



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique Et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère De L'enseignement Supérieur Et De La Recherche Scientifique



Université Echahid Hamma Lakhdar – El Oued
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de biologie cellulaire et moléculaire

جامعة الشهيد حمه لخضر الوادي.
كلية علوم الطبيعة والحياة
قسم البيولوجيا الخلوية والجزيئية.

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Science biologique

Spécialité : Biochimie appliquée

THEME

Recensement des plantes médicinales utilisées dans le traitement de l'anémie et évaluation de l'activité biologique d'une espèce sélectionnée

Présenté par :

Medboub Woudjdane

Benlahbib Nour elimane

Devant le jury composé de :

Grade

Université

Présidente : Mme Houmri Nawal

M.C.A

EchahidHammaLakdarElOued

Promotrice : Mme Ramdane Farah

M.C.A

EchahidHammaLakdarElOued

Examineur : Mr. Khelef Yahia

M.C.B

EchahidHammaLakdarElOued

Année universitaire

2025- 2026

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

وَلَا تُسِرُّنَا إِلَهُكَ اللَّهُمَّ

وَأَنْ سَعَيْكَ سَوْفَ يُرَى



Remerciement

Au terme de ce modeste travail, nous adressons avant tout nos louanges et notre profonde gratitude à Dieu le Tout-Puissant, qui nous a accordé la force, la patience et la volonté nécessaires pour mener ce mémoire à son accomplissement.

Nous tenons à exprimer nos plus sincères remerciements à notre encadreure, Mme Ramdan Farah, pour son précieux accompagnement, sa disponibilité, ses orientations pertinentes ainsi que pour la confiance qu'elle nous a accordée tout au long de cette étude.

Nous exprimons également notre reconnaissance aux membres du jury pour l'honneur qu'ils nous font en acceptant d'évaluer ce travail, ainsi que pour l'intérêt porté à notre recherche.

Nos remerciements s'adressent aussi à l'ensemble des enseignants du département de biologie, qui ont contribué à notre formation universitaire et scientifique par la richesse de leur enseignement et leurs précieux conseils.

Enfin, nous remercions chaleureusement toutes les personnes ayant contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce mémoire.



Dédicace



﴿فَرِحِينَ بِمَا آتَاهُمُ اللَّهُ مِنْ
فَضْلِهِ﴾

Ô mon Dieu...

La vie ne trouve sa beauté qu'à travers Ton souvenir et
les cœurs ne connaissent le bonheur qu'en étant proches de Toi,
À la lumière des mondes et au Prophète de la miséricorde,
notre Prophète Mohammed صلى الله عليه وسلم.

Au symbole de dignité, de sacrifice et de générosité.

Mon cher père Abdelkader

À la source de tendresse, de prières et d'amour infini

Ma chère mère Saliha Labed

À mes compagnons de vie et soutien des jours difficiles,
mes frères « Nesr Eddine, Imad Eddine, Hicham et Abdelalim ».

À mon âme sœur et mon refuge

Ma chère sœur « Sadjida ».

À notre petite étoile remplie d'innocence et d'espoir « Sidrat El Mountha »

À celui qui a été mon soutien tout au long de ce parcours...

« Mon fiancé »

À ma deuxième mère Ma chère tante « Samia »

À mes âmes jumelles et compagnes de route,

« Oumaima, Djouhaina et Amina »,

À mon unique amie et compagne de route « Nour El Imane »

À Mes chères belles-sœurs « Chaïmaa et Anfal »

À toute ma famille et à mes proches,

mes grand-mères, mes grand-pères, mes oncles et mes tantes

À ceux qui ont contribué à mon savoir et à mon parcours,

Mes chers enseignants

Et à tous ceux que ma plume a oubliés,

mais que mon cœur n'oubliera jamais...



Woudjdane





Dédicace



Louange à Allah, grâce à qui tout bien se réalise. Je Le remercie pour Sa guidance, Sa générosité et Son aide. C'est Lui qui m'a donné la force, la patience et le courage pour terminer ce travail.

Je dédie ce travail à mes chers parents, mon père Mohamed Nadjib et ma mère Nadjet Souli, qu'Allah les protège et les garde en bonne santé, en reconnaissance de leur soutien et de leurs encouragements tout au long de mon parcours.

À mes frères : Alaa Eddine, Walid et Younes, ainsi qu'à leurs épouses : Sara, Rihab et Rayane, qui m'ont toujours entourée d'amour, d'attention et de soutien, et ont partagé avec moi les moments difficiles comme les moments de joie.

Je dédie aussi ce travail à mes sœurs : Rihab, Nada et Fatima, qui ont toujours été un grand soutien pour moi par leurs prières, leurs mots gentils et leurs encouragements.

À toute ma famille, petits et grands, qui m'ont toujours encouragée par leurs prières et leurs paroles bienveillantes, et qui ont été un grand soutien pour moi.

À mes professeurs, qui m'ont aidée par leurs conseils et leurs connaissances, et qui ont contribué à la réalisation de ce travail.

À mes amis et à tous ceux qui m'ont aidée de près ou de loin, même par un simple mot ou une bonne intention.

Enfin, je dédie ce travail à moi-même, en reconnaissance de tous les efforts, de la patience et de la persévérance jusqu'à ce moment, en espérant un avenir plein de réussite.

Louange à Allah en tout temps.



