 30–300 mg/kg, les extraits polaires et non polaires des feuilles ont entraîné une diminution remarquable des niveaux de prostaglandines et de bradykinine par rapport aux extraits de graines et de racines dans une étude nociceptive induite par l'œdème de la patte au formol (Martínez-González et al., 2017). Les fractions d'éther et d'acétate d'éthyle des graines ont été étudiées dans un modèle d'hyperpyrexie (Mohan et al., 2005), en prenant le paracétamol à une dose de 200 mg/kg comme référence, et l'extrait a montré la meilleure activité antipyrétique parmi tous les extraits (A. Singh & Navneet, 2018).

8.6 .Activité antimicrobienne et antifongique

L'extrait éthanolique des racines de *Moringa oleifera* contient un composé appelé N benzylethyl thioformate (un aglycone du déoxyniazimincin), responsable de son effet antimicrobien et antifongique contre un large éventail de microbes et de champignons (Upadhyay et al., 2015) L'extrait méthanolique des feuilles de *M. oleifera* pourrait inhiber les infections des voies urinaires causées par des bactéries à Gram négatif et Gram positif, telles que *Klebsiella pneumoniae*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* et *Staphylococcus saprophyticus* (Maurya & Singh, 2014) .

L'effet inhibiteur des extraits de feuilles, graines et tiges de *M. oleifera* a été observé sur plusieurs souches fongiques, notamment : *Aspergillus flavus*, *Aspergillus terreus*, *Aspergillus nidulans*, *Rhizoctonia solani*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus oryzae*, *Fusarium solani*, *Penicillium sclerotigenum*, *Cladosporium cladosporioides*, *Trichophyton mentagrophytes*, ainsi que sur des espèces de *Penicillium* et *Pullarium* (Upadhyay et al., 2015), les graines de *M. oleifera* contiennent des composants actifs tels que le 4-(alpha-L-rhamanosyloxy) benzyl isothiocyanate, qui serait responsable de leur activité antimicrobienne (Padla, Solis, Levida,

Shen, & Ragasa, 2012), de plus, le jus des feuilles de moringa a montré un potentiel intéressant contre les bactéries pathogènes humaines (Mishra et al., 2011). Par ailleurs, l'extrait méthanolique des feuilles a démontré une inhibition de près de 99 % contre le champignon *Botrytis cinerea* (un champignon nécrotrophe des plantes) (Ahmadu et al., 2020) .

Le fruit de *Moringa oleifera* contient des alcaloïdes, des flavonoïdes et des stéroïdes, qui exercent un effet inhibiteur sur la culture de *Candida albicans*, soit en dénaturant les protéines, soit en empêchant la germination des spores grâce à la structure stéroïdienne qu'ils possèdent (Moodley et al., 2018)

Des effets antimicrobiens puissants de l'extrait du noyau des graines de Moringa ont été observés contre *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, ainsi que contre les espèces de *Mucor* et *Aspergillus*. Cependant, son efficacité s'est révélée plus faible contre *Pseudomonas aeruginosa* et *Escherichia coli*. Cela suggère que, mis à part ces deux dernières, l'extrait de graines de Moringa pourrait être utilisé pour traiter les infections causées par les autres micro-organismes mentionnés (Dinesha et al., 2018), une étude récente a montré que seul l'extrait apolaire obtenu à partir des graines de *M. oleifera* présente une activité antimicrobienne contre les bactéries à Gram positif (Anzano et al., 2022).

8.7 .Activité anticancéreuse

Différentes parties de *Moringa oleifera* (fruits, feuilles, fleurs, tiges) ont démontré des effets bénéfiques contre le cancer. Des composés isolés tels que les thiocarbamates et les isothiocyanates issus de la Moringa agissent comme inhibiteurs des cellules tumorales (Guevara et al., 1999; Parvathy & Umamaheshwari, 2007) . La fraction au dichlorométhane a révélé une cytotoxicité marquée contre les cellules cancéreuses du sein MCF-7 (Mohd Fisall et al., 2021). Le niazimincin a été identifié comme un agent chimio-préventif prometteur contre la cancérogenèse chimique (Upadhyay et al., 2015). Les extraits alcooliques et hydro-méthanoliques des fruits et feuilles ont montré une réduction significative de la croissance tumorale dans un modèle murin de mélanome (Bhattacharya et al., 2018). Par ailleurs, l'eau distillée à froid et soluble issue de la Moringa a inhibé la prolifération des cellules tumorales et réduit la production d'espèces réactives de l'oxygène (ROS) dans les cellules cancéreuses (A. Singh & Navneet, 2018). Une étude récente de modélisation informatique a suggéré que la Moringa contient de la rutine, un composé possédant une forte affinité de liaison avec le gène BRCA-1 (gène du cancer du sein) (Balogun et al., 2021).

8.8. Fertilité et activité anti-fertile

En plus de ses nombreux bienfaits, *Moringa oleifera* possède des propriétés influençant la fertilité ainsi que des effets abortifs. L'extrait aqueux administré à des doses de 200 et 400 mg/kg a montré une activité anti-fertile marquée et un effet abortif significatif (Upadhyay et al., 2015). Des recherches récentes sur les extraits chauds et froids des feuilles de *Moringa* suggèrent que la consommation de la plante avant, pendant ou après la grossesse pourrait avoir des effets néfastes sur le développement fœtal, en provoquant notamment des contractions utérines intenses (Attah et al., 2020).

8.9. Activité hépatoprotectrice

Parmi les nombreux flavonoïdes présents dans *Moringa oleifera* (quercétine, kaempférol, isoquercétine, rhamnétine, etc.), la quercétine présente dans les fleurs de *Moringa* est considérée comme le principal responsable de l'effet hépatoprotecteur (Upadhyay et al., 2015). Un extrait méthanolique à faible dose a montré des modifications du profil hépatonéphrologique et hématologique, avec des changements significatifs dans la concentration des aminotransférases sériques, du cholestérol plasmatique, de la phosphatase alcaline, de la bilirubine et des niveaux de LPO sérique. Cependant, à des doses plus élevées, l'extrait a modifié les niveaux de bilirubine totale, d'urée sanguine, d'azote non protéique et a réduit le temps de coagulation (Mishra et al., 2011). Dans un modèle de lésions hépatiques induites par le paracétamol chez des rats Sprague-Dawley, où le médicament standard utilisé était la silymarine, *Moringa* a montré des propriétés hépatoprotectrices similaires en réduisant les niveaux d'AST, ALT et ALP (Sharifudin et al., 2013). Les graines de *Moringa* se sont également avérées efficaces contre la fibrose hépatique induite par le tétrachlorure de carbone, comme l'indiquent la réduction de l'activité des aminotransférases sériques et des niveaux de globuline (Hamza, 2010). Un traitement régulier avec cet extrait pendant environ 21 jours, administré sous forme de régime, a significativement réduit les lésions hépatiques. Cet effet a été attribué à la présence d'alkaloïdes, de quercétine, de kaempférol, de flavonoïdes, d'acide ascorbique et de glucosinolates benzylés dans cette plante (Bhattacharya et al., 2018).

8.10. Activité cardiovasculaire

Les extraits aqueux et alcooliques lyophilisés de *Moringa oleifera* ont montré une activité cardioprotectrice chez des animaux induits avec un infarctus du myocarde par isoprotérénol (Nandave, Ojha et al., 2009). Un traitement chronique avec *M. oleifera* a eu un

effet bénéfique sur les hémodynamiques induites par l'isoprotérénol et a amélioré les niveaux d'enzymes telles que la SOD, la catalase, la lactate déshydrogénase, la glutathion peroxydase et la créatine kinase (Nandave et al., 2009). L'extrait butanolique s'est révélé être une source riche en antioxydants chez les rats présentant une nécrose cardiaque induite par l'isoprotérénol. De plus, il a été observé que cet extrait réduisait de manière significative les niveaux d'inflammation et de nécrose myocardique grâce à la présence du composé N- α -rhamnopyranosyl vincosamide (Panda, Kar et al, 2013). Les feuilles de Moringa ont réduit de manière significative les niveaux de cholestérol en montrant un effet protecteur sur des rats hypertendus. Les constituants actifs responsables de cette activité ont été identifiés comme la niazirmin A, la niazirmin B et la niazimincine (Bhattacharya et al., 2018).

8.11. Activité anti-ulcéreuse/ gastroprotectrice

Les bisphénols et flavonoïdes présents dans les feuilles de Moringa ont montré une réduction de l'indice d'ulcère, des ulcères duodénaux et des ulcères de stress dans un modèle de l'ulcère gastrique induit par l'ibuprofène (Bhattacharya et al., 2018). L'extrait de Moringa a significativement réduit les radicaux libres et neutralisé l'acidité du suc gastrique, exerçant ainsi un effet protecteur contre le développement de l'ulcère gastrique (Ijioma et al., 2018). La présence de flavonoïdes dans la plante a montré un effet protecteur contre la formation d'ulcères en augmentant la résistance capillaire et en améliorant la microcirculation, ce qui a conduit à une réduction des lésions cellulaires (Mallya et al, 2017).

8.12. Effet Cicatrisant

Un effet significatif sur la cicatrisation des plaies, qu'elles soient par incision ou excision, a été observé avec l'extrait d'acétate d'éthyle et l'extrait aqueux des feuilles de *M. oleifera* à une dose de 300 mg/kg (Mishra et al., 2011). Des études précliniques ont montré que les extraits de feuilles, de graines et de pulpe séchée favorisent la fermeture des plaies, renforcent la résistance à la rupture du tissu granuleux, et réduisent la fragilité de la peau au niveau des cicatrices (Muhammad et al, 2016). Chez les animaux diabétiques, les extraits de feuilles ont donné des résultats prometteurs en régulant à la baisse les marqueurs inflammatoires et en augmentant le taux du facteur de croissance endothélial vasculaire dans les tissus blessés (Bhattacharya et al., 2018). Les composés de l'extrait aqueux ont également montré une efficacité notable contre les ulcères du pied diabétique en modulant négativement différents marqueurs inflammatoires (Muhammad et al., 2016). Un test in vitro a été réalisé afin d'identifier l'extrait standardisé le plus efficace, lequel a ensuite été transformé en film

cicatrisant. Les résultats ont démontré que l'extrait aqueux favorisait au maximum la prolifération et la migration cellulaires parmi tous les extraits testés (Awodele et al, 2012).

8.13. Activité Immunomodulatrice

L'extrait méthanolique de *Moringa oleifera* contient des constituants (Bhattacharya et al., 2018) actifs tels que l'isothiocyanate et le cyanoglycoside, connus pour leurs effets immunostimulants, permettant ainsi de renforcer efficacement le système immunitaire. Une revue récente indique que divers composés bioactifs issus de cette plante ont été utilisés pour traiter différentes affections liées au système immunitaire, notamment le cancer, l'hypertension et le diabète, en contribuant à améliorer l'immunité de l'hôte (Mehwish et al., 2022).

8.14. Activité Hématologique

M. oleifera a démontré des effets bénéfiques notables sur le plan hématologique. Une étude randomisée en double aveugle a révélé que l'extrait aqueux des feuilles améliore de manière significative les niveaux d'hémoglobine chez les femmes présentant des taux faibles (entre 8 et 12 g/dl) (Suzana, Suyatna et al, 2017). Une autre recherche a montré qu'une prise quotidienne de feuilles de Moringa pendant 14 jours chez des volontaires sains entraînait une augmentation significative du nombre de plaquettes

8.15. Activité Anti-Obésité

Une étude a révélé que l'administration orale de poudre de feuilles de *Moringa oleifera* pendant environ 49 jours induisait une réduction significative de l'IMC chez des rats souffrant d'hypercholestérolémie (Bais et al, 2014). Ce résultat serait lié à la régulation à la baisse de l'expression de l'ARNm des hormones résistine et leptine, ainsi qu'à une régulation positive du gène de l'adiponectine chez les Rats (Bhattacharya et al., 2018). Une étude récente a mis en évidence les mécanismes d'action derrière l'effet anti-obésité du Moringa, montrant une amélioration du profil lipidique, une diminution du poids corporel, une meilleure tolérance au glucose, et une régulation des gènes impliqués dans l'adipogenèse. De plus, les taux hormonaux de vaspine, leptine et résistine étaient significativement réduits (Figure 9) (Redha et al., 2021).

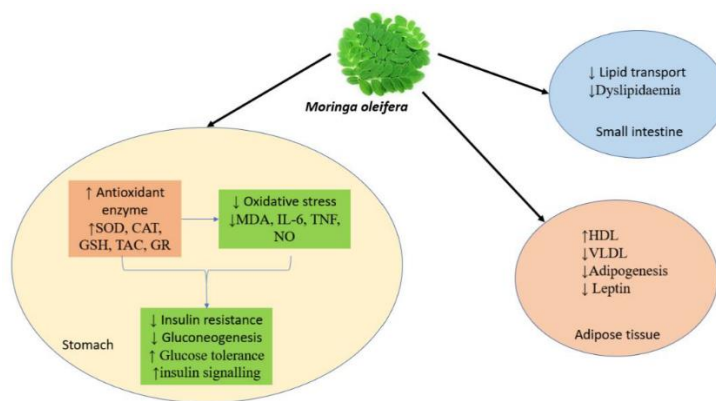


Figure (9) : *Moringa oleifera* en tant qu'agent anti-obésité prometteur

Diverses études in vitro suggèrent que les compléments de *M. oleifera* inhibent directement la lipase pancréatique, réduisant ainsi la conversion des triglycérides en acides gras simples. Le Moringa régule le stockage des graisses en augmentant l'expression des protéines associées à la lipolyse et en diminuant l'expression des protéines liées au stockage lipidique. Il contribue également à l'amélioration des niveaux d'antioxydants. En outre, le Moringa augmente les niveaux de ghréline tout en diminuant ceux de la leptine, induisant ainsi une sensation de satiété.

8.16 .Activité Anti-Allergique

L'extrait éthanolique des graines de *Moringa oleifera* a démontré une réduction significative de la libération d'histamine et a inhibé l'anaphylaxie induite par les immunoglobulines G. Ce potentiel anti-allergique serait lié à la capacité de stabilisation membranaire des mastocytes dans un modèle de sensibilisation à l'ovalbumine (Bhattacharya et al., 2018).

8.17. Activité antidiabétique

Plusieurs recherches ont mis en évidence le potentiel antidiabétique de la Moringa. Par exemple, une étude a révélé que les extraits aqueux de *Moringa oleifera* pouvaient traiter efficacement le diabète de type 1 induit par la STZ, ainsi que le diabète de type 2 associé à une résistance à l'insuline chez le Rat (Divi et al, 2012). Une autre étude a montré qu'une supplémentation en poudre de graines de Moringa administrée à des Rats diabétiques avait entraîné une baisse significative de la glycémie à jeun (Al-Malki & El Rabey, 2015). De plus, une dose de 500 mg/kg de poudre de graines a permis une augmentation des enzymes antioxydantes dans le sérum, ce qui suggère que les antioxydants présents dans la Moringa

peuvent contrer les effets oxydatifs causés par la STZ sur les cellules bêta (Mbikay, 2012). La streptozotocine induit une déphosphorylation de l'ATP et favorise la production de radicaux libres (ROS) via l'enzyme xanthine oxydase dans les cellules bêta (Wright Jr et al, 2006). Chez les patients souffrant d'hyperglycémie, ces cellules sont détruites, car le glucose excédentaire pénètre dans la mitochondrie et génère des ROS. En raison de la faible concentration naturelle d'antioxydants dans les cellules bêta, ces ROS déclenchent l'apoptose cellulaire (Kaneto et al., 1999; Prentki & Nolan, 2006), ce qui réduit la sécrétion d'insuline et conduit au diabète de type 2. Les flavonoïdes comme la quercétine et les composés phénoliques sont reconnus pour leur capacité à neutraliser les ROS. On suppose donc que ces flavonoïdes présents dans la Moringa contribuent à éliminer les espèces réactives de l'oxygène générées dans les mitochondries, protégeant ainsi les cellules bêta et aidant à maintenir un équilibre glycémique (Al-Malki & El Rabey, 2015; Kamalakkannan & Prince, 2006).