Nour elimane



Résumé

Les plantes médicinales constituent une source importante de remèdes traditionnels utilisés dans la prévention et le traitement de nombreuses affections. Dans le cadre de la recherche de solutions naturelles contre l'anémie, une enquête ethnopharmacologique a été réalisée afin d'identifier les espèces végétales les plus employées à cet effet. Les résultats de cette enquête ont révélé que *Moringa oleifera* figure parmi les plantes les plus fréquemment utilisées avec une fréquence de citation (FC) de 27, ce qui a motivé son choix pour l'évaluation de son potentiel thérapeutique. L'étude a porté sur l'extrait aqueux de *Moringa oleifera*, obtenu avec un rendement d'extraction de 35,31 %. Une analyse phytochimique qualitative basée sur des réactions de coloration et de précipitation a été réalisée afin d'identifier les principaux métabolites secondaires présents dans l'extrait. La teneur totale en polyphénols et en flavonoïdes a été déterminée respectivement par la méthode de Folin-Ciocalteu et celle du chlorure d'aluminium. L'activité antioxydante a été évaluée à l'aide des tests : 2,2-Diphényl-1-picrylhydrazyl (DPPH), Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) et phosphomolybdate. La teneur en fer de l'extrait a également été mesurée. Enfin, un test d'hémolyse a été effectué afin d'étudier l'effet de l'extrait sur les érythrocytes et son implication potentielle dans l'amélioration des paramètres liés à l'anémie. L'analyse phytochimique a mis en évidence la présence de plusieurs groupes de métabolites secondaires, notamment les polyphénols, les flavonoïdes, les saponines, les alcaloïdes, les terpènes et les stérols. Les teneurs en composés phénoliques totaux et en flavonoïdes ont été estimées respectivement à $31,29 \pm 0,36$ µg équivalent acide gallique/mg d'extrait sec et à $10,56 \pm 0,04$ µg équivalent quercétine/mg d'extrait. Les essais antioxydants ont révélé une activité antioxydante significative de l'extrait. Par ailleurs, celui-ci a présenté une teneur élevée en fer. Les résultats du test d'hémolyse ont montré une réduction de l'hémolyse des globules rouges, suggérant un effet protecteur vis-à-vis des érythrocytes et une amélioration de certains paramètres associés à l'anémie ferriprive. Les résultats obtenus mettent en évidence le potentiel thérapeutique de *Moringa oleifera* grâce à sa richesse en composés bioactifs, à son importante teneur en fer ainsi qu'à ses propriétés antioxydantes et antihémolytiques. Cette plante apparaît ainsi comme une source naturelle prometteuse pouvant contribuer à la prévention et à la prise en charge de l'anémie ferriprive, tout en favorisant l'amélioration de certains paramètres hématologiques.

Mots clé : Enquête ethnobotanique, *Moringa oleifera*, anémie, composés phénoliques, Activité antioxydante, activité antihémolytique.

الملخص

تشكل النباتات الطبية مصدرًا مهمًا للعلاجات التقليدية المستخدمة في الوقاية من الأمراض وعلاجها. وفي إطار البحث عن حلول طبيعية لمكافحة فقر الدم، أُجريت دراسة إثنوفارماكولوجية بهدف تحديد الأنواع النباتية الأكثر استخدامًا لهذا الغرض. وقد أظهرت نتائج هذه الدراسة أن المورينغا أوليفيرا تُعد من بين النباتات الأكثر استعمالاً، حيث بلغت نسبة تكرار الاستشهاد بها 27 (FC)، مما برر اختيارها لتقييم إمكاناتها العلاجية. وقد تناولت الدراسة المستخلص المائي للمورينغا أوليفيرا، والذي تم الحصول عليه بمردود استخلاص قدره 35.31%. وأجري تحليل فيتوكيميائي نوعي قائم على تفاعلات التلوين والترسيب من أجل تحديد أهم المستقبلات الثانوية الموجودة في المستخلص. كما تم تحديد المحتوى الكلي من متعددات الفينول والفلافونويدات باستعمال طريقتي فولين-سيوكالتو وكوريد الألمنيوم على التوالي. وتم تقييم النشاط المضاد للأكسدة باستخدام اختبار التقاط الجذور الحرة (DPPH)، واختبار القدرة الاختزالية للحديد (FRAP)، واختبار الفوسفوموليبيدات. كما تم قياس محتوى الحديد في المستخلص. وأخيراً، أُجري اختبار انحلال الدم لدراسة تأثير المستخلص على كريات الدم الحمراء ودوره المحتمل في تحسين المؤشرات المرتبطة بفقر الدم. وقد أظهر التحليل الفيتوكيميائي وجود عدة مجموعات من المستقبلات الثانوية، لا سيما عديد الفينول والفلافونويدات والصابونينات والقلويدات والتربينات والستيرويدات. وقد قُدرت محتويات المركبات الفينولية الكلية والفلافونويدات على التوالي بـ 0.36 ± 31.29 ميكروغرام مكافئ حمض الغاليك/ملغ من المستخلص الجاف و 0.04 ± 10.56 ميكروغرام مكافئ الكيرسيتين/ملغ من المستخلص. وكشفت الاختبارات المضادة للأكسدة عن نشاط مضاد للأكسدة مهم للمستخلص. كما أظهر هذا الأخير محتوى مرتفعاً من الحديد. وأظهرت نتائج اختبار انحلال الدم انخفاضاً في انحلال كريات الدم الحمراء، مما يشير إلى تأثير وقائي على هذه الخلايا وتحسن بعض المؤشرات المرتبطة بفقر الدم الناتج عن نقص الحديد. وتبرز النتائج المتحصل عليها الإمكانات العلاجية للمورينغا أوليفيرا بفضل غناها بالمركبات الحيوية الفعالة واحتوائها المرتفع على الحديد، بالإضافة إلى خصائصها المضادة للأكسدة والمضادة لانحلال الدم. وعليه، تبدو هذه النبتة مصدرًا طبيعيًا واعدًا يمكن أن يساهم في الوقاية من فقر الدم الناتج عن نقص الحديد والتكفل به، مع تحسين بعض المؤشرات الدموية.

الكلمات المفتاحية: الدراسة الإثنوبوتانية، المورينغا أوليفيرا، فقر الدم، المركبات الفينولية، النشاط المضاد للأكسدة، النشاط المضاد للانحلال.

Abstract

Medicinal plants constitute an important source of traditional remedies used in the prevention and treatment of numerous diseases. In the search for natural solutions against anemia, an ethnopharmacological survey was conducted to identify the plant species most commonly used for this purpose. The results of this survey revealed that *Moringa oleifera* was among the most frequently used plants, with a Citation Frequency (FC) of 27, which justified its selection for the evaluation of its therapeutic potential. The study focused on the aqueous extract of *Moringa oleifera*, obtained with an extraction yield of 35.31%. A qualitative phytochemical analysis based on coloration and precipitation reactions was carried out to identify the main secondary metabolites present in the extract. The total phenolic and flavonoid contents were determined using the Folin–Ciocalteu and aluminum chloride methods, respectively. Antioxidant activity was assessed using the 2,2-Diphenylpicrylhydrazyl (DPPH), Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP), and phosphomolybdate assays. The iron content of the extract was also measured. Finally, a hemolysis test was performed to investigate the effect of the extract on erythrocytes and its potential implication in improving anemia-related parameters. Phytochemical analysis revealed the presence of several groups of secondary metabolites, notably polyphenols, flavonoids, saponins, alkaloids, terpenes, and sterols. Total phenolic and flavonoid contents were estimated at 31.29 ± 0.36 μg gallic acid equivalent/mg dry extract and 10.56 ± 0.04 μg quercetin equivalent/mg extract, respectively. Antioxidant assays demonstrated a significant antioxidant activity of the extract. Furthermore, the extract exhibited a high iron content. The hemolysis test results showed a reduction in red blood cell hemolysis, suggesting a protective effect on erythrocytes and an improvement in certain parameters associated with iron-deficiency anemia. The obtained results highlight the therapeutic potential of *Moringa oleifera* due to its richness in bioactive compounds, its high iron content, and its antioxidant and antihemolytic properties. Therefore, this plant appears to be a promising natural source that may contribute to the prevention and management of iron-deficiency anemia while improving certain hematological parameters.

Keywords : ethnobotanical survey, *Moringa oleifera*, anemia, phenolic compounds, antioxidant activity, antihemolytic activity.

Liste des abréviations

AlCl₃ : Chlorure d'aluminium

CIVD:coagulation intravasculaire disséminée

CST:coefficient de saturation de la transferrine

CTFF:capacité totale de fixation du fer

DMT1 : transporteur de métaux divalents 1

DOI:Densité Optique Initiale

DOT:Densité Optique Totale

DPPH :2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle

EDTA:Acide éthylènediaminetétraacétique

EPO:érythropoïétine

FC:fréquences de citation

FeCl₃ : Chlorure ferrique

fL:Femt litre

FPN:ferroportine

FRAP:Pouvoir Antioxydant par Réduction du Fer (Ferric Reducing Antioxidant Power)

H₂SO₄ : Acide sulfurique

Hb:hémoglobine

HCl:Acide chlorhydrique

HPN:hémoglobinurie paroxystique nocture

I% : pourcentage d'inhibition

IC₅₀ : Concentration Inhibitrice à 50 %

ICF:indice de consensus des informateurs

Mg:magnésium

mg:milligramme

Mo:Molybdène

NaOH:Hydroxyde de sodium

Nt:Nombre total d'espèce utilisé

Nur:Nombre total de citation d'usage

OMS:organisation mondiale de la santé

PPM:Méthode des phosphomolybdates

R (%) : Rendement (%)

RFC:fréquences relatives de citation

SDS:Dodécylsulfate de sodium

sTfR:récepteur soluble de la transferrine

TCA:Acide trichloroacétique

TFC:Teneur Totale en Flavonoïdes

TFR1 : récepteur 1 de la transferrine

TPC:Teneur Totale en Polyphénols

TSAT:saturation de la transferrine

UV:valeurs d'usage

VGM:volume globulaire moyen

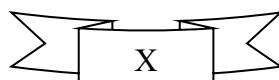
µg: microgramme

µgEAA/mgES:Microgrammes d'équivalent d'acide ascorbique par milligramme d'extrait sec

µgEAG/mg:Microgrammes d'équivalent d'acide gallique par milligramme

µgEQ/mg:Microgramme d'équivalent de quercétine par milligramme

%:pourcentage



Listes des figures

Figure 1: Défférences morphologiques entre les anémies microcytaire, normocytaire et macrocytaire.....	08
Figure 02 : Frottis sanguin périphérique montrant des globules rouges microcytaires hypochromes par rapport aux cellules normales.....	
Figure 03 : Sources alimentaires de fer végétal.....	15
Figure 04 : Répartition géographique des différentes espèces du genre <i>Moringa</i>	19
Figure 05 : Répartition géographique de <i>Moringa oleifera</i> dans le monde.....	20
Figure 06 : Différentes parties de <i>Moringa oleifera</i> : arbre, feuilles, fleurs et graines.....	22
Figure 07 : Fruit (gousse) de <i>Moringa oleifera</i>	23
Figure 08 : Répartition des éléments minéraux dans les différentes parties de <i>Moringa oleifera</i> ...	24
Figure 09 : Teneur en nutriments (calories, protéines, lipides et glucides) dans les feuilles fraîches, séchées et en poudre de <i>Moringa oleifera</i>	25
Figure 10 : Structures chimiques des principaux flavonoïdes présents dans les feuilles de <i>Moringa oleifera</i>	28
Figure 11 : Teneur totale en composés phénoliques (TPC) et en flavonoïdes (TFC) dans les différentes parties de <i>Moringa oleifera</i>	28
Figure 12 : Principales propriétés thérapeutiques et composés bioactifs de <i>Moringa oleifera</i>	30
Figure 13 : Situation géographique de la wilaya de Tougourt.....	33
Figure 14 : <i>Moringa oleifera</i> (photographie originale).....	35
Figure 15 : Étapes de préparation de la matière végétale.....	36
Figure 16 : Réaction du réactif de Folin-Ciocalteu avec les composés phénoliques.....	38
Figure 17 : Mécanisme de piégeage du radical DPPH par un antioxydant et changement de couleur observé.....	41
Figure 18: Mécanisme de la méthode FRAP et changement de couleur du complexe Fe^{3+} -TPTZ	
Figure 19: Mécanisme réactionnel du test phosphomolybdates.....	42
Figure 20: Répartition selon le sexe.....	43
Figure 21: Répartition selon l'âge.....	48
Figure 22: Répartition selon leur qualité.....	49
Figure 23: Répartition selon le niveau d'instruction.....	49
Figure 24: Répartition selon l'années d'expérience.....	50