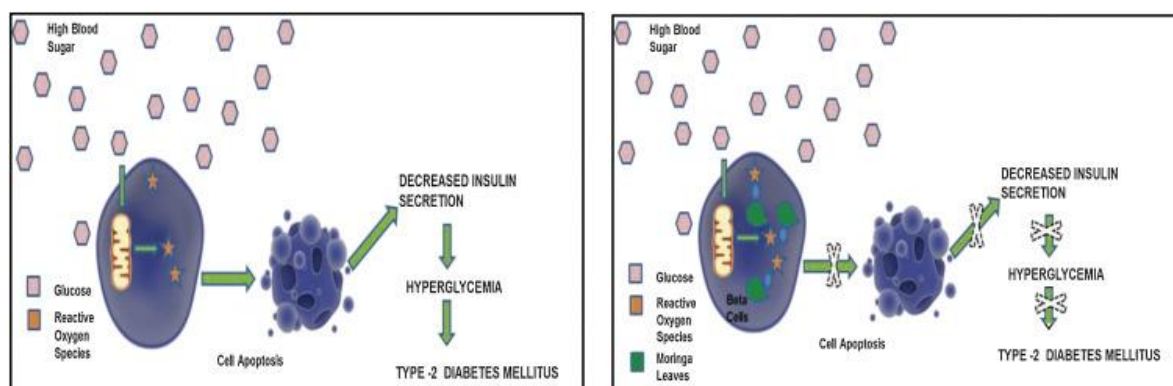


Figure (10) : Mécanisme de l'hyperglycémie menant au diabète et rôle de la Moringa

Lorsque le taux de glucose dans le sang est élevé, le glucose entre dans la voie de la glycolyse au niveau des mitochondries des cellules bêta, ce qui entraîne la formation d'espèces ROS. Ces ROS provoquent l'apoptose des cellules bêta, entraînant une diminution de la sécrétion d'insuline, une hyperglycémie, et finalement le développement du diabète de type 2. Cependant, l'apoptose des cellules bêta peut être évitée grâce à l'utilisation de la Moringa. Cette plante contient des antioxydants capables de neutraliser les ROS, ce qui permet de prévenir les dommages cellulaires et les conséquences qui en découlent (Al-Malki & El Rabey, 2015; Cerf, 2013; Kaneto et al., 1999; Mbikay, 2012).

8.18 .Activité Diurétique

Les extraits alcoolique et aqueux des racines de *Moringa oleifera* ont montré une action diurétique efficace, notamment dans la prévention de la lithiase urinaire à base d'oxalate de calcium chez les rats mâles. Cette action est liée à la réduction de la rétention d'oxalates, de calcium et de phosphates, ainsi qu'à la diminution de l'azote uréique sanguin, de la créatinine et de l'acide urique (Tahkur, Soren, Pathapati, & Buchineni, 2016).

8.19. Activité sur l'Enzyme de Conversion de l'Angiotensine (ECA)

Des composés tels que la niazimine-A, la niazicine-A et la niaziminine-B ont été identifiés dans l'extrait de *M. oleifera*. Ces molécules présentent une forte activité antihypertensive en ciblant l'ECA, une enzyme clé du système rénine-angiotensine. Des études de modélisation moléculaire ont révélé une affinité élevée de ces composés pour l'ECA, supérieure à celle de médicaments standards comme le captopril et l'énalapril (Khan et al., 2019). En collaboration avec *Azadirachta indica* et *Hibiscus sabdariffa*, *Moringa* a montré une inhibition enzymatique efficace avec un pourcentage respectif de 71,8 %, 74 % et 73,4 %, se rapprochant de celui des médicaments de référence. Le composé responsable de cette action dans le *Moringa* est le β -sitostérol (Khan et al., 2020).

8.20.Effet Anti-Venin

Les feuilles de *Moringa oleifera* se sont révélées efficaces contre le venin du serpent *Naja nigricollis* chez les Rats. Ce venin contient des neurotoxines puissantes provoquant la dégradation des phospholipides membranaires, perturbant la transmission nerveuse, et causant hémolyse et hémorragie. L'extrait de *Moringa* a permis de traiter efficacement l'anémie aiguë, avec une augmentation notable des érythrocytes polychromatiques micronucléés chez les Rats traités (Adeyi et al, 2020)

8.21. Effet Cytotoxique

Le potentiel cytotoxique de l'extrait méthanolique de *Moringa oleifera* a été observé sur des lignées cellulaires de myélome mésoenchymateux humain. Les résultats ont indiqué une valeur d'IC₅₀ plus élevée par rapport à d'autres extraits. Les alcaloïdes et flavonoïdes présents dans la plante ont montré des similitudes avec la vincristine et la vinblastine lors de tests aléatoires, suggérant une possible utilisation dans le traitement naturel du myélome (Parvathy & Umamaheshwari, 2007) . Par ailleurs, l'extrait éthanolique des feuilles contient des

composés actifs capables d'atténuer la toxicité testiculaire induite par le cyclophosphamide, en stimulant l'expression des gènes liés à l'intégrité fonctionnelle des spermatozoïdes et à l'augmentation de l'ADN dans les spermatogonies. Son administration améliore non seulement les niveaux hormonaux sanguins et intestinaux, mais régule également les gènes associés aux cellules de Sertoli et aux cellules germinales (Nayak et al., 2020).

9.La Toxicité

Diverses expériences ont été menées pour évaluer le potentiel toxique de la plante. Un échantillon aléatoire de rats albinos Wistar femelles non enceintes a reçu une dose orale de 2000 mg/kg d'une solution aqueuse de méthanol. Des échantillons de sang ont été prélevés pour analyser les niveaux de ALT, AST et bilirubine totale. Les résultats ont indiqué que la dose létale de l'extrait aqueux était supérieure à 2000 mg/kg chez les rats femelles (Zhang et al., 2011).

Une étude similaire a été réalisée sur des Rats Sprague-Dawley afin d'évaluer la toxicité aiguë de la poudre de feuilles de Moringa. Les résultats ont révélé que l'administration orale de feuilles séchées à hauteur de 2000 mg/kg ne présentait aucun effet nocif ou létal sur l'organisme humain (Adedapo, Mogbojuri, & Emikpe, 2009).

MATERIEL ET METHODES

1. Matériel et Méthodes

1.1 Présentation de la zone d'étude

1.1.1 Localisation géographique

La région d'El Oued est située au sud-est de l'Algérie, dans la partie orientale du Sahara. Elle couvre une superficie importante caractérisée par un relief plat dominé par des zones de dunes sableuses, connues sous le nom de (Souf) .

Cette région représente un environnement saharien typique avec des oasis formées autour des nappes phréatiques, permettant le développement de l'agriculture oasienne, notamment la culture du palmier dattier.

1.1.2 Zone climatique et sol de la région d'El Oued

La région d'El Oued appartient à la zone climatique désertique aride, caractérisée par des étés très chauds où les températures dépassent fréquemment 45 °C, et des hivers modérés à frais. Les précipitations sont rares, inférieures à 100 mm par an, avec une humidité très faible et des vents fréquents pouvant provoquer des tempêtes de sable.

L'ensoleillement est très élevé, dépassant 3500 heures par an, accentuant la sécheresse.

Les sols de la région sont majoritairement sableux et pauvres en éléments nutritifs, avec une faible capacité de rétention d'eau et une forte sensibilité à l'érosion éolienne. Dans certaines zones oasiennes, la salinité des sols peut être élevée en raison de l'évaporation intense, limitant ainsi la croissance de certaines cultures. Cependant, les oasis permettent la culture du palmier dattier et d'autres plantes adaptées lorsque l'irrigation est disponible.

1.2. In vitro

1.2.1. Matière végétale

Les échantillons de feuilles fraîches de la plante *Moringa Oleifra* Lam ont été collectés à El Oued, au sud-est du Sahara Algérienne. Afin de réaliser cette étude, les feuilles ont été lavées puis séchées, à l'abri de la lumière du soleil, permettant ainsi un séchage complet à l'air libre. Par la suite, les échantillons ont été stockés dans des flacons en verre hermétiques fermés jusqu'à utilisation.

1.2.2. Préparation d'extrait

20 g de matière végétale broyée et en été macérer dans 160 ml de méthanol à 95%, à température ambiante, et à l'abris de la lumière pendant 24h, puis filtrer le mélange avec le papier Wittmann, puis les filtrats sont évaporés par un Rotavapeur (Souvenir, 2011) .

1.2.3. Détermination le teneur en cendres

❖ L'évaluation des minéraux de la matière sèche de *Moringa oleifera* est effectuée selon ce qui été rapporté par (Silva et al, 2009) ; selon les étapes suivantes:

❖ Dans les creusets précédents, on pèse 1g de matière végétale sèche pour chacun des échantillons.

❖ Ensuite le passage par le four à moufle à une température de 550°C pendant 6h.

❖ Une fois les creuset refroidis ; ils sont pesés à nouveau pour déterminer le poids .

Alors que le pourcentage de La matière minérale est estimé selon la relation suivante:

% Cendres = ((poids du creuset avec les cendres – poids du creuset vide) / poids de l'échantillon) ×100

1.2.4. Quantification de la matière organique (glucides, lipides et protéines)

1.2.4.1. Préparation des extraits

Les extraits primaires de détermination des métabolites ont été préparés à partir de la poudre de matière végétale sur la base de ce qui a été rapporté par Shibko, Friedman, P, and Sherr (1966) selon les étapes expérimentales suivantes:

❖ Mélanger 0,5 g de matière végétale en poudre avec 5 ml de solution de TCA à (20 %), après avoir agité le mélange avec un agitateur magnétique pendant 5 min, transférer dans la centrifugeuse réglée à la vitesse de rotation de 3000 tours pendant 30 minutes.

❖ Prendre le surnageant de la préparation précédente nommée **surnageant I**, à partir duquel nous allons estimer **les carbohydrates**.

❖ Quant au précipité, on y ajoute 2 ml du mélange éther/chloroforme (1V/1V). Puis le mélange est à nouveau séparé par une centrifugeuse à une vitesse de rotation de 3000 tours pendant 10 minutes.

❖ Ainsi, **le surnageant II** est obtenu à partir duquel **les lipides** sont estimés.

❖ tandis que pour le précipiter II, on lui rajoute 5 ml de solution de NaOH (0,1 N) ; Ensuite, le contenu du mélange est séparé par une centrifugeuse réglée à la vitesse de rotation de 3000 tours pendant 10 minutes.

❖ enfin le **surnageant III**, et obtenue pour la quantification **des protéines**.

1.2.4.2. Estimations quantitatives

1.2.4.2.1. Estimation des carbohydrates

Les carbohydrates ont été quantifiés selon la méthode décrite par Dubois (1956); En mélangeant 0,25 ml de surnageant I avec 0,25 ml de phénol à (5%) et 1,25 ml d'acide sulfurique concentré. Après le mélange a été bien agité et laissé pendant 15 min à la température du laboratoire ; Ensuite la lecture se fait par le spectrophotomètre UV visible à une longueur d'onde de 490 nm.

Remarque : L'équation linéaire du glucose est adoptée à glucose comme référence standard (Figure (11)) pour exprimer la quantité de carbohydrates dans les échantillons de plantes ; Elle est estimée en mg/g de matière végétale sèche.

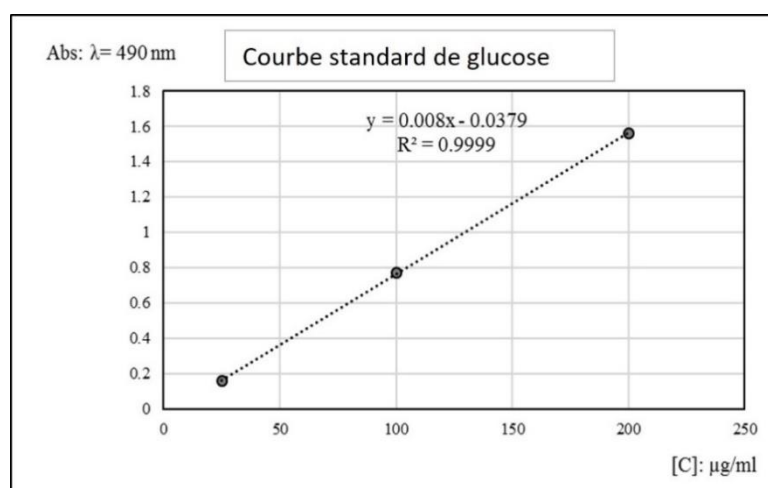


Figure (11): Courbe d'absorbance optique du glucose en fonction de concentrations.

1.2.4.2.2. Estimation des lipides

Les lipides sont estimés selon la méthode décrite par Goldsworthy et al (1972) selon les étapes suivantes :

✚ Premièrement : Préparation du réactif Sulfophosph-vanillinique

Le réactif sulfophosph-vanillinique est préparé en dissolvant 75 mg de vanilline dans 11 ml d'eau distillée et 39 ml d'acide phosphorique H_3PO à (85%).

✚ Deuxièmement : Étapes expérimentales

Mélanger 0,1ml de surnageant II avec 0,1 ml d'acide sulfurique concentré, bien agiter et laisser au bain-marie pendant 10 min à 30 °C, donc nous avons la première préparation (mélange A).

Après refroidissement nous additionnant 0,15 ml du mélange A avec 1,5 ml de détecteur Sulfophosph-vanillinique, et après une bonne agitation, laisser le mélange pendant 30 minutes. L'intensité d'absorbance optique est ensuite lue par le Spectrophotomètre UV visible à la longueur d'onde de 530 nm.

Note : L'équation linéaire de l'huile de soja est adoptée comme référence standard (Figure (12)) pour exprimer la quantité de graisse dans les échantillons de plantes, qui est estimée en mg/ml de matière végétale sèche.

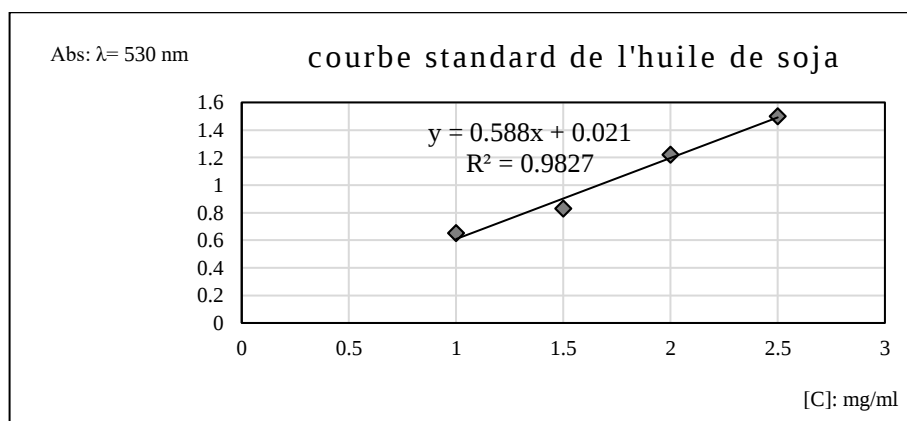


Figure (12) : Courbe d'absorption de l'huile de soja en fonction des concentrations

1.2.4.2.3. Estimation des protéines

Les protéines ont été quantifiées en suivant les étapes décrites par Shabbir et al (2013); Alors que c'était comme suit :

✚ Préparation des solutions

- Solution (A) : Elle est préparée en mélangeant une solution de carbonate de sodium Na_2CO_3 (2%) avec une solution d'hydroxyde de sodium NaOH (0,1 N) (1V/1V).
- Solution (B) : Elle est préparée par le mélange d'une solution de sulfate de cuivre CuSO_4 à (0,5%) avec une solution de nitrate de sodium-potassium $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (0,1 % : 1V/1V).
- Solution (C) : représente la solution aqueuse (1V/1V) de Folin-Ciocalteu.

- Solution (D) : représente le réactif basique au cuivre, qui est préparé en mélangeant 50 ml de solution (A) avec 1 ml de solution (B).

✚ Les étapes expérimentales

Nous mélangeant 0,1 ml de solution d'extrait de plante avec la solution (D) et la solution (C) (1V/1V), après une bonne agitation, laisser le mélange à la température du laboratoire pendant 30 min. puis la lecture se fait par le spectrophotomètre UV visible à une longueur d'onde de 750 nm.

Remarque : L'équation linéaire de la courbe de l'albumine bovine est adoptée comme référence standard (Figure (13)) pour exprimer la quantité de protéines dans les échantillons végétaux étudiés ; Elle est estimée en mg/g de matière végétale sèche.

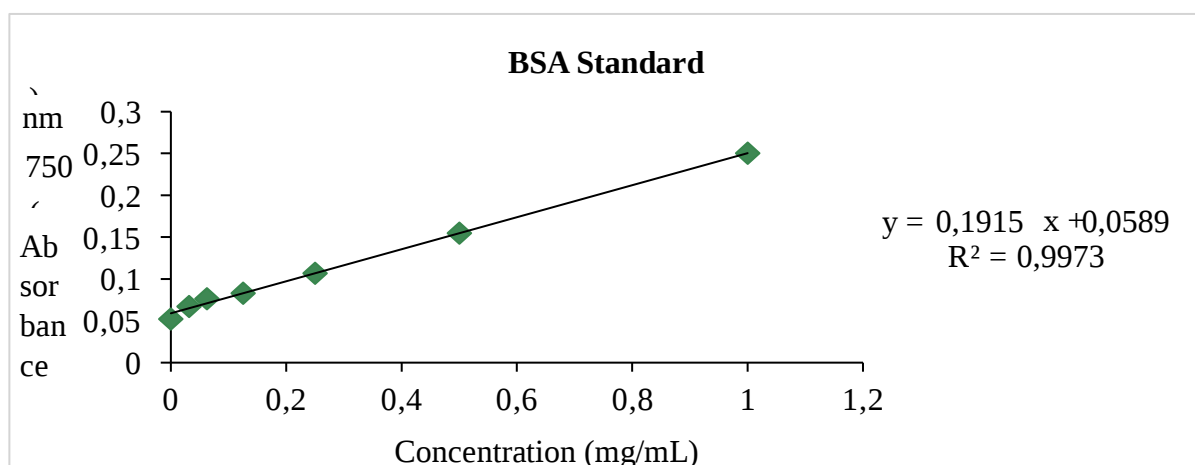


Figure (13) : Courbe d'absorbance optique de BSA en fonction de la concentration

1.2.5. Analyses quantitatives des extraits méthanoliques

1.2.5.1. Détermination quantitative des polyphénols

par la méthode Singleton-Rossi utilisant le réactif Folin-Ciocalteu. Cette méthode repose sur la réduction des composants du réactif par des composés phénoliques, en leur donnant une cétone ou une quinone aux oxydes de tungstène (W_8O_{23}) et de molybdate (Mo_8O_3). Qui sont marqués en bleu (Dif et al., 2015).

On mélange 0,2 ml de différentes concentrations d'extraits dilués dans l'eau distillée et 1 ml de Folin-Ciocalteu dilué 10 fois, puis on ajoute au mélange 0,8 ml de carbonate de sodium (7,5%), les tubes sont incubés à la température de laboratoire pendant 30 minutes dans

l'obscurité. L'absorbance de la solution préparée est mesurée à une longueur d'onde de 765 nm avec un spectrophotomètre (Dif et al., 2015).

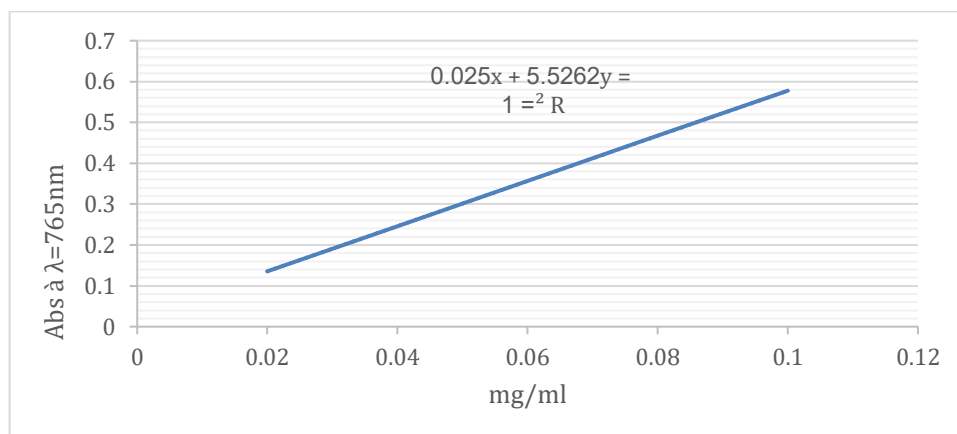


Figure (14) : La droite d'étalonnage est réalisée par l'acide gallique de concentrations différentes en fonction de l'absorption optique

1.2.5.2. Détermination quantitative des flavonoïdes

Les flavonoïdes ont été déterminés à l'aide d' AlCl_3 , selon (Yahia et al 2023), en mélangeant 0.5 ml des extraits dilués et en ajoutant 0,5 ml d' AlCl_3 à une concentration de 0,2 %. Les tubes ont été incubés. À température de laboratoire pendant une heure à l'abri de la lumière. À courbe standard de la Quercitane est déterminée à partir d'une série de concentrations différentes en fonction de l'absorption optique.

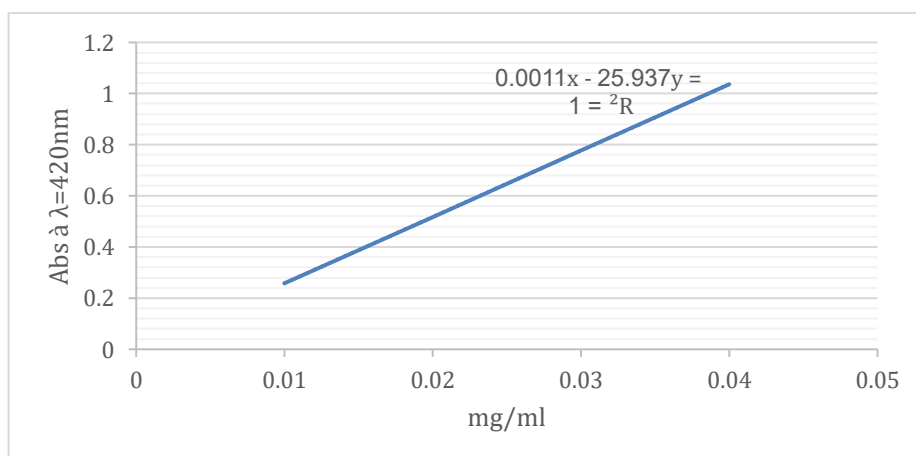


Figure (15) : La courbe standard de Quercitane de concentrations différentes en fonction de l'absorption optique

1.2.6. Techniques d'analyse spectroscopique et structurale

1.2.6.1. Spectroscopie infrarouge

Le spectre infrarouge des extraits de *Moringa oleifera* a été mesuré dans le but d'identifier les groupes fonctionnels actifs présents. L'échantillon a ensuite été analysé à l'aide d'un spectrophotomètre infrarouge à transformée de Fourier (FT-IR), dans une gamme de balayage allant de 401 à 4001 cm^{-1} , avec une résolution de 4 cm^{-1} (Okechukwu & all, 2021). Ces analyses ont été effectuées à la Faculté des Sciences Exactes de l'Université Martyr Hamma Lakhdar – El Oued.

1.2.6.2. Diffraction des rayons X (XRD)

L'analyse par diffraction des rayons X (XRD) a été réalisée sur la poudre de feuilles séchées de *Moringa oleifera* afin de déterminer la structure cristalline des éléments et des composés actifs qu'elle contient. L'analyse a été effectuée en mode de balayage continu (Continuous Scan), dans une plage angulaire allant de 5° à 80° en 2 θ , avec un rayonnement Cu-K α de longueur d'onde 1,5406 Å. Cette analyse a été réalisée au laboratoire de physique – Département des sciences exactes, Faculté des sciences exactes, Université Chahid Hamma Lakhdar d'El Oued – Algérie .

Ce type d'analyse permet d'identifier la nature des phases cristallines et semi-cristallines présentes dans l'extrait, contribuant ainsi à établir une corrélation entre la structure physique de la poudre et ses propriétés chimiques et pharmacologiques (Chauhan & all, 2014).

1.2.7.L'activité antioxydante

1.2.7.1.Test d'inhibition des radicaux libres DPPH*

Le protocole expérimental utilisé est celui de (Gulcin & Alwasel, 2023) .

1 ml de différentes concentrations d'extraits dissous dans du méthanol est prélevé et 2 ml de solution de DPPH* avec une concentration (4 mg/100 ml) y est ajoutés. Les tubes sont incubés dans l'obscurité pendant 15 minutes. L'absorbance est mesurée à une longueur d'onde. De 517 nm. L'acide ascorbique est utilisé comme référence pour l'inhibition des radicaux libres dans le but de le comparer avec des extraits de plantes. Déterminer la capacité antioxydant d'un extrait en déterminant le facteur IC₅₀, qui est défini comme la quantité de concentration de l'extrait (antioxydant) nécessaire pour inhiber 50 %du radical DPPH* et est calculé via l'équation linéaire des courbes de changement d'inhibition I % en fonction de la

concentration, où le pourcentage d'inhibition est estimé selon (Chaouche et al, 2013) avec la relation suivante:

$$\text{Activité anti-radicalaire (\%)} = [(\text{Abs contrôle} - \text{Abs échantillon}) / \text{Abs contrôle}] \times 100$$

1.2.7.2. Test de capacité de récupération du fer (FRAP)

Nous avons mélangé 250 µl de différentes concentrations d'extraits avec 625 µl de solution tampon phosphate (PH = 6,6, 0,2 M) et 625 µl de potassium. Solution de ferricanide (1%). Après une période d'incubation de 20 minutes au bain-marie à une température de 50°, ajouter au mélange 625µl d'acide trichloracétique (TCA) à 10%. Ensuite une centrifugation à 3000 tr/min pendant 10 minutes. 625 µl de fraction flottante, est ajouté à 625 µl d'eau distillée et 125 µl de FeCl₃ à 0.1% l'absorbance est enregistrée à une longueur d'onde de 700 nm. Les résultats ont été comparés à l'aide d'Acide ascorbique comme contrôle positif (Rumpf et al, 2023).

1.2.7.3. Test du facteur de protection solaire (SPF)

Selon (Akrman et al, 2009), ce facteur est déterminé en laboratoire à partir du calcul de la différence entre les lectures spectroscopiques du solvant méthanoliques des échantillons végétaux étudiés à une concentration de 1 ml dans la plage spectrale de 290 à 320 nm, et le montant du transfert spectral est déterminé par 5. Selon la loi, le coefficient SPF est calculé comme suit:

$$\text{SPF} = \text{CF} \times \sum \text{EE}(\lambda) \times \text{I}(\lambda) \times \text{Abs}(\lambda) \text{ 290 320}$$

Où:

EE : Spectre d'effet érythémal

I : Spectre d'intensité solaire

Abs : Absorbance du produit de protection solaire

CF : Facteur de correction (10)

λ : Longueur d'onde (nm)

Il convient de noter que la valeur du EE × I est constante à la même longueur d'onde(λ)

D'après (Mbanga et al., 2014), le SPF (Facteur Protection Solaire) est une mesure quantitative qui représente principalement la protection contre les rayons UV.B. On mentionne le degré de protection des produits contre les UV. B, en particulier les coups de soleil.

1.2.8.L'Activité anti-inflammatoire Inhibition de la dénaturation de l'albumine

Selon (Mukhopadhyay, 1983) ,

Procédure :

❖ Préparation du Tris-HCl 0.05 M PH 6,6

1,2144g est dissous dans 200 ml de l'eau bi distillée. Le PH est par la suite ajusté à 6,6 avec l'HCl.

❖ Préparation des extraits

Différente concentration de l'extrait de plante sont préparée à partir d'une solution mère de 10 000 ppm.

❖ Préparation du standard

Différente concentration de Diclofénac sodique (forme injectable) sont préparée dans l'eau distillée à partir d'une solution mère de 500 ppm.

❖ Préparation des blancs

a- Pour chaque concentration d'extrait de plante un blanc extrait est préparé dans lequel 1 ml d'extrait est ajouté à 1 ml de Tris-Hcl (Ce blanc a pour but de soustraire l'absorbance de l'extrait des résultats obtenus) .

b- un blanc BSA contenant 1 ml de la solution de BSA ajouté à 1 ml du solvant utilisé pour les extraits (le résultat obtenu correspond à la dénaturation totale du BSA en absence de substance inhibitrice).

❖ Préparation de la solution BSA 0,2%

0,2 g de BSA est dissoute dans 100 ml de tampon Tris-Hcl.

Mode opératoire

1 ml de chaque concentration d'extrait ou du standard + 1 ml de solution de BSA 0.2% préparé dans le Tris Hcl PH : 6,6 incubations à 37 C° pendant 15 min. puis dans un bain marie à 72°C pendant 5 min .

Après refroidissement la turbidité est mesurée à 660 nm dans un spectrophotomètre à cuve.

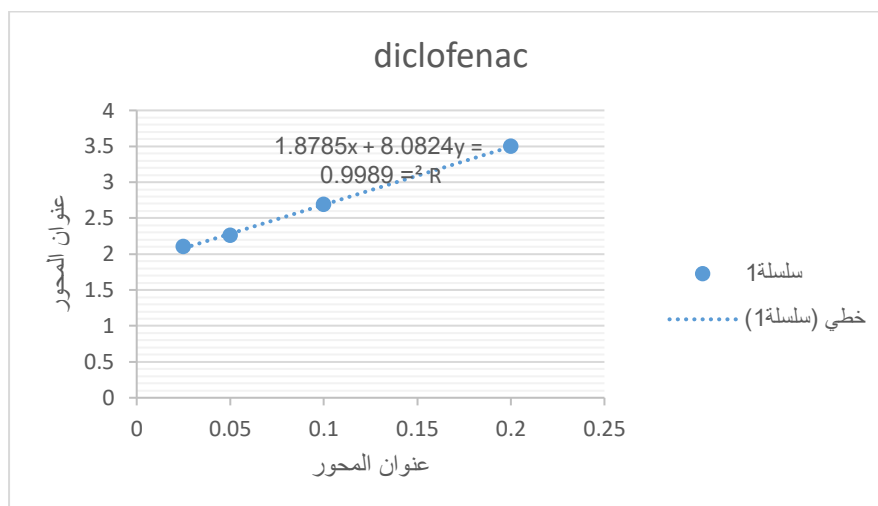


Figure (16) : Courbe d'étalonnage du diclofénac

1.3. In vivo

1.3.1. Matériel biologique

1.3.1.1. Conditions de l'animalerie

Pour cette étude, un groupe de rats femelles Wistar, pesant entre 110 et 140 grammes, a été obtenu du service animalier de l'Institut Pasteur en Algérie et hébergé dans l'animalerie de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université d'El Oued.

Les rats ont subi une période d'adaptation à une température ambiante, avec un accès libre à la nourriture et à l'eau. L'étude s'est déroulée sur une période de 15 jours, Après la phase d'adaptation.

Nous avons utilisé différents standards avec les abréviations suivante :

- injection intrapéritonéale : (i.p.)
- Sulpiride, Indométacine, Paracétamol : (MED)

- Extrait d'El Oued : EE
- Extrait de Guemmar : EG

1.3.1.2. Répartitions des rats

- Groupe CN (Témoin -) : constitué de trois rats en bonne santé ayant reçu une (i.p.) de 1 ml de solution saline.
- Groupe 2 (MED), (Témoin +) : comprenant trois rats ayant reçu une (i.p.) d'une solution de MED à une concentration de 10 mg/Kg, préparée dans de l'eau saline.
- Groupe 3 (EE, à une dose de 40 mg/kg) : comprenant 3 rats ayant reçu (i.p.) de 1 ml d'EE à la dose spécifiée.
- Groupe 4 (EE, à une dose de 80 mg/kg) : comprenant 3 rats ayant reçu (i.p.) de 1 ml d'EE à la dose spécifiée.
- Groupe 5 (EG, à une dose de 40 mg/kg) : comprenant 3 rats ayant reçu une (i.p.) de 1 ml d'EG à la dose spécifiée.
- Groupe 6 (EG, à une dose de 80 mg/kg) : comprenant 3 rats ayant reçu une (i.p.) de 1 ml d'EG à la dose spécifiée.