Figure 25: Répartition selon la source de connaissance.....	51
Figure 26: Répartition selon l'utilisation des plantes pour traiter l'anémie.....	51
Figure 27: Répartition selon le nombre des plantes utilisées pour traiter, l'anémie.....	52
Figure 28 : Répartition des plantes médicinales utilisées pour traiter l'anémie.....	53
Figure 29: Répartition selon la source de la plante.....	56
Figure 30: Répartition selon le temps de récolte.....	57
Figure 31 : Répartition selon la partie utilisée dans la plante.....	57
Figure 32: Répartition selon l'état de la plante lors l'utilisation.....	58
Figure 33: Répartition selon la forme d'utilisation des parties végétales.....	58
Figure 34: Répartition des méthodes de préparation.....	59
Figure 35: répartition des doses utilisées des plantes médicinales.....	59
Figure 36: Répartition de la durée d'utilisation des plantes médicinales.....	60
Figure 37: Répartition de l'efficacité perçue des plantes médicinales contre l'anémie.....	61
Figure 38: Répartition des effets secondaires liées aux plantes médicinales.....	61
Figure 39: Recommandation de l'utilisation des plantes médicinales chez l'enfant.....	62
Figure 40: Recommandation de l'utilisation des plantes médicinales chez les femmes encientes..	63
Figure 41: Recommandation de la réalisation d'analyses sanguines avant le traitement.....	63
Figure 42: Intégration des plantes médicinales dans la médecine moderne.....	664
Figure 43: Valeur IC50 de <i>Moringa oleifera</i> et acide ascorbique.....	67
Figure 44: Effet protecteur de l'extrait aqueux de <i>Moringa oleifera</i> contre l'hémolyse érythrocytaire.....	69

Liste de tableaux

Tableau 01 : Critères diagnostiques de l'anémie ferriprive.....	12
Tableau 02 : Quelques plantes utilisées dans le traitement de l'anémie.....	18
Tableau 03 : Noms communs de <i>Moringa</i> dans différentes langues.....	20
Tableau 04 : systématique de <i>Moringa oleifera</i>	21
Tableau 05 : Composition en vitamine de feuilles de <i>Moringa oleifera</i> (mg/100 g).....	23
Tableau 06 : Comparaison de la composition minérale entre <i>Moringa oleifera</i> , les épinards et les graines de chia.....	24
Tableau 07 : Teneur en acides aminés des feuilles séchées de <i>Moringa oleifera</i> comparée au soja et au bœuf.....	26
Tableau 08 : Comparaison des acides gras des feuilles séchées de <i>Moringa oleifera</i> comparées à l'avocat et la noix.....	26
Tableau 09 : Listes des plantes médicinales recensées et leurs fréquences de citation (FC), fréquences relatives de citation (RFC) et valeurs d'usage (UV).....	54
Tableau 10 : Calcul et valeur de l'indice de consensus des informateurs (ICF).....	55
Tableau 11 : Résultats du test du Chi-deux de pearson entre les variables étudiées.....	64
Tableau 12 : Rendement d'extrait aqueux des feuilles de <i>Moringa oleifera</i>	65
Tableau 13 : Résultats du screening phytochimique d'extrait des feuilles de <i>Moringa oleifera</i> ...	65
Tableau 14 : Teneur en polyphenols totaux de l'extrait de <i>Moringa oleifera</i>	66
Tableau 15 : Teneur en flavonoides totaux de l'extrait de <i>Moringa oleifera</i>	66
Tableau 16 : Teneur en fer de l'extrait aqueux de <i>Moringa oleifera</i>	68
Tableau 17 : Pourcentage d'inhibition de l'hémolyse des érythrocytes par l'extrait aqueux de <i>Moringa oleifera</i> à différentes concentrations.....	69

Table des matières

Remerciements

Dédicace

Résumé

Liste des Abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Table des matières

Introduction générale.....2

PARTIE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITE I : Generalités sur l'anémie

I.1. Définition de l'anémie.....	6
I.2. Épidémiologie.....	6
I.3. Physiologie.....	6
I.4. Classification.....	7
I.4.1. Classification morphologique	7
I.4.1.1. Anémie microcytaire.....	7
I.4.1.2. Anémie normocytaire.....	7
I.4.1.3. Anémie macrocytaire.....	8
I.4.2. Classification selon le mécanisme pathologique.....	9
I.4.2.1. Anémie par perte sauguine.....	9
I.4.2.2. Anémie par défaut ou inefficacité de production des globules rouges.....	9
I.4.2.3. Anémie par destruction accrue des globules rouges (hémolyse).....	9
I.5. Anémie ferriprive.....	10
I.5.1. Définition.....	10

I.5.2. Métabolisme du fer.....	10
I.5.3. Physiopathologie	11
I.5.4. Diagnostic biologique.....	11
I.5.5. Traitement	12
I.5.5.1. Traitement oral.....	12
I.5.5.2. Traitement intraveineux du fer.....	13
I.5.5.3. Traitement de la cause sous-jacente.....	13
I.5.5.4. Transfusion sanguine.....	13
I.5.6. Recommandations et Prévention	14
I.5.7. Soins auto-administrés.....	14

CHAPITRE II : Plante médicinale étudiée

II.1. Les plantes médicinales.....	17
II.2. <i>Moringa oleifera</i> Lam.....	18
II.2.1. Présentation de l'espèce..... ;	18
II.2.2. Origine et aire de répétition.....	19
II.2.3. Nomenclature de <i>Moringa oleifera</i> ;;	20
II.2.4. Classification taxonomique..... ;;	21
II.2.5. Description botanique de <i>Moringa oleifera</i>	21
II.2.6. Composition nutritionnelles et phytochimiques de <i>Moringa oleifera</i>	23
II.2.6.1. Composition nutritionnelles.....	23
II.2.6.2. Composition phytochimique.....	27
II.3. Utilisation thérapeutiques dans la médecine traditionnelle.....	29

PARTIE II : EXPERIMENTALE

CHAPITRE I : Matériels et Méthodes

I.1. Matériel.....	33
I.1.1. Enquête ethnobotanique.....	33
I.1.1.1. Présentation de la région d'étude.....	33
I.2. Méthodes.....	35
II.2.1. Préparation de la matière végétale.....	35