1.3.2. Activité antidépressive

1.3.2.1. Test de nage forcée

Le test de nage forcée (Forced Swim Test - FST) est largement utilisé comme outil de laboratoire pour évaluer les comportements associés à la dépression chez les animaux, en particulier les rongeurs (Commons et al, 2017).

Dans ce test, les animaux sont soumis à un stress aigu inévitable, en étant placés dans un récipient cylindrique rempli d'eau (Tabassum et al, 2010) . La période d'immobilité, durant laquelle l'animal cesse de lutter et flotte sans mouvement à la surface de l'eau, est considérée comme un indicateur du désespoir comportemental lié à la dépression (Porsolt et al, 1977).

Un cylindre de 45 cm de hauteur et de 30 cm de diamètre a été utilisé pour le test, rempli d'eau à 26 °C jusqu'à une hauteur de 20 cm. Le jour de l'expérimentation, les souris ont reçu une injection intrapéritonéale de solutions contenant les extraits de Moringa (échantillons E et G) à des doses de 40 ou 80 mg/kg, dissoutes dans une solution saline physiologique. Un groupe a également reçu 10 mg/kg de sulpiride comme référence positive, tandis qu'un autre groupe a servi de témoin. Une minute après l'administration des

substances, les souris ont été placées dans le cylindre rempli d'eau et soumises à une épreuve de nage forcée pendant 6 minutes. L'objectif était d'évaluer si ces substances pouvaient réduire le temps d'immobilité par rapport au groupe témoin, ce qui suggérerait un effet antidépresseur.

1.3.2.2.Le test de suspension par la queue

Le test de suspension par la queue est une méthode utilisée pour évaluer le désespoir comportemental chez les rongeurs. Il repose sur le principe selon lequel les rongeurs exposés à un stress inévitable lors de la suspension par la queue présentent un état d'immobilité, considéré comme un indicateur de désespoir comportemental. Les substances ayant des effets antidépresseurs sont censées réduire la durée de cette immobilité (Cryan et al, 2005).

Dans cette étude, les Rats ont reçu une injection intrapéritonéale de solutions contenant des extraits de Moringa (échantillons G et E) à des doses de 40 ou 80 mg/kg, dissoutes dans une solution saline physiologique. De plus, une dose de 10 mg/kg de sulpiride a été administrée comme référence positive, en parallèle avec un groupe témoin. Ces substances ont été administrées 30 minutes avant le test.

Pendant l'expérimentation, les Rats ont été suspendues individuellement par la queue à l'aide d'un dispositif spécial pendant 6 minutes. La première minute a été considérée comme une période d'adaptation, suivie de 5 minutes d'observation minutieuse pour enregistrer le temps total d'immobilité. Cette procédure vise à évaluer l'efficacité des substances testées dans la réduction de l'immobilité, ce qui indiquerait un effet antidépresseur (Agbaje, Ishola, & Oniyire, 2014).

1.3.3.Évaluation du pouvoir analgésique

1.3.3.1.Test de la plaque chauffante

Le test de la plaque chauffante permet d'évaluer l'effet analgésique des substances en mesurant la réaction des animaux à la douleur causée par la chaleur (Rezaee-Asl et al, 2014) . Il sert à examiner l'efficacité des composés dans le soulagement de la douleur et contribue au développement de nouveaux analgésiques. Le jour de l'expérimentation, les animaux ont reçu une injection intrapéritonéale de solution saline physiologique (groupe témoin) ou de paracétamol à 10 mg/kg comme contrôle positif. Les groupes expérimentaux ont été traités

avec des doses de 40 et 80 mg/kg d'extrait de Moringa (échantillons G et E) dissous dans une solution saline physiologique.

Trente minutes après l'administration, les animaux ont été placés sur une plaque chauffante maintenue à 55 °C. Le temps écoulé (en secondes) entre le placement de l'animal sur la plaque et sa réaction (léchage de la patte arrière ou saut) a été enregistré. La durée maximale d'exposition à la chaleur a été limitée à 30". Les mesures du temps de réponse ont été effectuées à trois intervalles : 30, 60 et 90 minutes après l'injection (Ferreira et al., 2002).

1.3.3.2. Test de contorsion induite par l'acide acétique

Le test de contorsion induite par l'acide acétique est une méthode largement utilisée pour évaluer le potentiel analgésique des substances chimiques et des extraits végétaux. Il est couramment employé dans la recherche biomédicale afin d'analyser les effets antalgiques de nouveaux médicaments ou composés naturels (Sharma et al, 2014).

Dans cette étude, une injection intrapéritonéale d'acide acétique à 10 mg/kg de poids corporel a été administrée aux souris pour provoquer une réaction douloureuse. L'intensité de la douleur a été mesurée en comptabilisant le nombre total de contorsions observées sur une période de 30 minutes, débutant 5 minutes après l'injection.

Avant l'administration de l'acide acétique, les animaux ont reçu une dose d'extrait de Moringa à 40 ou 80 mg/kg, issue de l'échantillon G ou E, tandis que le groupe témoin a reçu une injection de solution saline stérile. De plus, l'indométhacine (10 mg/kg) a été utilisée comme référence positive pour établir une comparaison (Koster, 1959).

Le pourcentage d'inhibition des contorsions a été calculé selon la formule suivante (Chouikh, 2020)

$$1\% = [(\text{moyenne c} - \text{moyenne s}) / \text{moyennes}] \times 100]$$

ANALYSE ET DES RESULTATS

1.Analyse et des Résultats

1..

DISCUSSION DES RESULTATS

1. Discussion des résultats

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Conclusion et recommandations

La médecine traditionnelle a grandement contribué au traitement de nombreuses maladies, grâce à l'intérêt croissant porté aux plantes médicinales. Dans ce cadre, notre étude a porté sur l'évaluation de l'efficacité biologique des extraits de *Moringa oleifera* provenant de la région d'Oued Souf, en utilisant des analyses physico-chimiques et biologiques complètes *in vitro* et *in vivo*.

L'étude a inclus la détermination du pourcentage de matière minérale et organique, la quantification qualitative et quantitative des polyphénols et des flavonoïdes, ainsi que l'évaluation des activités antioxydantes (DPPH*, FRAP), anti-inflammatoires, la protection contre les rayons ultraviolets (SPF), l'activité neurobiologique en tant qu'anti-dépressifs et anxiolytiques, ainsi que l'effet analgésique à travers plusieurs tests comportementaux et physiologiques. La présence des groupes fonctionnels bioactifs a également été confirmée par des analyses FTIR, et l'étude de la structure cristalline a été réalisée par DRX.

Les résultats ont montré que les extraits de *Moringa* présentent de multiples et importantes propriétés thérapeutiques, confirmant leur potentiel en tant que compléments naturels efficaces, et ouvrant des perspectives prometteuses pour leur utilisation dans le traitement de diverses maladies, sur la base de ce qui précède, nous recommandons:

- ✚ L'utilisation de techniques analytiques avancées telles que HPLC, LC-MS et RMN pour identifier et caractériser avec précision les composés actifs présents dans les extraits.

- ✚ L'élargissement des études biologiques et pharmacologiques afin d'inclure des évaluations antimicrobiennes, antivirales et antifongiques, pour explorer l'efficacité de la *Moringa* contre les maladies infectieuses.

- ✚ L'augmentation de la taille des échantillons et la diversification des sources géographiques de collecte des plantes, afin d'assurer la généralisation des résultats et d'évaluer l'impact des facteurs environnementaux sur la composition et l'efficacité des extraits.

- ✚ L'étude des mécanismes moléculaires sous-jacents aux activités antioxydantes, anti-inflammatoires et neurobiologiques, afin de comprendre comment les composés influencent les différentes voies biologiques.

- ✚ L'évaluation de la sécurité et de la toxicité via des tests de toxicité chronique et aiguë à long terme, afin d'assurer un usage sûr des extraits dans des applications thérapeutiques .

✚ La conception de formulations pharmaceutiques et de compléments alimentaires basés sur les extraits de Moringa à des doses efficaces et cliniquement étudiées.

✚ La recherche sur les interactions médicamenteuses potentielles avec d'autres traitements, pour éviter tout effet indésirable ou interaction non désirée lors de l'utilisation des extraits en tant que compléments thérapeutiques.

✚ La promotion de l'usage de la Moringa en médecine complémentaire, notamment dans les régions où les maladies chroniques sont répandues et qui pourraient bénéficier des multiples propriétés de cette plante.

Références

Références

1. Abdel-Daim, M. M., Khalil, S. R., Awad, A., Abu Zeid, E. H., El-Aziz, R. A., & El-Serehy, H. A. (2020). Ethanolic extract of *Moringa oleifera* leaves influences NF- κ B signaling pathway to restore kidney tissue from cobalt-mediated oxidative injury and inflammation in rats. *Nutrients*, 12(4), 1031. doi:<https://doi.org/10.3390/nu12041031>
2. Abdulkadir, A., & all, e. (2015). DPPH antioxidant activity, total phenolic and total flavonoid content of different parts of Drumstic tree (*Moringa oleifera* Lam.). *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 7(4), 1423-1428 .
3. Abdulkarim, S., Long, K., & All, e. (2005). Some physico-chemical properties of *Moringa oleifera* seed oil extracted using solvent and aqueous enzymatic methods. *Food chemistry*, 93(2), 253-263. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.09.023>
4. Abhang, P., & all, e. (2024). Phytochemical Screening, Antioxidant, and Antimicrobial Activities of *Moringa oleifera* Extracts. *Zoology (Animal Science)*, 43(1s), 618-629 .
5. Adedapo, A., Mogbojuri, O., & Emikpe, B. (2009). Safety evaluations of the aqueous extract of the leaves of *Moringa oleifera* in rats. *Journal of medicinal plants Research*, 3(8), 586-591 .
6. Adeyi, A. O., Ajisebiola, S. B., Adeyi, E. O., Alimba, C. G., & Okorie, U. G. (2020). Antivenom activity of *Moringa oleifera* leave against pathophysiological alterations, somatic mutation and biological activities of *Naja nigricollis* venom. *Scientific African*, 8, e00356. doi:<https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00356>
7. Agbaje, E. O., Ishola, I. O., & Oniyire, J. A. (2014). Antidepressant, anxiolytic, and anticataleptic effects of aqueous leaf extract of *Antiaris toxicaria* Lesch.(Moraceae) in mice: possible mechanisms of actions. *Journal of Basic and Clinical Physiology and Pharmacology*, 25(4), 429-438. doi:<https://doi.org/10.1515/jbcpp-2013-0054>
8. Agrawal, N. D., Nirala, S. K., Shukla, S., & Mathur, R. (2015). Co-administration of adjuvants along with *Moringa oleifera* attenuates beryllium-induced oxidative stress and histopathological alterations in rats. *Pharmaceutical Biology*, 53(10), 1465-1473. doi:<https://doi.org/10.3109/13880209.2014.986685>
9. Ahmadu, T., Ahmad, K., Ismail, S., Rashed, O., Asib, N., & Omar, D. (2020). Antifungal efficacy of *Moringa oleifera* leaf and seed extracts against *Botrytis cinerea* causing gray mold disease of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Brazilian Journal of Biology*, 81, 1007-1022. doi:<https://doi.org/10.1590/1519-6984.233173>

10. Akerman, J., Kubáč, L., Bendová, H., Jírová, D., & Kejlová, K. (2009). Quartz plates for determining sun protection in vitro and testing photostability of commercial sunscreens. *International journal of cosmetic science*, 31(2), 119-129. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1468-2494.2008.00482.x>
11. Alain Mune Mune, M., & all, e. (2016). A comparison on the nutritional quality of proteins from *Moringa oleifera* leaves and seeds. *Cogent Food & Agriculture*, 2(1), 1213618. doi:<https://doi.org/10.1080/23311932.2016.1213618>
12. Albuquerque Costa, R., Sousa, O. V. d., Hofer, E., Mafezoli, J., Barbosa, F. G., & Vieira, R. H. S. d. F. (2017). Thiocarbamates from *Moringa oleifera* seeds bioactive against virulent and multidrug-resistant *Vibrio* species. *BioMed Research International*, 2017(1), 7963747. doi:<https://doi.org/10.1155/2017/7963747>
13. Al-Ghouti, M., & all, e. (2003). The removal of dyes from textile wastewater: a study of the physical characteristics and adsorption mechanisms of diatomaceous earth. *Journal of environmental management*, 69(3), 229-238. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2003.09.005>
14. Alhakmani, F., & all, e. (2013). Estimation of total phenolic content, in-vitro antioxidant and anti-inflammatory activity of flowers of *Moringa oleifera*. *Asian Pacific journal of tropical biomedicine*, 3(8), 623-627. doi:[https://doi.org/10.1016/S2221-1691\(13\)60126-4](https://doi.org/10.1016/S2221-1691(13)60126-4)
15. Alhakmani, F., Kumar, S., & Khan, S. A. (2013). Estimation of total phenolic content, in-vitro antioxidant and anti-inflammatory activity of flowers of *Moringa oleifera*. *Asian Pacific journal of tropical biomedicine*, 3(8), 623-627. doi:[https://doi.org/10.1016/S2221-1691\(13\)60126-4](https://doi.org/10.1016/S2221-1691(13)60126-4)
16. Alia, F., Chouikh, A., Djahra, A. B., Bousbia Brahim, A., Nani, S., & Tliba, A. (2021). Comparative study of some physicochemical and biological properties of effect host species variation on the relationship Saharan parasitic plant *Cistanche violaceae* (Desf.) Beck. *Notulae Scientia Biologicae*, 13(4), 11054-11054. doi:<https://doi.org/10.15835/nsb13411054>
17. Al-Malki, A. L., & El Rabey, H. A. (2015). The antidiabetic effect of low doses of *Moringa oleifera* Lam. seeds on streptozotocin induced diabetes and diabetic nephropathy in male rats. *BioMed Research International*, 2015(1), 381040. doi:<https://doi.org/10.1155/2015/381040>

18. Alzagameem, A., & all, e. (2018). Lignocellulosic biomass as source for lignin-based environmentally benign antioxidants. *Molecules*, 23(10), 2664. doi:<https://doi.org/10.3390/molecules23102664>
19. Amrutia, J., Lala, M., Srinivasa, U., Shabaraya, A., & Samuel, M. R. (2011). Anticonvulsant activity of *Moringa oleifera* leaf. *Int. Res. J. Pharm*, 2, 160-162 .
20. Anwar, F., & all, e. (2007). *Moringa oleifera*: a food plant with multiple medicinal uses. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 21(1), 17-25. doi:<https://doi.org/10.1002/ptr.2023>
21. Anwar, F., & Rashid, U. (2007). Physico-chemical characteristics of *Moringa oleifera* seeds and seed oil from a wild provenance of Pakistan. *Pak. J. Bot*, 39(5), 1443-1453 .
22. Anzano, A., de Falco, B., Ammar, M., Ricciardelli, A., Grauso, L., Sabbah, M., . . . Lanzotti, V. (2022). Chemical analysis and antimicrobial activity of *Moringa oleifera* Lam. leaves and seeds. *Molecules*, 27(24), 8920. doi:<https://doi.org/10.3390/molecules27248920>
23. Atakpama, W., Kponor, E. G. E., Kanda, M., Dourma, M., BATAWILA, K., & AKPAGANA, K. (2014). *Moringa oleifera* Lamarck (Moringaceae): une ressource phytogénétique à usage multiple. *Sciences de la vie, de la terre et agronomie*, 2 .(1)
24. Attah, A., Moody, J., Sonibare, M., Salahdeen, H., Akindele, O., Nnamani, P., . . . Raji, Y. (2020). Aqueous extract of *Moringa oleifera* leaf used in Nigerian ethnomedicine alters conception and some pregnancy outcomes in Wistar rat. *South African Journal of Botany*, 129, 255-262. doi:<https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.07.041>
25. Avilés-Gaxiola, S., & all, e. (2021). Antioxidant and anti-inflammatory properties of novel peptides from *Moringa oleifera* Lam. leaves. *South African Journal of Botany*, 141, 466-473. doi:<https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.05.033>
26. Awodele, O., Oreagba, I. A., Odoma, S., da Silva, J. A. T., & Osunkalu, V. O. (2012). Toxicological evaluation of the aqueous leaf extract of *Moringa oleifera* Lam.(Moringaceae). *Journal of ethnopharmacology*, 139(2), 330-336. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jep.201.10.008>
27. Bais, S., Singh, G. S., & Sharma, R. (2014). Antiobesity and hypolipidemic activity of *Moringa oleifera* leaves against high fat diet-induced obesity in rats. *Advances in Biology*, 2014(1), 162914. doi:<https://doi.org/10.1155/2014/162914>