I.2.2. Extraction.....	36
I.2.3. Détermination du rendement.....	36
I.3. Test phytochimique.....	37
I.4. Analyse quantitative.....	38
I.4.1. Dosage des polyphénols totaux.....	38
I.4.2. Dosage des flavonoïdes.....	39
I.5. Evaluation de l'activité antioxydante.....	40
I.5.1. Test du DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl)	40
I.5.2. Pouvoir réducteur de l'ion ferrique (FRAP).....	42
I.5.3. Test de phosphomolybdates (PPM)	43
I.6. Analyse minérale.....	44
I.6.1. Dosage de fer.....	44
I.7. Evaluation biologique.....	45
I.7.1. Test de l'hémolyse.....	45
 CHAPITRE II : Résultats et discussion	
II.1. Résultats	48
II.1.1. Analyse du profil des enquêtes.....	48
II.1.2. Etude phytochimique.....	65
II.1.2.1. Détermination du rendement d'extraction.....	65
II.1.2.2. Screening phytochimique.....	65
II.1.3. Analyse quantitative	65
II.1.3.1. Teneur des polyphénols totaux.....	65
II.1.3.2. Teneur des Flavonoïdes	66
II.1.4. Activité antioxydante.....	66
II.1.5. Analyse minérale.....	68
II.1.6. Evaluation biologique.....	68
II.2. Discussion.....	70

CONCLUSION	77
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	80
ANNEXES	93

INTRODUCTION
GÉNÉRALE

Les plantes médicinales sont considérées comme une source importante de composés bioactifs utilisés dans la prévention et le traitement de nombreuses maladies. Elles jouent également un rôle essentiel dans le développement des médicaments modernes, et plusieurs études ont confirmé que les produits naturels représentent encore une source principale pour la découverte de composés pharmaceutiques (**Rates, 2001 ; Newman et Cragg, 2020**).

L'utilisation des médicaments à base de plantes a rapidement augmenté dans le monde entier. Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (**OMS, 2013**), au moins 80 % de la population mondiale y a recours pour traiter divers problèmes de santé. Parmi les problèmes ayant suscité un grand intérêt figure l'anémie, qui constitue une préoccupation aux graves conséquences sur la santé, puisqu'elle touche deux milliards de personnes dans le monde (**OMS, 2004**). Parmi ses types les plus fréquents figure l'anémie ferriprive, qui représente le trouble nutritionnel le plus répandu dans le monde et résulte d'une diminution des réserves en fer nécessaires à la formation de l'hémoglobine (**Kumar et al., 2022**). Ce type d'anémie affecte particulièrement les femmes et les enfants, qui sont les plus exposés, ce qui en fait un problème de santé mondial nécessitant la recherche de sources alimentaires et naturelles riches en fer (**OMS, 2025**).

Dans ce contexte, une étude ethnobotanique a été réalisée dans la région de Touggourt afin d'identifier les plantes les plus utilisées par la population locale. Les résultats de l'enquête ont montré que *Moringa oleifera* fait partie des plantes les plus utilisées, ce qui a conduit à son choix comme sujet d'étude. *Moringa oleifera* est considérée comme une plante à haute valeur nutritionnelle et thérapeutique. Plusieurs études ont montré que les feuilles de cette plante sont riches en éléments minéraux, notamment le fer, ainsi qu'en composés phénoliques, et qu'elles possèdent une activité antioxydante (**Saini et al., 2016**), définie par sa capacité à inhiber les radicaux libres et à protéger les cellules contre le stress oxydatif. Cette activité est évaluée à l'aide de tests tels que DPPH et FRAP (**Apak et al., 2016**). Les études ont également indiqué l'existence d'une relation entre la teneur en composés phénoliques et l'activité antioxydante (**Dai et Mumper, 2010**), ces propriétés étant influencées par la méthode d'extraction et le type de solvant utilisé (**Do et al., 2014**).

À partir de ce qui a été mentionné dans les études précédentes, la problématique de cette étude porte sur l'évaluation des propriétés phytochimiques et de l'activité antioxydante de l'extrait des feuilles de *Moringa oleifera*, ainsi que sur l'étude de sa teneur en fer et de sa relation avec la contribution à la prévention de l'anémie ferriprive.

Cette étude vise à réaliser une analyse phytochimique de l'extrait des feuilles de moringa, à estimer le contenu phénolique, ainsi qu'à évaluer son activité antioxydante à l'aide des tests FRAP, DPPH et PPM, et à étudier la teneur en fer et en vitamine C, ainsi que la relation entre ces propriétés et la capacité à protéger les membranes des globules rouges contre l'hémolyse. Sur la base des objectifs définis dans cette étude et de la problématique posée, des hypothèses ont été proposées selon lesquelles l'extrait des feuilles de *Moringa oleifera* contient des composés phénoliques à une concentration considérable et que ces composés présentent une activité antioxydante. De plus, nous supposons également qu'il contient une quantité considérable de fer et de vitamine C, et nous supposons aussi que l'ensemble de ces éléments joue un rôle dans la protection des membranes des globules rouges contre l'hémolyse.

Ce travail a été divisé en deux parties :

La première partie contient deux chapitres théoriques : la première traite de l'anémie, en particulier l'anémie ferriprive, tandis que le second est consacré à l'étude de la plante sélectionnée *Moringa oleifera*, sa description botanique, sa répartition géographique, son intérêt thérapeutique et à sa composition chimique.

Quant à la deuxième partie, elle comprend également deux chapitres : le premier présente les matériels et les méthodes adoptés dans l'analyse expérimentale, tandis que le second est consacré à la présentation des résultats de l'étude ethnobotanique et des analyses chimiques ainsi qu'à leur discussion à la lumière des études précédentes et enfin se termine par une conclusion générale.

PARTIE I :
SYNTHÈSE
BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I :
Généralités sur
L'anémie

I.1 Définition

L'anémie est une affection clinique caractérisée par une concentration d'hémoglobine inférieure à la normale, laquelle varie selon l'âge, le sexe et l'origine ethnique (**Maerevoet et al., 2014**). Cette diminution est souvent associée à une réduction de la masse des globules rouges dans le sang, ce qui perturbe le transport de l'oxygène dans l'organisme.