28. Baldisserotto, A., & all, e. (2018). Moringa oleifera leaf extracts as multifunctional ingredients for “natural and organic” sunscreens and photoprotective preparations. *Molecules*, 23(3), 664. doi:<https://doi.org/10.3390/molecules23030664>
29. Balogun, T. A., Buliaminu, K. D., Chukwudozie, O. S., Tiamiyu, Z. A., & Idowu, T. J. (2021). Anticancer potential of Moringa oleifera on BRCA-1 gene: Systems biology. *Bioinformatics and Biology Insights*, 15, 11779322211010703. doi:<https://doi.org/10.1177/11779322211010703>
30. Banik, S., Biswas, S., & Karmakar, S. (2018). Extraction, purification, and activity of protease from the leaves of Moringa oleifera. *F1000Research*, 7, 1151. doi:<https://doi.org/10.12688/f1000research.15642.1>
31. Bekçi, Z., & all, e. (2009). Removal of malachite green by using an invasive marine alga Caulerpa racemosa var. cylindracea. *Journal of hazardous materials*, 161(2-3), 1454-1460. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.04.125>
32. Bennett, R. N., Mellon, F. A., Foidl, N., Pratt, J. H., Dupont, M. S., Perkins, L., & Kroon, P. A. (2003). Profiling glucosinolates and phenolics in vegetative and reproductive tissues of the multi-purpose trees Moringa oleifera L.(horseradish tree) and Moringa stenopetala L. *Journal of agricultural and food chemistry*, 51(12), 3546-3553. doi:<https://doi.org/10.1021/jf0211480>
33. Bhattacharya, A., Tiwari, P., Sahu, P. K., & Kumar, S. (2018). A review of the phytochemical and pharmacological characteristics of Moringa oleifera. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*, 10(4), 181-191. doi:10.4103/JPBS.JPBS_126_18
34. Bogdanova, O. V., Kanekar, S., D'Anci, K. E., & Renshaw, P. F. (2013). Factors influencing behavior in the forced swim test. *Physiology & behavior*, 118, 227-239. doi:<https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2013.05.012>
35. Bomo, A. (2019, March 29). *5 Plantes Pour Booster la Fertilité — Ann & Eli Apothecary*. Ann & Eli Apothecary. <https://anneliapothecary.com/fr/blog/5-plantes-pour-la-fertilite>
36. Borgi, W., Recio, M.-C., Ríos, J., & Chouchane, N. (2008). Anti-inflammatory and analgesic activities of flavonoid and saponin fractions from Zizyphus lotus (L.) Lam. *South African Journal of Botany*, 74(2), 320-324. doi:<https://doi.org/10.1016/j.sajb.2008.01.009>
37. Borgonovo, G., De Petrocellis, L., Schiano Moriello, A., Bertoli, S., Leone, A., Battezzati, A., Bassoli, A. (2020). Moringin, a stable isothiocyanate from Moringa

- oleifera, activates the somatosensory and pain receptor TRPA1 channel in vitro. *Molecules*, 25(4), 976. doi:<https://doi.org/10.3390/molecules25040976>
38. Botineau, M. (2010). *Botanique systématique et appliquée des plantes à fleurs*: Tec & doc.
39. Bousbia, A. B., & all, e. (2022). Influence of soil type on the physicochemical and biological properties of bioactive compounds of *Portulaca oleracea* L. from Algerian Sahara. *Analele Universitatii din Oradea, Fascicula Biologie*, 29 .(1)
40. Cerf, M. E. (2013). Beta cell dysfunction and insulin resistance. *Frontiers in endocrinology*, 4, 37. doi:<https://doi.org/10.3389/fendo.2013.00037>
41. Chaouche, T., Haddouchi, F., Ksouri, R., Medini, F., & Atik-Bekara, F. (2013). In vitro evaluation of antioxidant activity of the hydro-methanolic extracts of *Juniperus oxycedrus* subsp. *oxycedrus*. *Phytothérapie*, 11(4), 244-249. doi:10.1007/s10298-013-0779-5
42. Charoensin, S. (2014). Antioxidant and anticancer activities of *Moringa oleifera* leaves. *J. Med. Plants Res*, 8(7), 318-325. doi:10.5897/JMPR2013.5353
43. Chauhan, A., & Chauhan, P. (2014). Powder XRD technique and its applications in science and technology. *J Anal Bioanal Tech*, 5(5), 1-5.
44. Chen, Y., & all, e. (2012). Variation in concentrations of major bioactive compounds in *Prunella vulgaris* L. related to plant parts and phenological stages. *Biological Research*, 45(2), 171-175. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0716-97602012000200009>
45. Choi, E.-J., Debnath, T., Tang, Y., Ryu, Y.-B., Moon, S.-H., & Kim, E.-K. (2016). Topical application of *Moringa oleifera* leaf extract ameliorates experimentally induced atopic dermatitis by the regulation of Th1/Th2/Th17 balance. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 84, 870-877. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biopha.2016.09.085>
46. Chouikh, A. (2020). Phytochemical profile, antioxidant, analgesic and hypolipidaemic effects of *ephedra alata* decne. female cones extract. *Farmacia*, 68(6). doi:<https://doi.org/10.31925/farmacia.2020.6.7>
47. Chumark, P., Khunawat, P., Sanvarinda, Y., Phornchirasilp, S., Morales, N. P., Phivthong-Ngam, L. . Pongrapeeporn, K.-u. S. (2008). The in vitro and ex vivo antioxidant properties, hypolipidaemic and antiatherosclerotic activities of water extract of *Moringa oleifera* Lam. leaves. *Journal of ethnopharmacology*, 116(3), 439-446. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jep.2007.1.010>
48. Collier, H., Dinneen, L., Johnson, C. A., & Schneider, C. (1968). The abdominal constriction response and its suppression by analgesic drugs in the mouse. *British*

- journal of pharmacology and chemotherapy, 32(2), 295.
doi:<https://doi.org/10.1111/j.1476-5381.1968.tb00973.x>
49. Commons, K. G., Cholanians, A. B., Babb, J. A., & Ehlinger, D. G. (2017). The rodent forced swim test measures stress-coping strategy, not depression-like behavior. *ACS chemical neuroscience*, 8(5), 955-960.
doi:<https://doi.org/10.1021/acscchemneuro.7b00042>
50. Coz-Bolaños, X., & all, e. (2018). Moringa infusion (*Moringa oleifera*) rich in phenolic compounds and high antioxidant capacity attenuate nitric oxide pro-inflammatory mediator in vitro. *Industrial crops and products*, 118, 95-101.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.03.028>
51. Cryan, J. F., Mombereau, C., & Vassout, A. (2005). The tail suspension test as a model for assessing antidepressant activity: review of pharmacological and genetic studies in mice. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 29(4-5), 571-625.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2005.03.009>
52. Cuellar-Núñez, M., De Mejia, E. G., & Loarca-Piña, G. (2021). *Moringa oleifera* leaves alleviated inflammation through downregulation of IL-2, IL-6, and TNF- α in a colitis-associated colorectal cancer model. *Food Research International*, 144, 110318.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110318>
53. Davis, J. M., Zhao, Z., Stock, H. S., Mehl, K. A., Buggy, J., & Hand, G. A. (2003). Central nervous system effects of caffeine and adenosine on fatigue. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*.
doi:https://journals.physiology.org/doi/full/10.1152/ajpregu.00386.2002?utm_medium=social&utm_s#
54. Dhakad, A. K., & all, e. (2019). Biological, nutritional, and therapeutic significance of *Moringa oleifera* Lam. *Phytotherapy Research*, 33(11), 2870-2903.
doi:<https://doi.org/10.1002/ptr.6475>
55. Di Meo, F., & all, e. (2020). Bioactive polyphenols and neuromodulation: Molecular mechanisms in neurodegeneration. *International journal of molecular sciences*, 21(7), 2564. doi:<https://doi.org/10.3390/ijms21072564>
56. Dif, M., Benchiha, H., Mehdadi, Z., Benali-Toumi, F., Benyahia, M., & Bouterfas, K. (2015). Étude quantitative des polyphénols dans les différents organes. *Phytothérapie*, 13, 314-319 .
57. Dinesha, B., Nidoni, U., Ramachandra, C., Naik, N., & Sankalpa, K. (2018). Effect of extraction methods on physicochemical, nutritional, antinutritional, antioxidant and

- antimicrobial activity of Moringa (*Moringa oleifera* Lam.) seed kernel oil. *Journal of Applied & Natural Science*, 10 .(1)
58. Divi, S. M., Bellamkonda, R., & Dasireddy, S. K. (2012). Evaluation of antidiabetic and antihyperlipidemic potential of aqueous extract of *Moringa oleifera* in fructose fed insulin resistant and STZ induced diabetic wistar rats: a comparative study. *Asian J. Pharm. Clin. Res*, 5(1), 67-72 .
59. Duarte, I., Nakamura, M., & Ferreira, S. (1988). Participation of the sympathetic system in acetic acid-induced writhing in mice. *Brazilian journal of medical and biological research= Revista brasileira de pesquisas Medicas e Biologicas*, 21(2), 341-343 .
60. Dubois, M. (1956). Use of phenol reagent for the determination of total sugar. *Anal. Chem.*, 28, 350 .
61. Dutra, E. A., & all, e. (2004). Determination of sun protection factor (SPF) of sunscreens by ultraviolet spectrophotometry. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, 40, 381-385. doi:<https://doi.org/10.1590/S1516-93322004000300014>
62. Ekor, M. (2014). The growing use of herbal medicines: issues relating to adverse reactions and challenges in monitoring safety. *Frontiers in pharmacology*, 4, 177. doi:<https://doi.org/10.3389/fphar.2013.00177>
63. Essa, M., Subash, S., Parvathy, S., Meera, A., Guillemin, G., Memon, M., & Manivasagam, T. (2014). Brain health benefits of *Moringa oleifera*. *Food and Brain Health*. New York: Nova Science Publishers, 113-118 .
64. Fahmy, N. M., & all, e. (2024). *Moringa oleifera* flowers: insights into their aroma chemistry, anti-inflammatory, antioxidant, and enzyme inhibitory properties. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 24(1), 286 .
65. Faizi, S., Siddiqui, B. S., Saleem, R., Siddiqui, S., Aftab, K., & Gilani, A.-U.-H. (1995). Fully acetylated carbamate and hypotensive thiocarbamate glycosides from *Moringa oleifera*. *Phytochemistry*, 38(4), 957-963. doi:[https://doi.org/10.1016/0031-9422\(94\)00729-D](https://doi.org/10.1016/0031-9422(94)00729-D)
66. Faizi, S., Siddiqui, B. S., Saleem, R., Siddiqui, S., Aftab, K., & Gilani, A.-u. H. (1994). Isolation and structure elucidation of new nitrile and mustard oil glycosides from *Moringa oleifera* and their effect on blood pressure. *Journal of Natural Products*, 57(9), 1256-1261. doi:<https://doi.org/10.1021/np50111a011>
67. Ferreira, J., Campos, M. M., Araújo, R., Bader, M., Pesquero, J. B., & Calixto, J. B. (2002). The use of kinin B1 and B2 receptor knockout mice and selective antagonists to characterize the nociceptive responses caused by kinins at the spinal level.

- Neuropharmacology, 43(7), 1188-1197. doi:[https://doi.org/10.1016/S0028-3908\(02\)00311-8](https://doi.org/10.1016/S0028-3908(02)00311-8)
68. Fitriana, W. D., & all, e. (2016). Antioxidant activity of Moringa oleifera extracts. Indonesian Journal of Chemistry, 16(3), 297-301. doi:<https://doi.org/10.22146/ijc.21145>
69. Foidl, N., Makkar, H., & Becker, K. (2001). Potentiel de Moringa oleifera en agriculture et dans l'industrie. Actes du séminaire sur Moringa oleifera du, 29 .
70. Freire, J. E., Vasconcelos, I. M., Moreno, F. B., Batista, A. B., Lobo, M. D., Pereira, M. L., . . . Monteiro-Moreira, A. C. (2015). Mo-CBP3, an antifungal chitin-binding protein from Moringa oleifera seeds, is a member of the 2S albumin family. PLoS One, 10(3), e0119871. doi:<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0119871>
71. Fuglie, L. J. (2005b). The Moringa Tree: a local solution to malnutrition. Church World Service in Senegal, 5, 75-83 .
72. Gerbeaud. (2019, February 7). *Semis et culture du Moringa oleifera*. <https://www.gerbeaud.com/jardin/fiches/moringa-oleifera-semis-culture-entretien,2237.html>
73. Godinez-Oviedo, A., & all, e. (2016). Nutritional and phytochemical composition of Moringa oleifera Lam and its potential use as nutraceutical plant: a review. Pakistan journal of nutrition, 15(4), 397 .
74. Goldsworthy, G., Johnson, R., & Mordue, W. (1972). In vivo studies on the release of hormones from the corpora cardiaca of locusts. Journal of comparative physiology, 79, 85-96 .
75. Graille, J. (2003). Lipides et corps gras alimentaires: Lavoisier Tec et Doc.
76. Guevara, A. P., Vargas, C., Sakurai, H., Fujiwara, Y., Hashimoto, K., Maoka, T., . . . Nishino, H. (1999). An antitumor promoter from Moringa oleifera Lam. Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis, 440(2), 181-188. doi:[https://doi.org/10.1016/S1383-5718\(99\)00025-X](https://doi.org/10.1016/S1383-5718(99)00025-X)
77. Gulcin, İ., & Alwasel, S. H. (2023). DPPH radical scavenging assay. Processes, 11(8), 2248. doi:<https://doi.org/10.3390/pr11082248>
78. Hamza, A. A. (2010). Ameliorative effects of Moringa oleifera Lam seed extract on liver fibrosis in rats. Food and chemical toxicology, 48(1), 345-355. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fct.2009.10.022>
79. Hollman, P. C., & all, e. (1999). Health effects and bioavailability of dietary flavonols. Free Radical Research, 31(sup1), 75-80 .