Cette maladie touche principalement les jeunes enfants et les femmes en âge de procréer, les exposant à un risque accru de complications sanitaires et de troubles du développement. Elle figure également parmi les troubles sanguins les plus fréquents chez les personnes âgées, contribuant à alourdir le fardeau des soins de santé pour cette tranche d'âge (**Pautas et al., 2004 ; Ngnie-Téta et al., 2005**). Les causes les plus fréquentes comprennent les carences en fer, en vitamine B12 et en divers micronutriments, ainsi que les infections parasitaires, les hémorragies, les anomalies congénitales et les maladies chroniques (**Kassebaum, 2016**). Selon la définition de l'Organisation mondiale de la Santé, l'anémie est caractérisée par un taux d'hémoglobine inférieur à 12 g/dL chez la femme et à 13 g/dL chez l'homme (**Massenat, 2022**), tandis qu'elle est définie comme inférieure à 11 g/dL chez la femme enceinte, et est considérée comme sévère lorsque le taux d'hémoglobine est inférieur à 8 g/dL (**Faure et Moreau, 2017**).

I.2. Épidémiologie

Les populations les plus vulnérables à l'anémie sont les enfants de moins de cinq ans, en particulier les nourrissons et les enfants de moins de deux ans, les adolescentes, les femmes en âge de procréer, les femmes enceintes et les femmes en période post-partum. Les statistiques indiquent que l'anémie touche un demi-milliard de femmes âgées de 15 à 49 ans et 269 millions d'enfants âgés de 6 à 59 mois dans le monde. L'Afrique et l'Asie du Sud-Est figurent parmi les régions les plus touchées, selon l'Organisation mondiale de la Santé, avec respectivement 106 millions de femmes et 103 millions d'enfants en Afrique, et 244 millions de femmes et 83 millions d'enfants en Asie du Sud-Est, souffrant d'anémie (**OMS, 2023**).

I.3. Physiologie

L'érythropoïèse est un processus qui se déroule dans la moelle osseuse. Elle permet aux cellules souches hématopoïétiques de se différencier en globules rouges matures, en passant par les stades d'érythroblaste et de réticulocyte. Cette différenciation est en partie régulée par l'érythropoïétine (EPO), principalement produite par les cellules interstitielles rénales. L'EPO agit

en inhibant l'apoptose (mort cellulaire programmée) des progéniteurs érythropoïétiques. La synthèse de l'hémoglobine est fortement dépendante de la disponibilité du fer ; une carence en fer réduit la production d'hémoglobine, ce qui entraîne la formation de érythrocytes microcytaires et hypochromes. Enfin, le fer est absorbé dans le duodénum sous forme de Fe^{2+} après réduction du Fe^{3+} , puis transporté dans le sang lié à la transferrine. (Vialatoux, *et al.*, 2013),

I.4. Classification

I.4.1. Classification morphologies

1.4.1.1. Anémie microcytaire

L'anémie microcytaire se définit par la présence de globules rouges plus petits que la normale (VGM) inférieur à 80 fL(femtolitre) (Moreno *et al.*, 2009), résultant d'une altération de la synthèse de l'hémoglobine, ce qui peut affecter la capacité du sang à transporter l'oxygène. Les principales causes sont la carence en fer, l'anémie des maladies chroniques, les thalassémies et, plus rarement, l'anémie sidéroblastique. Par conséquent, l'examen du frottis sanguin périphérique est indispensable pour confirmer la présence d'une microcytose, aider à en déterminer l'étiologie et exclure un tableau dimorphe associé à une macrocytose concomitante, comme dans l'anémie mégaloblastique ou les syndromes myélodysplasiques. (Massey, 1992).

1.4.1.2. Anémie normocytaire

L'anémie normocytaire est un type d'anémie caractérisé par des globules rouges de taille et de coloration normales, avec un VGM compris dans les valeurs normales (80–100 fL), associé à une diminution du taux d'hémoglobine et de l'hématocrite (Akers, 2024). Ses principales causes comprennent les saignements aigus ou chroniques, les maladies chroniques telles que les atteintes rénales, cardiaques et hépatiques, ainsi que l'hémolyse, certains cancers et les affections de la moelle osseuse, notamment l'anémie aplasique (Moawad, 2026).

1.4.1.3. Anémie macrocytaire

L'anémie macrocytaire est un type d'anémie caractérisé par une augmentation du (VGM > 100 fL) associée à une diminution du taux d'hémoglobine ou de l'hématocrite. Elle est classée en deux catégories : mégaloblastique et non mégaloblastique. L'anémie mégaloblastique, souvent liée à une carence en vitamine B12 ou en acide folique, résulte d'un trouble de la synthèse de l'ADN et se caractérise par la présence de neutrophiles hypersegmentés. En revanche, l'anémie non mégaloblastique, qui ne présente pas d'hypersegmentation des neutrophiles, peut être causée par l'alcoolisme, l'hypothyroïdie, les maladies hépatiques ou les états associés à une augmentation de la production des réticulocytes. Certaines macrocytoses peuvent correspondre à des variations physiologiques normales, tandis que d'autres peuvent résulter d'erreurs analytiques de laboratoire (Killeen et Adil, 2025).

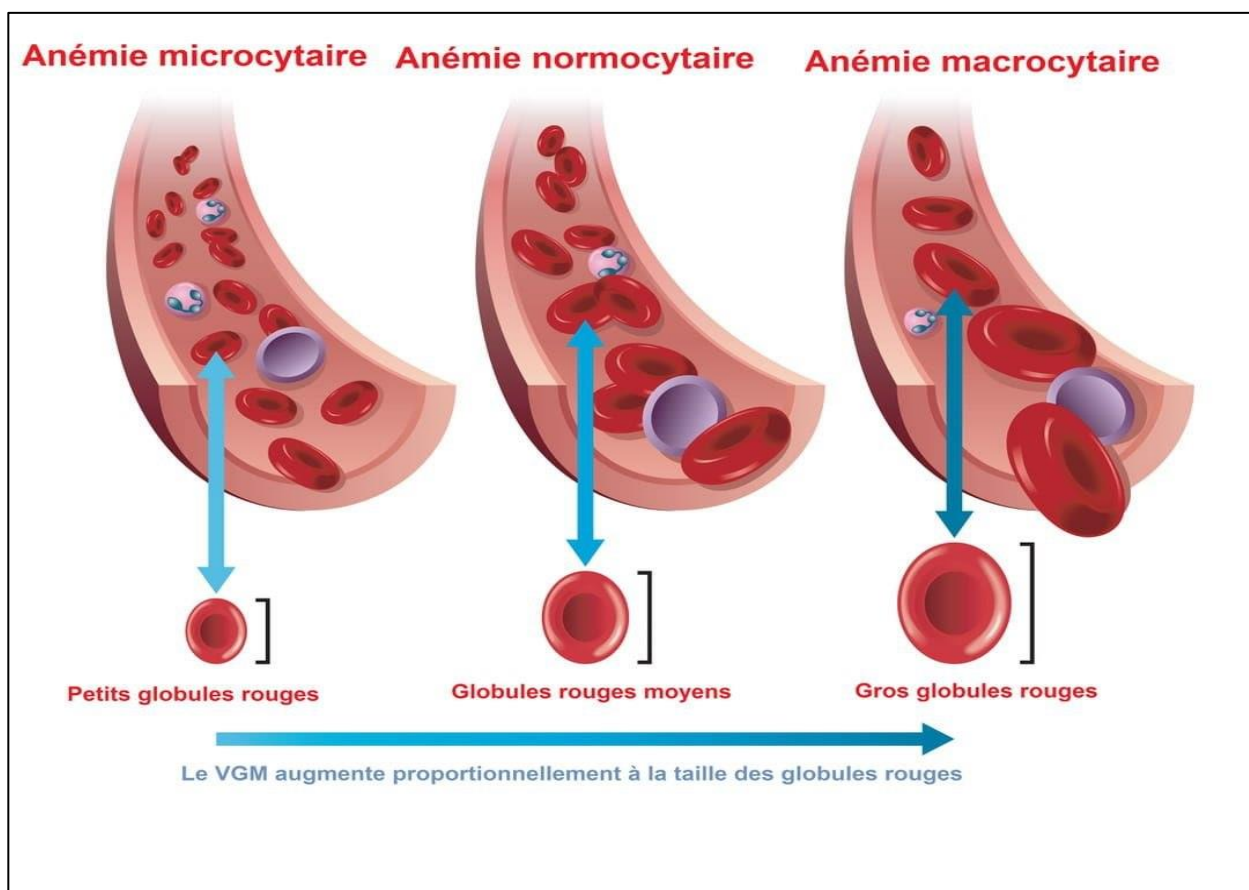


Figure 01 : Différences morphologiques entre les anémies microcytaire, normocytaire et macrocytaire (Glover-Bondeau, 2022)

I.4.2. Classification selon le mécanisme pathologique

I.4.2.1. Anémie par perte sauguine

L'anémie consécutive à une perte de sang se divise en deux types : aiguë et chronique.

Premièrement, l'anémie aiguë : dans ce type, les taux de plaquettes et de granulocytes polynucléaires peuvent augmenter dans les premières heures. En cas d'hémorragie importante, des globules blancs immatures et des globules rouges normaux peuvent apparaître. Cependant, l'anémie ne se développe que plusieurs heures après la perte de sang aiguë. Ce phénomène survient lorsque le liquide interstitiel diffuse dans les vaisseaux sanguins, diluant ainsi la masse des globules rouges restants (**MSD Manuals, 2024**). Ce type d'anémie est souvent provoqué par des saignements, des ménorragies, une intervention chirurgicale et certains traumatismes graves. (**Turner et al., 2023**).

Deuxièmement, l'anémie chronique : elle survient lorsque l'organisme perd du sang plus rapidement qu'il n'en remplace, ou lorsque les réserves de fer sont épuisées en raison d'une production accélérée de globules rouges (**Manuels MSD, 2024**). Ce type se retrouve souvent dans le système digestif (en cas d'ulcères, d'infection par les ankylostomes, etc.), ou il peut se retrouver dans le système urinaire (en cas d'hyperplasie bénigne de la prostate, de cancer du rein, etc.) (**Turner et al., 2023**).

I.4.2.2. Anémie par défaut ou inefficacité de production des globules rouges

Ce type d'anémie résulte d'une diminution ou d'une altération de l'érythropoïèse, entraînant une réduction progressive du nombre de globules rouges ou la production de cellules anormales en taille ou en forme (**MSD Manuals, 2024**). Elle peut être liée à des carences nutritionnelles, à certaines maladies chroniques ou à des atteintes médullaires. Elle peut également être induite par certains médicaments tels que les agents chimiothérapeutiques, les anticonvulsivants ou les antiviraux (**Turner et al., 2023**).

I.4.2.3. Anémie par destruction accrue des globules rouges (hémolyse)

Ce type d'anémie résulte d'une destruction prématurée des globules rouges avant leur durée de vie normale, causée par des facteurs intrinsèques à la cellule ou par des facteurs extrinsèques tels que les auto-anticorps ou l'activation du complément. Elle s'accompagne généralement d'une augmentation du taux de réticulocytes en tant que mécanisme compensateur (**MSD Manuals, 2024**).

L'anémie hémolytique se divise en hémolyse extravasculaire, où les globules rouges sont principalement détruits dans la rate ou le foie, et en hémolyse intravasculaire, plus rare, où la destruction se produit directement dans la circulation sanguine. L'hémolyse extravasculaire est fréquemment associée aux hémoglobinopathies telles que la drépanocytose et les thalassémies, aux déficits enzymatiques, ainsi qu'aux anomalies membranaires. L'hémolyse intravasculaire peut être observée dans l'hémoglobinurie paroxystique nocturne (HPN), certaines réactions transfusionnelles, les infections sévères et la coagulation intravasculaire disséminée (CIVD) (Turner *et al.*, 2023).