80. Hollman, P., & all, e. (1996). Role of dietary flavonoids in protection against cancer and coronary heart disease. *Biochemical Society Transactions*, 24(3), 785-789 .
81. https://fr.wikipedia.org/wiki/Moringa_oleifera#/media/Fichier:Moringa_flower_5.jpg
82. <https://nutrascan.com/moringa/>
83. Huang, X., & all, e. (2020). Superfine grinding affects physicochemical, thermal and structural properties of Moringa Oleifera leaf powders. *Industrial Crops and Products*, 151, 112472. doi:<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112472>
84. Ijioma, S., Nwaogazi, E., Nwankwo, A., Oshilonya, H., Ekeleme, C., & Oshilonya, L. (2018). Histological exhibition of the gastroprotective effect of Moringa oleifera leaf extract. *Comparative clinical pathology*, 27, 327-332 .
85. Ikeda, Y., Ueno, A., Naraba, H., & Oh-Ishi, S. (2001). Involvement of vanilloid receptor VR1 and prostanooids in the acid-induced writhing responses of mice. *Life sciences*, 69(24), 2911-2919. doi:[https://doi.org/10.1016/S0024-3205\(01\)01374-1](https://doi.org/10.1016/S0024-3205(01)01374-1)
86. Imohiosen, O., Gurama, H. H., & Lamidi, T. B. (2014). Phytochemical and antimicrobial studies on Moringa oleifera leaves extracts. *J. Environ. Sci. Toxicol. Food Technol*, 8, 39-45. doi:<http://dx.doi.org/10.9790/2402-08143945>
87. Iqbal, S., & all, e. (2006). Effect of season and production location on antioxidant activity of Moringa oleifera leaves grown in Pakistan. *Journal of food composition and analysis*, 19(6-7), 544-551. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2005.05.001>
88. Isah, T. (2019). Stress and defense responses in plant secondary metabolites production. *Biological Research*, 52. doi:<http://dx.doi.org/10.1186/s40659-019-0246-3>
89. Jassim, A. A., & all, e. Study of Phenolic Compounds of Moringa oleifera Leaf Extracts and Their Potential as Antioxidants. doi:<https://doi.org/10.57239/PJLSS-2024-22.1.00255>
90. Ji, G., & all, e. (2016). Mechanical fragmentation of corncob at different plant scales: impact and mechanism on microstructure features and enzymatic hydrolysis. *Bioresource technology*, 205, 159-165 .
91. Justino, J. (2017). *Flavonoids: From biosynthesis to human health: BoD—Books on Demand*.
92. Kamalakkannan, N., & Prince, P. S. M. (2006). Antihyperglycaemic and antioxidant effect of rutin, a polyphenolic flavonoid, in streptozotocin-induced diabetic wistar rats. *Basic & clinical pharmacology & toxicology*, 98(1), 97-103. doi:https://doi.org/10.1111/j.1742-7843.2006.pto_241.x

93. Kaneto, H., Kajimoto, Y., Miyagawa, J.-i., Matsuoka, T.-a., Fujitani, Y., Umayahara, Y., . . . Hori, M. (1999). Beneficial effects of antioxidants in diabetes: possible protection of pancreatic beta-cells against glucose toxicity. *Diabetes*, 48(12), 2398-2406. doi:<https://doi.org/10.2337/diabetes.48.1.2398>
94. Karagiorgou, I., & all, e. (2015). Polyphenolic burden and in vitro antioxidant properties of *Moringa oleifera* root extracts. *Journal of HerbMed Pharmacology*, 5(1), 33-38 .
95. Kasolo, J. N., Bimenya, G. S., Ojok, L., Ochieng, J., & Ogwal-Okeng, J. W. (2010). Phytochemicals and uses of *Moringa oleifera* leaves in Ugandan rural communities. doi:10.5897/JMPR10.492
96. Kavanagh, A., & all, e. (2012). AMORPHOUS PHARMACEUTICALS-developing amorphous pharmaceuticals: opportunity and necessity. *American pharmaceutical review*, 15(5), 10 .
97. Khairi, N., & all, e. (2018). The determination of antioxidants activity and sunblock *Sterculia populifolia* extract-based cream. *Pharmaceutical and Biomedical Research*, 4(1), 20-26. doi:<http://dx.doi.org/10.18502/pbr.v4i1.142>
98. Khan, H., Husain, T., Kataria, M., Seth, A., Malik, M. Z., Dash, A., . . . Khan, M. A. (2020). Role of selective Bioactive Compounds as an Angiotensin Converting Enzyme Inhibitor. *bioRxiv*, 2020.2008. 2017.254359. doi:<https://doi.org/10.1101/2020.08.17.254359>
99. Khan, H., Jaiswal, V., Kulshreshtha, S., & Khan, A. (2019). Potential angiotensin converting enzyme inhibitors from *Moringa oleifera*. *Recent Patents on Biotechnology*, 13(3), 239-248. doi:<https://doi.org/10.2174/1872208313666190211114229>
100. Khongrum, J., Wattanathorn, J., Muchimapura, S., Thukhum-mee, W., Thipkaew, C., Wannanon, P., & Tong-un, T. (2012). *Moringa oleifera* leaves extract attenuates neuropathic pain induced by chronic constriction injury. doi:<https://doi.org/10.3844/ajassp.201.1182.1187>
101. Koster, R. (1959). Acetic acid for analgesics screening. Paper presented at the Fed proc.
102. Kumari, D. J. (2010). Hypoglycaemic effect of *Moringa oleifera* and *Azadirachta indica* in type 2 diabetes mellitus. *Bioscan*, 5(20), 211-214 .
103. Leone, A., Spada, A., Battezzati, A., Schiraldi, A., Aristil, J., & Bertoli, S. (2016). *Moringa oleifera* seeds and oil: Characteristics and uses for human health. *International journal of molecular sciences*, 17(12), 2141. doi:<https://doi.org/10.3390/ijms17122141>
104. Liu, W.-L., Wu, B.-F., Shang, J.-H., Wang, X.-F., Zhao, Y.-L., & Huang, A.-X. (2022). *Moringa oleifera* seed ethanol extract and its active component kaempferol potentiate

- pentobarbital-induced sleeping behaviours in mice via a GABAergic mechanism. *Pharmaceutical Biology*, 60(1), 810-824. doi:<https://doi.org/10.1080/13880209.2022.2056207>
105. Lockridge, A., Newland, B., Printen, S., Romero, G. E., & Yuan, L.-L. (2013). Head movement: a novel serotonin-sensitive behavioral endpoint for tail suspension test analysis. *Behavioural brain research*, 246, 168-178. doi:<https://doi.org/10.1016/j.bbr.2013.02.032>
106. Mahar, I., Bambico, F. R., Mechawar, N., & Nobrega, J. N. (2014). Stress, serotonin, and hippocampal neurogenesis in relation to depression and antidepressant effects. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 38, 173-192. doi:<https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2013.1.009>
107. Makkar, H., & Becker, K. (1997). Nutrients and antiquality factors in different morphological parts of the *Moringa oleifera* tree. *The Journal of Agricultural Science*, 128(3), 311-322. doi:<https://doi.org/10.1017/S0021859697004292>
108. Mallya, R., Chatterjee, P. K., Vinodini, N., Chatterjee, P., & Mithra, P. (2017). *Moringa oleifera* leaf extract: Beneficial effects on cadmium induced toxicities-A review. *Journal of clinical and diagnostic research: JCDR*, 11(4), CE01. doi:<https://doi.org/10.7860/JCDR/2017/21796.9671>
109. Mangale, S., Chonde, S., Jadhav, A., & Raut, P. (2012). Study of *Moringa oleifera* (drumstick) seed as natural absorbent and antimicrobial agent for river water treatment. *J Nat Prod Plant Resour*, 2(1), 89-100 .
110. Manguro, L. O. A., & Lemmen, P. (2007). Phenolics of *Moringa oleifera* leaves. *Natural Product Research*, 21(1), 56-68. doi:<https://doi.org/10.1080/14786410601035811>
111. Martínez-González, C. L., Martínez, L., Martínez-Ortiz, E. J., González-Trujano, M. E., Déciga-Campos, M., Ventura-Martínez, R., & Díaz-Reval, I. (2017). *Moringa oleifera*, a species with potential analgesic and anti-inflammatory activities. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 87, 482-488. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biopha.2016.1.107>
112. Mashela, P. W. (2017). Growth of moringa (*Moringa oleifera*) seedlings in calcareous, clayey and sandy soils relative to loamy soil. *African Journal of Agricultural Research*, 12(50), 3508-351. doi:<https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11617>
113. Masum, N. H. M., & all, e. (2012). In vitro Antioxidant Activities of Different parts of the Plant *Moringa oleifera* Lam. *Research Journal of Pharmacy and Technology*, 5(12), 1532-1537 .

114. Maurya, S. K., & Singh, A. K. (2014). Clinical efficacy of *Moringa oleifera* Lam. stems bark in urinary tract infections. *International Scholarly Research Notices*, 2014(1), 906843. doi:<https://doi.org/10.1155/2014/906843>
115. Mbanga, L., & all, e. (2015). Determination and comparison of in vitro Sun Protection Factor of some seeds marketed in Kinshasa (DR Congo) using UV-vis Spectrophotometer. *Advances in Biochemistry & Biotechnology*, 1, 1-14 .
116. Mbanga, L., Mulenga, M., Mpiana, P., Bokolo, K., Mumbwa, M., & Mvingu, K. (2014). Determination of sun protection factor (SPF) of some body creams and lotions marketed in Kinshasa by ultraviolet spectrophotometry. *Int. J. Adv. Res. Chem. Sci*, 1(8), 7-13 .
117. Mbikay, M. (2012). Therapeutic potential of *Moringa oleifera* leaves in chronic hyperglycemia and dyslipidemia: a review. *Frontiers in pharmacology*, 3, 24. doi: <https://doi.org/10.3389/fphar.201.00024>
118. Mehwish, H. M., Riaz Rajoka, M. S., Xiong, Y., Zheng, K., Xiao, H., Anjin, T., . . . He, Z. (2022). *Moringa oleifera*—a functional food and its potential immunomodulatory effects. *Food Reviews International*, 38(7), 1533-1552. doi:<https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1825479>
119. Minaiyan, M., Asghari, G., Taheri, D., Saeidi, M., & Nasr-Esfahani, S. (2014). Anti-inflammatory effect of *Moringa oleifera* Lam. seeds on acetic acid-induced acute colitis in rats. *Avicenna journal of phytomedicine*, 4(2), 127 .
120. Mishra, G., Singh, P., Verma, R., Kumar, S., Srivastav, S., Jha, K., & Khosa, R. (2011). Traditional uses, phytochemistry and pharmacological properties of *Moringa oleifera* plant: An overview. *Der Pharmacia Lettre*, 3(2), 141-164 .
121. Mohan, M., Kaul, N., Puneekar, A., Girnar, R., Junnare, P., & Patil, L. (2005). Nootropic activity of *Moringa oleifera* leaves. *Journal of natural remedies*, 5(1), 59-62 .
122. Mohd Fisall, U. F., Ismail, N. Z., Adebayo, I. A., & Arsad, H. (2021). Dichloromethane fraction of *Moringa oleifera* leaf methanolic extract selectively inhibits breast cancer cells (MCF7) by induction of apoptosis via upregulation of Bax, p53 and caspase 8 expressions. *Molecular biology reports*, 48(5), 4465-4475 .
123. Monera, T. G., & Maponga, C. C. (2012). Prevalence and patterns of *Moringa oleifera* use among HIV positive patients in Zimbabwe: a cross-sectional survey. *Journal of public Health in Africa*, 3(1), e6. doi:<https://doi.org/10.4081/jphia.201.e6>
124. Montagnini, F., & Metzel, R. (2018). The contribution of agroforestry to sustainable development goal 2: end hunger, achieve food security and improved nutrition, and promote sustainable agriculture. In *Integrating landscapes: Agroforestry for biodiversity*

- conservation and food sovereignty (pp. 11-45). Cham: Springer International Publishing.
125. Moodley, J. S., Krishna, S. B. N., Pillay, K., Serphen, f., & Govender, P. (2018). Green synthesis of silver nanoparticles from *Moringa oleifera* leaf extracts and its antimicrobial potential. *Advances in Natural Sciences: Nanoscience and Nanotechnology*, 9(1), 01501. doi:10.1088/2043-6254/aaabb2
126. More, B., & all, e. (2013). Evaluation of Sunscreen activity of Cream containing Leaves Extract of *Butea monosperma* for Topical application. *International Journal of Research in Cosmetic Science*, 3(1), 1-6 .
127. Moyo, B., & all, e. (2011). Nutritional characterization of *Moringa* (*Moringa oleifera* Lam.) leaves. *African journal of biotechnology*, 10(60), 12925-12933. doi:https://doi.org/10.5897/AJB10.1599
128. Muhammad, A. A., Arulselvan, P., Cheah, P. S., Abas, F., & Fakurazi, S. (2016). Evaluation of wound healing properties of bioactive aqueous fraction from *Moringa oleifera* Lam on experimentally induced diabetic animal model. *Drug design, development and therapy*, 1715-1730 .
129. Mukhopadhyay, P. (1983). NOVEL RECOMBINATION AND MUTATION ENHANCE THE SURVIVAL OF *ESCHERICHIA COLI* K-12 HOST UNDER THE CONDITIONS INHIBITORY TO CELL DNA SYNTHESIS: Wayne State University.
130. Murrey, H. E., & all, e. (2008). The chemical neurobiology of carbohydrates. *Chemical reviews*, 108(5), 1708-1731. doi:https://doi.org/10.1021/cr078215f
131. Naco, M. E. B., & all, e. (2024). Etude de la composition phytochimique et activités antioxydante des feuilles du *Moringa oleifera*. Lam (*Moringaceae*) dans les régions de Kita (Mali) et de Thiès (Sénégal). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 18(4), 1554-1568. doi:https://doi.org/10.4314/ijbcs.v18i4.26
132. Nambiar, V. S., Guin, P., Parnami, S., & Daniel, M. (2010). Impact of antioxidants from drumstick leaves on the lipid profile of hyperlipidemics. *J Herb Med Toxicol*, 4(1), 165-172 .
133. Nandave, M., Ojha, S. K., Joshi, S., Kumari, S., & Arya, D. S. (2009). *Moringa oleifera* leaf extract prevents isoproterenol-induced myocardial damage in rats: evidence for an antioxidant, antiperoxidative, and cardioprotective intervention. *Journal of medicinal food*, 12(1), 47-55. doi:https://doi.org/10.1089/jmf.2007.0563
134. Nayak, G., Rao, A., Mullick, P., Mutalik, S., Kalthur, S. G., Adiga, S. K., & Kalthur, G. (2020). Ethanolic extract of *Moringa oleifera* leaves alleviate cyclophosphamide-

- induced testicular toxicity by improving endocrine function and modulating cell specific gene expression in mouse testis. *Journal of ethnopharmacology*, 259, 112922. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jep.2020.112922>
135. Ndong, M., Uehara, M., Katsumata, S.-i., & Suzuki, K. (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. doi:<https://doi.org/10.3164/jcbtn.40.229>
136. Nepolean, P., Anitha, J., & Renitta, R. E. (2009). Isolation, analysis and identification of phytochemicals of antimicrobial activity of *Moringa oleifera* Lam .
137. Neto, J. X., Pereira, M. L., Oliveira, J. T., Rocha-Bezerra, L. C., Lopes, T. D., Costa, H. P., . . . Freire, J. E. (2017). A chitin-binding protein purified from *Moringa oleifera* seeds presents anticandidal activity by increasing cell membrane permeability and reactive oxygen species production. *Frontiers in microbiology*, 8, 980. doi:<https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00980>
138. Newman, D. J., & all, e. (2020). Natural products as sources of new drugs over the nearly four decades from 01/1981 to 09/2019. *Journal of natural products*, 83(3), 770-803. doi:<https://doi.org/10.1021/acs.jnatprod.9b01285>
139. Nunthanawanich, P., Sompong, W., Sirikwanpong, S., Mäkynen, K., Adisakwattana, S., Dahlan, W., & Ngamukote, S. (2016). *Moringa oleifera* aqueous leaf extract inhibits reducing monosaccharide-induced protein glycation and oxidation of bovine serum albumin. *Springerplus*, 5, 1-7 .
140. Nweze, N., & all, e. (2014). Phytochemical, proximate and mineral composition of leaf extracts of *Moringa oleifera* Lam. from Nsukka, South-Eastern Nigeria .
141. Ogunbinu, A., Flamini, G., Cioni, P., & Adebayo, M. (2009). og *Ogunwande*, IA *Ingredienser af Cajanus cajan* (L.) Millsp. *Moringa oleifera* Lam., *Heliotropium indicum* L. og *Bidens pilosa* L. fra Nigeria. *Nat. Prod Commun*, 4(4), 573-578 .
142. Okechukwu, V. U., & all, e. (2021). Evaluation of phytochemical constituents of Methanol extract of *Moringa oleifera* Lam. whole leaf by Gas Chromatography-Mass Spectrometry and Fourier transform infrared spectroscopy analysis. *World News of Natural Sciences*, 37, 18-30 .
143. Oldoni, T. L. C., & all, e. (2019). Bioguided extraction of phenolic compounds and UHPLC-ESI-Q-TOF-MS/MS characterization of extracts of *Moringa oleifera* leaves collected in Brazil. *Food Research International*, 125, 108647. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108647>

144. Olson, M. E. (2002). Intergeneric relationships within the Caricaceae-Moringaceae clade (Brassicales) and potential morphological synapomorphies of the clade and its families. *International Journal of Plant Sciences*, 163(1), 51-65. doi:<https://doi.org/10.1086/324046>
145. Oluduro, A. O. (2012). Evaluation of antimicrobial properties and nutritional potentials of *Moringa oleifera* Lam. leaf in South-Western Nigeria. *Malaysian Journal of Microbiology*, 8(2), 59-67 .
146. Owon, M., Osman, M., & all, e. (2021). Characterisation of different parts from *Moringa oleifera* regarding protein, lipid composition and extractable phenolic compounds. *Ocl*, 28, 45. doi:<https://doi.org/10.1051/ocl/2021035>
147. Padla, E. P., Solis, L. T., Levida, R. M., Shen, C.-C., & Ragasa, C. Y. (2012). Antimicrobial isothiocyanates from the seeds of *Moringa oleifera* Lam. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 67(11-12), 557-564. doi:<https://doi.org/10.1515/znc-2012-11-1205>
148. Panchal, M. A., Murti, K., Lambole, V., & Gajera, V. (2010). Pharmacological properties of *Moringa oliefera* lam.-a review. *Pharmacologyonline*, 2, 768-775 .
149. Panda, S., Kar, A., Sharma, P., & Sharma, A. (2013). Cardioprotective potential of N, α -l-rhamnopyranosyl vincosamide, an indole alkaloid, isolated from the leaves of *Moringa oleifera* in isoproterenol induced cardiotoxic rats: In vivo and in vitro studies. *Bioorganic & medicinal chemistry letters*, 23(4), 959-962. doi:<https://doi.org/10.1016/j.bmcl.2011.1.060>
150. Pandey, A., & all, e. (2012). *Moringa oleifera* Lam. Sahijan)-A Plant with a Plethora of Diverse Therapeutic Benefits: An Updated Retrospection. *Medicinal and Aromatic Plants*, 1(1), 1-8. doi:<http://dx.doi.org/10.4172/map.1000101>
151. Panickar, K. S., & all, e. (2011). Control of fatty acid intake and the role of essential fatty acids in cognitive function and neurological disorders .
152. Park, M.-O., & all, e. (2022). Comparison in content of total polyphenol, flavonoid, and antioxidant capacity from different organs and extruded condition of *Moringa oleifera* Lam. *Processes*, 10(5), 819. doi:<https://doi.org/10.3390/pr10050819>
153. Parvathy, M., & Umamaheshwari, A. (2007). Cytotoxic effect of *Moringa oleifera* leaf extracts on human multiple myeloma cell lines .
154. Pokusa, M., & Kráľová T., A. (2017). The central role of biometals maintains oxidative balance in the context of metabolic and neurodegenerative disorders. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2017(1), 8210734. doi:<https://doi.org/10.1155/2017/8210734>

155. 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. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jep.2013.09.043>
156. Porsolt, R. D., Le Pichon, M., & Jalfre, M. (1977). Depression: a new animal model sensitive to antidepressant treatments. *Nature*, 266(5604), 730-732 .
157. Prentki, M., & Nolan, C. J. (2006). Islet β cell failure in type 2 diabetes. *The Journal of clinical investigation*, 116(7), 1802-181.
158. Raafat, K., & Hdaib, F. (2017). Neuroprotective effects of *Moringa oleifera*: Bio-guided GC-MS identification of active compounds in diabetic neuropathic pain model. *Chinese journal of integrative medicine*, 1-10 .
159. Rajamanickam, M., & Rajamanickam, A. (2016). Analgesic and anti-inflammatory activity of the extracts from *Cyperus rotundus* Linn rhizomes. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 6(9), 197-203. doi:<https://dx.doi.org/10.7324/JAPS.2016.60929>
160. Ray, K., & Guha, D. (2005). Effect of *Moringa oleifera* root extract on penicillin-induced epileptic rats. *Biogenic amines*, 19(3), 223 .
161. Rebas, E., & all, e. (2020). Neuroprotective polyphenols: a modulatory action on neurotransmitter pathways. *Current neuropharmacology*, 18(5), 431-445. doi:<https://doi.org/10.2174/1570159X18666200106155127>
162. Redha, A. A., Perna, S., Riva, A., Petrangolini, G., Peroni, G., Nichetti, M., . . . Rondanelli, M. (2021). Novel insights on anti-obesity potential of the miracle tree, *Moringa oleifera*: A systematic review. *Journal of functional Foods*, 84, 104600. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jff.2021.104600>
163. Rezaee-Asl, M., Sabour, M., Nikoui, V., Ostadhadi, S., & Bakhtiarian, A. (2014). The study of analgesic effects of *Leonurus cardiaca* L. in mice by formalin, tail flick and hot plate tests. *International Scholarly Research Notices*, 2014(1), 687697. doi:<https://doi.org/10.1155/2014/687697>
164. Rinatha, E., & all, e. (2023). Stability testing and determination of sun protection factor (spf) value in gel formulation combining *Moringa oleifera* L. leaf extract with *Citrus aurantifolia* peel. *Jurnal Fitofarmaka Indonesia*, 10(3), 53-60. doi:<https://doi.org/10.33096/jffi.v10i3.1000>
165. Rockwood, J., Anderson, B., & Casamatta, D. (2013). Potential uses of *Moringa oleifera* and an examination of antibiotic efficacy conferred by *M. oleifera* seed and leaf extracts

- using crude extraction techniques available to underserved indigenous populations. *International Journal of Phytotherapy Research*, 3(2), 61-71 .
166. Roy, S. K., Chandra, K., Ghosh, K., Mondal, S., Maiti, D., Ojha, A. K., . . . Islam, S. S. (2007). Structural investigation of a heteropolysaccharide isolated from the pods (fruits) of *Moringa oleifera* (Sajina). *Carbohydrate research*, 342(16), 2380-2389. doi:<https://doi.org/10.1016/j.carres.2007.07.020>
167. Rumpf, J., Burger, R., & Schulze, M. (2023). Statistical evaluation of DPPH, ABTS, FRAP, and Folin-Ciocalteu assays to assess the antioxidant capacity of lignins. *International Journal of Biological Macromolecules*, 233, 123470. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.123470>
168. Sankhalkar, S., & all, e. (2016). Quantitative and qualitative analysis of phenolic and flavonoid content in *Moringa oleifera* Lam and *Ocimum tenuiflorum* L. *Pharmacognosy research*, 8(1), 16. doi:<https://doi.org/10.4103/0974-8490.171095>
169. Sashidhara, K. V., Rosaiah, J. N., Tyagi, E., Shukla, R., Raghubir, R., & Rajendran, S. M. (2009). Rare dipeptide and urea derivatives from roots of *Moringa oleifera* as potential anti-inflammatory and antinociceptive agents. *European journal of medicinal chemistry*, 44(1), 432-436. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2007.1.018>
170. Sasikala, V., Rooban, B., Priya, S. S., Sahasranamam, V., & Abraham, A. (2010). *Moringa oleifera* prevents selenite-induced cataractogenesis in rat pups. *Journal of ocular pharmacology and therapeutics*, 26(5), 441-447. doi:<https://doi.org/10.1089/jop.2010.0049>
171. Segwatibe, M. K., & all, e. (2023). Antioxidant and antimicrobial evaluations of *Moringa oleifera* Lam leaves extract and isolated compounds. *Molecules*, 28(2), 899. doi:<https://doi.org/10.3390/molecules28020899>
172. Sekhar, C. P., Kalidhasan, S., Rajesh, V., & Rajesh, N. (2009). Bio-polymer adsorbent for the removal of malachite green from aqueous solution. *Chemosphere*, 77(6), 842-847 .
173. Shabbir, M., Khan, M. R., & Saeed, N. (2013). Assessment of phytochemicals, antioxidant, anti-lipid peroxidation and anti-hemolytic activity of extract and various fractions of *Maytenus royleanus* leaves. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 13(1), 143. doi:10.1186/1472-6882-13-143
174. Shanker, K., Gupta, M. M., Srivastava, S. K., Bawankule, D. U., Pal, A., & Khanuja, S. P. (2007). Determination of bioactive nitrile glycoside (s) in drumstick (*Moringa*

- oleifera) by reverse phase HPLC. Food chemistry, 105(1), 376-382. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.1.034>
175. Sharifudin, S. A., Fakurazi, S., Hidayat, M. T., Hairuszah, I., Aris Mohd Moklas, M., & Arulselvan, P. (2013). Therapeutic potential of *Moringa oleifera* extracts against acetaminophen-induced hepatotoxicity in rats. *Pharmaceutical Biology*, 51(3), 279-288. doi:<https://doi.org/10.3109/13880209.201.720993>
176. Sharma, A., Verma, R., & Ramteke, P. (2014). *Cyperus rotundus*: A potential novel source of therapeutic compound against urinary tract pathogens. *Journal of Herbal Medicine*, 4(2), 74-82. doi:<https://doi.org/10.1016/j.hermed.2014.01.003>
177. Shevkani, K., & Chourasia, S. (2021). Dietary proteins: functions, health benefits and healthy aging. *Nutrition, food and diet in ageing and longevity*, 3-37 .
178. Shibko, S., Friedman, L., P, K., & Sherr, K. (1966). A Biochemical Screening Approach in Toxicological Investigations. Paper presented at the FEDERATION PROCEEDINGS.
179. Shih, M.-C., & all, e. (2011). Effect of different parts (leaf, stem and stalk) and seasons (summer and winter) on the chemical compositions and antioxidant activity of *Moringa oleifera*. *International journal of molecular sciences*, 12(9), 6077-6088. doi:<https://doi.org/10.3390/ijms12096077>
180. Siddhuraju, P., & Becker, K. (2003). Antioxidant properties of various solvent extracts of total phenolic constituents from three different agroclimatic origins of drumstick tree (*Moringa oleifera* Lam.) leaves. *Journal of agricultural and food chemistry*, 51(8), 2144-2155. doi:<https://doi.org/10.1021/jf020444+>
181. Sikder, K., & all, e. (2013). *Moringa oleifera* Leaf extract prevents in vitro oxidative DNA damage. *Asian J. Pharm. Clin. Res*, 6(2), 157-161 .
182. Silva, L. R., Videira, R., Monteiro, A. P., Valentão, P., & Andrade, P. B. (2009). Honey from Luso region (Portugal): Physicochemical characteristics and mineral contents. *Microchemical Journal*, 93(1), 73-77. doi:<https://doi.org/10.1016/j.microc.2009.05.005>
183. Singh, A., & Navneet, X. (2018). Ethnomedicinal, pharmacological and antimicrobial aspects of *Moringa oleifera* Lam. A review. *The Journal of Phytopharmacology*, 7(1), 45-50 .
184. Singh, B. N., Singh, B., Singh, R., Prakash, D., Dhakarey, R., Upadhyay, G., & Singh, H. (2009). Oxidative DNA damage protective activity, antioxidant and anti-quorum sensing potentials of *Moringa oleifera*. *Food and chemical toxicology*, 47(6), 1109-1116. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fct.2009.01.034>

185. Souvenir, R. A. (2011). Mechanisms of Erythropoietin-induced Neuroprotection in: in-vivo and in-vitro Models of Hypoxia Ischemia: Loma Linda University.
186. Sreelatha, S., & all, e. (2009). Antioxidant activity and total phenolic content of *Moringa oleifera* leaves in two stages of maturity. *Plant foods for human nutrition*, 64, 303-31.
187. Stohs, S. J., & Hartman, M. J. (2015). Review of the safety and efficacy of *Moringa oleifera*. *Phytotherapy Research*, 29(6), 796-804 .
188. Suzana, D., Suyatna, F. D., Andrajati, R., Sari, S. P., & Mun'im, A. (2017). Effect of *Moringa oleifera* leaves extract against hematology and blood biochemical value of patients with iron deficiency anemia. *Journal of Young Pharmacists*, 9(1s), S79. doi:10.5530jyp.2017.1s.20
189. Tabassum, I., Siddiqui, Z. N., & Rizvi, S. J. (2010). Effects of *Ocimum sanctum* and *Camellia sinensis* on stress-induced anxiety and depression in male albino *Rattus norvegicus*. *Indian journal of pharmacology*, 42(5), 283-288. doi:10.4103/0253-7613.70108
190. Tahkur, R. S., Soren, G., Pathapati, R. M., & Buchineni, M. (2016). Diuretic activity of *Moringa oleifera* leaves extract in swiss albino rats. *J. Pharm. Innov*, 5, 8-10 .
191. Tan, W. S., & all, e. (2015). *Moringa oleifera* flower extract suppresses the activation of inflammatory mediators in lipopolysaccharide-stimulated RAW 264.7 macrophages via NF- κ B pathway. *Mediators of inflammation*, 2015(1), 720171. doi:https://doi.org/10.1155/2015/720171
192. Tan, W. S., Arulselvan, P., Karthivashan, G., & Fakurazi, S. (2015). *Moringa oleifera* flower extract suppresses the activation of inflammatory mediators in lipopolysaccharide-stimulated RAW 264.7 macrophages via NF- κ B pathway. *Mediators of inflammation*, 2015(1), 720171. doi:https://doi.org/10.1155/2015/720171
193. Teixeira, E. M. B., & all, e. (2014). Chemical characteristics and fractionation of proteins from *Moringa oleifera* Lam. leaves. *Food chemistry*, 147, 51-54. doi:https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.09.135
194. Thierry, N. N., & all, e. (2013). Effect of pure culture fermentation on biochemical composition of *Moringa oleifera* Lam leaves powders. doi:http://www.scirp.org/journal/PaperInformation.aspx?PaperID=35452
195. Tiloke, C., Phulukdaree, A., & Chuturgoon, A. A. (2013). The antiproliferative effect of *Moringa oleifera* crude aqueous leaf extract on cancerous human alveolar epithelial cells. *BMC complementary and alternative medicine*, 13, 1-8 .

196. Tsai, C.-S. S., Luo, S.-F., Ning, C.-C., Lin, C.-L., Jiang, M.-C., & Liao, C.-F. (2009). Acetylsalicylic acid regulates MMP-2 activity and inhibits colorectal invasion of murine B16F0 melanoma cells in C57BL/6J mice: effects of prostaglandin F2 α . *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 63(7), 522-527. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biopha.2008.07.094>
197. Upadhyay, P., Yadav, M. K., Mishra, S., Sharma, P., & Purohit, S. (2015). *Moringa oleifera*: A review of the medical evidence for its nutritional and pharmacological properties. *International Journal of Research in Pharmacy & Science* .(2)
198. Varadarajan, S., & all, e. (2022). Assessing the in vitro antioxidant and anti-inflammatory activity of *Moringa oleifera* crude extract. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 23(4), 438. doi: 10.5005/jp-journals-10024-3323
199. Venkatesh, N., Devi, K., Venkateswarlu, G., & Sudhakar, A. (2019). effect of hydroalcoholic extract of *Moringa oleifera* leaves on fertility hormone and sperm quality of male albino rats. *Int. J. Curr. Med. Pharm. Res*, 1, 83-87 .
200. Vergara-Jimenez, M., Almatrafi, M. M., & Fernandez, M. L. (2017). Bioactive components in *Moringa oleifera* leaves protect against chronic disease. *Antioxidants*, 6(4), 91. doi:<https://doi.org/10.3390/antiox6040091>
201. Verma, A., Vijayakumar, M., Mathela, C., & Rao, C. (2009). Phyto-chemistry of *Moringa oleifera*. *Food Chem. Toxicol*, 47(9), 2196-3001 .
202. Vijayakkannan, K., & all, e. (2024). Extraction and characterization of a new natural cellulosic fiber from the Habara Plant Stem (HF) as potential reinforcement for polymer composites. *International Journal of Biological Macromolecules*, 269, 131818. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.131818>
203. Vilaseca, M., López-Grimau, V., & Gutiérrez-Bouzán, C. (2014). Valorization of waste obtained from oil extraction in *Moringa oleifera* seeds: coagulation of reactive dyes in textile effluents. *Materials*, 7(9), 6569-6584. doi:<https://doi.org/10.3390/ma7096569>
204. Vinodkumar, T., Dinesh, T., & All, e. (2025). A comprehensive analysis of minerals in *Moringa oleifera* leaves, seeds, stem bark, and ash using inductively coupled plasma-optical emission spectroscopy (ICP-OES). *Discover Chemistry*, 2(1), 1-1.
205. Vongsak, B., & all, e. (2013). Maximizing total phenolics, total flavonoids contents and antioxidant activity of *Moringa oleifera* leaf extract by the appropriate extraction method. *Industrial crops and products*, 44, 566-571. doi:<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.201.09.021>
206. WHO. (2004). WHO Guidelines on Safety Monitoring of Herbal Medicines in Pharmacovigilance Systems. Geneva, Switzerland: World Health Organization.

207. Wigdor, S., & Wilcox, G. L. (1987). Central and systemic morphine-induced antinociception in mice: contribution of descending serotonergic and noradrenergic pathways. *The Journal of pharmacology and experimental therapeutics*, 242(1), 90-95 .
208. William, F., Lakshminarayanan, S., & Chegu, H. (1993). Effect of some Indian vegetables on the glucose and insulin response in diabetic subjects. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 44(3), 191-195. doi:<https://doi.org/10.3109/09637489309017439>
209. Worku, B., & Tolossa, N. (2024). A Review on the Neuroprotective Effect of *Moringa oleifera*. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2024(1), 7694516. doi:<https://doi.org/10.1155/2024/7694516>
210. Wright Jr, E., Scism-Bacon, J., & Glass, L. (2006). Oxidative stress in type 2 diabetes: the role of fasting and postprandial glycaemia. *International journal of clinical practice*, 60(3), 308-314. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1368-5031.2006.00825.x>
211. Yabesh, J. M., Prabhu, S., & Vijayakumar, S. (2014). An ethnobotanical study of medicinal plants used by traditional healers in silent valley of Kerala, India. *Journal of ethnopharmacology*, 154(3), 774-789. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jep.2014.05.004>
212. Yaméogo, C., & All, e. (2011). Determination of chemical composition and nutritional values of *Moringa oleifera* leaves. *Pakistan journal of nutrition*, 10(3), 264-268 .
213. Yammuenart, D., Chavasiri, W., & Pongrapeeporn, K. (2008). Chemical constituents of *Moringa oleifera* Lam. Paper presented at the The Science Forum.
214. Yang, L., & all, e. (2018). Response of plant secondary metabolites to environmental factors. *Molecules*, 23(4), 762 .
215. Yang, Y., & all, e. (2014). Changes to the physicochemical characteristics of wheat straw by mechanical ultrafine grinding. *Cellulose*, 21, 3257-3268 .
216. Zhang, M., Hettiarachchy, N. S., Horax, R., Kannan, A., Praisoody, M. A., Muhundan, A., & Mallangi, C. R. (2011). Phytochemicals, antioxidant and antimicrobial activity of *Hibiscus sabdariffa*, *Centella asiatica*, *Moringa oleifera* and *Murraya koenigii* leaves. *J. Med. Plants Res*, 5(30), 6672-6680. doi:10.5897/JMPR1.621
217. Zhang, Y., & all, e. (2022). Evaluation of particle size on the physicochemical properties of *Moringa oleifera* lam. Stem powder. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 14(SP1), 1-1. doi:<https://doi.org/10.15586/qas.v14iSP1.1123>
218. Zhang, Y., Liang, K., Wang, J., Wang, A., Pandiselvam, R., & Zhu, H. (2022). Evaluation of particle size on the physicochemical properties of *Moringa oleifera* lam. Stem powder. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 14(SP1), 1-1.

219. Zhao, X., & all, e. (2013). Surface characterization of corn stalk superfine powder studied by FTIR and XRD. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 104, 207-21. doi:<https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.201.1.003>

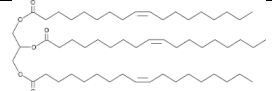
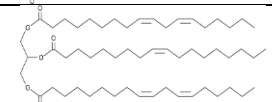
ANNEXE

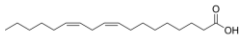
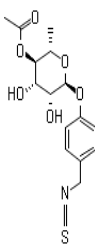
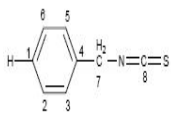
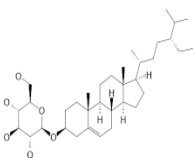
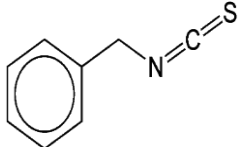
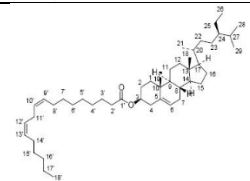
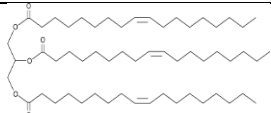
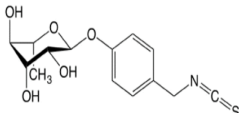
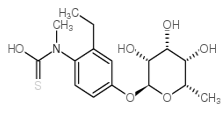
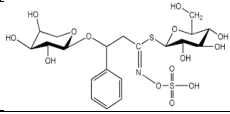
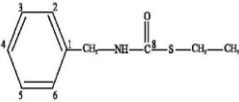
Annexe1 : Phytoconstituants de *Moringa oleifera* et leurs effets thérapeutiques pertinents

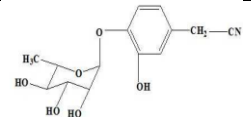
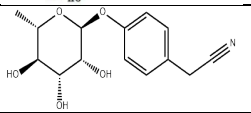
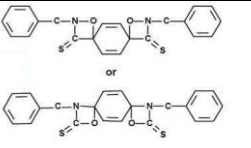
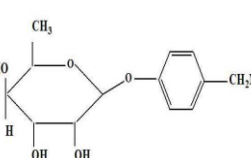
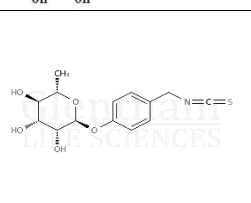
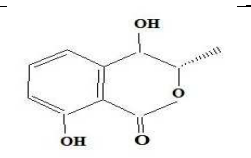
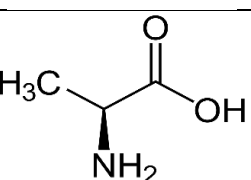
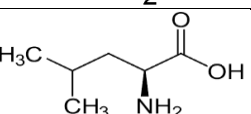
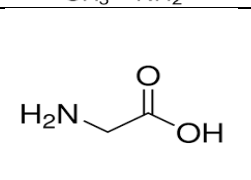
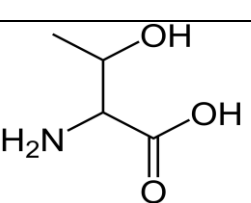
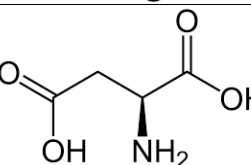
Partie de la plante	Composé	Classe	Activité thérapeutique	Références
Feuilles	La rutine (555,6µg/g)	Flavonoïde	Il a été trouvé qu'il présente la plus grande affinité et interaction envers le gène BRAC-1.	(Alam, Elkholy, Mahfouz, Alam, & Sharaf-Eldin, 2016)
	Kaempférol (197,6µg/g)	Flavonoïde	Activité de protection contre les dommages oxydatifs.	(Singh et al., 2009)
	Quercétine (2030,9µmol/100g)	Flavonoïde	Exerce un excellent effet en tant qu'agent anti-diabétique.	(Ndong, Uehara, Katsumata, & Suzuki, 2007)
	Acide coumarique (0,536 mg/g)	Acide phénolique	Antioxydant et antimicrobien.	(Zhang et al., 2011)
	Myricétine (5,804mg/g)	Flavonoïde	Prévention potentielle du diabète sucré et d'autres complications diabétiques.	(Leone et al., 2015)
	Acide ellagique (0,078±0,128mg/g)	Polyphénol	Prévient les infections virales et bactériennes, potentiel antioxydant.	(Leone et al., 2015)
	Acide férulique (0,078±0,128mg/g)	Phénol	Résultats prometteurs en tant qu'anti-cancéreux, antioxydant, antithrombotique, anti-arythmique et anti-inflammatoire.	(Leone et al., 2015)
	Acide caféique (0,409 mg/g)	Phénol	Améliore les performances athlétiques, réduit la fatigue, aide à la perte de poids, protège contre l'herpès, le VIH et le cancer.	(Chung et al., 2004)
	Acide synapique (quantité trace)	Phénol	Cardioprotecteur, rénoprotecteur, anxiolytique, neuroprotecteur.	(Leone et al., 2015)
	Acide gallique (1,034 mg/g)	Phénol	Anti-inflammatoire, anti-néoplasique, antioxydant.	(Alhakmani, Kumar, & Khan, 2013)
	Acide syringique (quantité trace)	Phénol	Antioxydant, antimicrobien.	(Bennour, Mighri, Eljani, Zammouri, & Akrouf, 2020)
	Isorhamnétine (0,118 mg/g)	Flavonoïde	Antioxydant.	(Riaz et al., 2018)
	Myricétine (5,804mg/g)	Flavonoïde	Prévention potentielle du	(Riaz et al., 2018)

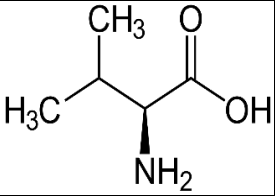
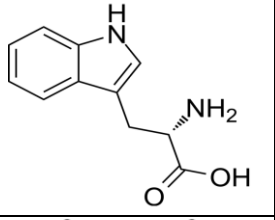
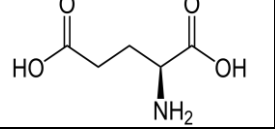
			diabète sucré et d'autres complications diabétiques.	
Graines	Glucomoringine	Glucosinolates	Anti-inflammatoire, analgésique, antioxydant, antihypertenseur.	(Borgonovo et al., 2020)
	β -sitostérol	Phytostérol	Anti-inflammatoire.	(Liao et al., 2018)
	Acide arachidique	Acide gras	Augmentation de la production de lait maternel.	(Sari et al., 2020)
	Acide oléique (70% p/p)	Acide gras	Réduit la pression artérielle et diminue les dommages causés par les radicaux libres aux cellules.	(More, Gogate, Waghmare, & Naik, 2018)
	Acide myristique	Acide gras	Effet anxiolytique, utilisé dans la localisation membranaire de l'enzyme.	(Kaur, Invally, Sanzagiri, & Buttar, 2015)
	Acide palmitique	Acide gras	Effet trypanocidaire et anti-leucémique.	(Korbecki & Bajdak-Rusinek, 2019)
	Procyanidine	Flavonoïde	Cardioprotecteur.	(Rue, Rush, & van Breemen, 2018)
Fleur	D-mannose	Glucide	Traitement des carences causées par des défauts génétiques et des infections urinaires aiguës.	(Maurya & Singh, 2014)
Tige	β -sitostérol	Phytostérol	Antioxydant, cardiovasculaire, immunomodulateur.	(Liao et al., 2018)

Annexe2 La structure de quelques composés phytochimiques principaux isolés de *M. oleifera*

Nom du composé	structure	références
1, 2, 3 - triolein		https://www.caymanchem.com/product/26871
1,3 – dilinoleoyl-2-olein		https://www.caymanchem.com/product/27064
1, 3-dioleoyl-2-linolein		https://www.caymanchem.com/product/10009758/1%2C2%2C3-tri-%CE%B1-linolenoyl-glycerol

Linoleic acid		https://www.medchemexpress.com/Linoleic_acid.html
4-(4'-O-acetyl- α -L-rhamnopyranosyloxy) benzyl isothiocyanate		https://jglobal.jst.go.jp/en/detail?JGLOBAL_ID=200907056278842407
Isothiocyanatomethylbenzene		(Mishra & all, 2011)
R=H $\rightarrow$ β -sitosterol R= β -D-glucopyranosyl $\rightarrow$ β -sitosterol-3-O- β -D-glucopyranoside		https://spectrabase.com/compound/2j55Y2qAFEl
Benzyl isothiocyanate		https://www.acs.org/molecule-of-the-week/archive/b/benzyl-isothiocyanate.html
Linoleic sitosterate		(Mishra et al., 2011)
1, 2, 3-trilinolein		https://www.caymanchem.com/product/10009758/1%2C2%2C3-tri-%CE%B1-linolenoyl-glycerol
4-(α -L-rhamnopyranosyloxy) benzyl isothiocyanate		(El-Masry, Saleh, & AbdEl-Mageed, 2017)
Niazimicin		https://www.chemsrc.com/en/cas/147821-49-6_82434.html
4-(α -L-rhamnopyranosyloxy) benzyl glucosinolate		https://www.genome.jp/db/pcidb/kna_kcfs_clst7s/2978
Aglycone of Deoxy-Niazimicine (N-benzyl, S-ethyl thioformate)		(Mishra & all, 2011)

Niaziridin		(Mishra & all, 2011)
Niazirin		https://www.abmole.com/products/niazirin.html
Pterygospermin		(Mishra & all, 2011)
4-(α-L-rhamnosyloxy) benzyl isothiocyanate		(Mishra & all, 2011)
Moringyne		https://cymitquimica.com/products/7W-GY9506/73255-40-0/moringin/
4-hydroxy mullein		(Mishra & all, 2011)
Alanine		https://fr.wikipedia.org/wiki/Alanine
Leucine		https://fr.wikipedia.org/wiki/Leucine
Glycine		https://www.mpbio.com/in/glycine-98
Threonine		https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Threonine_simple.png
Aspartic Acid		https://en.wikipedia.org/wiki/Aspartic_acid

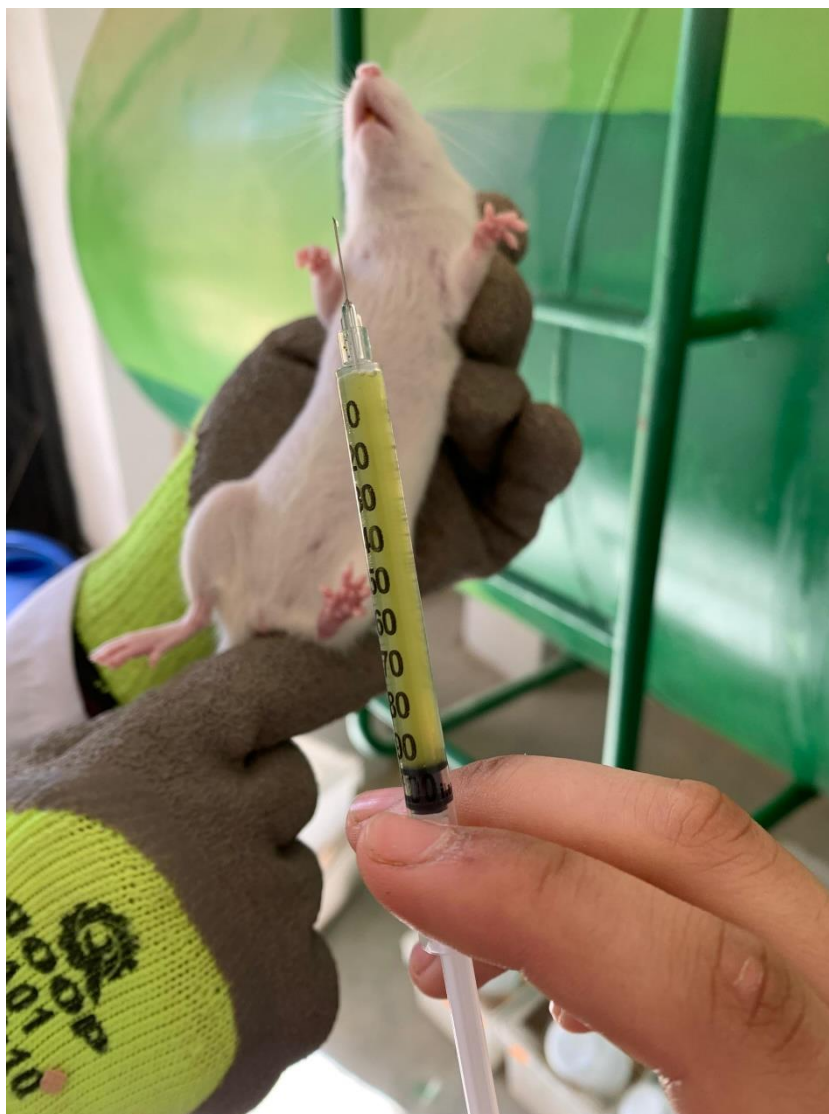
Valine		https://fr.wikipedia.org/wiki/Valine
Tryptophan		https://www.medchemexpress.com/L-Tryptophan.html
Glutamic Acid		https://en.wikipedia.org/wiki/Glutamic_acid



Annexe3: Test de nage forcée



Annexe 4 : Surveillance du comportement du rat après l'administration de l'extrait de *Moringa oleifera*.



Annexe 5: Administration intrapéritonéale de l'extrait de *Moringa oleifera*



Annexe 6: Préparation pour le test de la plaque chauffante