I.5. Anémie ferriprive

I.5.1. Définition

L'anémie ferriprive se caractérise par une diminution de la production de globules rouges due à des réserves de fer insuffisantes dans l'organisme. C'est le trouble nutritionnel le plus fréquent au monde, représentant environ la moitié des cas d'anémie. Ce type d'anémie peut résulter d'un apport en fer insuffisant, d'une mauvaise absorption du fer, de besoins accrus en fer ou d'une perte excessive de fer. Identifier la cause sous-jacente et instaurer un traitement approprié sont essentiels au diagnostic et à la prise en charge (Short et Domagalski, 2013)

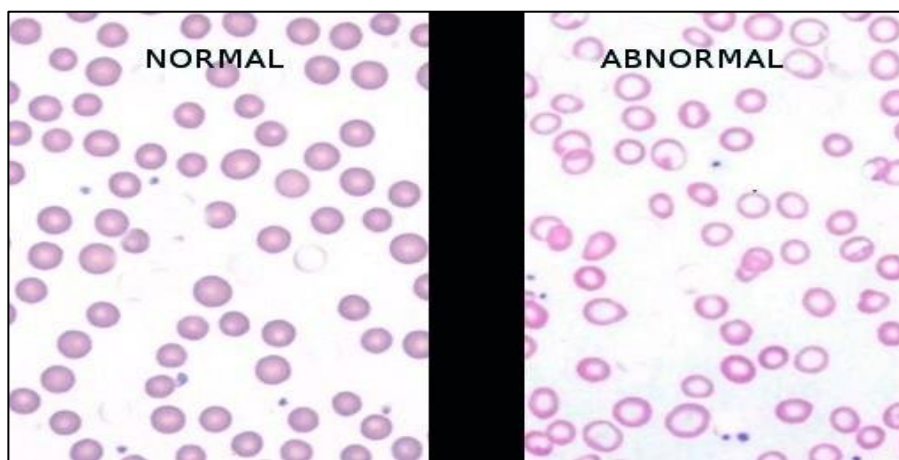


Figure 02 : Frottis sanguin périphérique montrant des globules rouges microcytaires hypochromes par rapport aux cellules normales (Warner et Kamran, 2026).

I.5.2. Métabolisme du fer

Le fer alimentaire est absorbé par le transporteur de métaux divalents 1 (DMT1) dans les cellules intestinales et transporté vers le sang portal via la ferroportine (FPN), où il se lie à la transferrine. Il est ensuite absorbé par les cellules hépatiques, les macrophages et les cellules de la

moelle osseuse via le récepteur 1 de la transferrine (TfR1). Bien que la majeure partie du fer physiologiquement actif soit liée à l'hémoglobine, le principal lieu de stockage du fer se trouve dans le foie sous forme de ferritine. En réponse à une augmentation du taux de fer, les cellules hépatiques sécrètent l'hepcidine, une hormone peptidique qui se lie à la FPN et stimule sa capture et sa dégradation, contrôlant ainsi la quantité de fer libérée par les cellules dans la circulation sanguine. Le fer issu de la dégradation des globules rouges est également recyclé par les macrophages de la rate et de la moelle osseuse. L'ensemble de cette régulation est essentiel au maintien de l'équilibre du fer dans l'organisme, compte tenu de son rôle fondamental dans de nombreux processus vitaux, notamment la formation des globules rouges (**Vogt et al., 2021**).

I.5.3. Physiopathologie

Le fer est un composant essentiel de l'hème, molécule de l'hémoglobine responsable du transport de l'oxygène. En cas d'apport alimentaire insuffisant en fer, de malabsorption (comme dans la maladie cœliaque ou après une chirurgie bariatrique) ou de pertes sanguines chroniques, notamment lors d'hémorragies gastro-intestinales ou de ménorragies, les réserves de fer s'épuisent progressivement, entraînant une diminution de la ferritine au niveau du foie, de la rate et de la moelle osseuse. Cette carence provoque une diminution du fer circulant et une perturbation de la synthèse de l'hémoglobine, conduisant à la production de globules rouges microcytaires hypochromes et au développement d'une anémie ferriprive. En cas de carence martiale absolue, l'expression de l'hepcidine, hormone régulant l'absorption intestinale du fer et sa libération par les macrophages, diminue afin de favoriser l'absorption et la mobilisation du fer à partir des réserves (**Jogu et Kamran, 2026**).

I.5.6. Diagnostic biologique de l'anémie ferriprive

Le diagnostic de l'anémie ferriprive repose sur un ensemble de paramètres biologiques complémentaires permettant d'évaluer le statut martial, l'érythropoïèse ainsi que les réserves en fer de l'organisme. Il ne peut être établi sur un seul marqueur isolé, mais nécessite une interprétation globale de plusieurs paramètres, notamment l'hémoglobine (Hb), les indices érythrocytaires tels que le volume globulaire moyen (VGM), la ferritine sérique, le coefficient de saturation de la transferrine (CST / TSAT), ainsi que le récepteur soluble de la transferrine (sTfR) dans certaines situations particulières. Les valeurs de référence et les critères diagnostiques utilisés dans cette étude sont présentés dans le tableau ci-dessous (**Camaschella, 2019 ; Kumar et al., 2021**).

Tableau 1 : Critères diagnostiques de l'anémie ferriprive (Moum et Lindgren, 2025)

Paramètre	Valeurs diagnostiques
Hémoglobine	<13,0 g/dL (hommes) <12,0 g/dL (femmes) <11,0 g/dL (femmes enceintes)
Ferritine	<30 µg/L sans inflammation (CRP normale) <100 µg/L avec inflammation (CRP élevée)
Transferrine	Augmentée (ou normale à basse en cas d'inflammation)
Capacité totale de fixation du fer (CTFF)	Augmentée (ou normal à basse en cas d'inflammation)
Saturation de la transferrine (TSAT)	<20%
VGM (volume globulaire moyen)	Bas (ou normale en cas d'inflammation)
Récepteur soluble de la transferrine (sTfR)	Élevé

I.5.7. Traitement

I.5.7.1. Traitement oral de l'anémie ferriprive

La prise en charge de l'anémie ferriprive repose sur deux piliers principaux : la reconstitution des réserves de fer de l'organisme et le traitement de la cause sous-jacente de la carence. L'Association américaine de gastro-entérologie recommande le fer par voie orale, et plus particulièrement le sulfate ferreux, en première intention en raison de son efficacité, de sa large disponibilité et de son faible coût. La dose quotidienne recommandée est de 100 à 200 mg de fer. Il est à noter que la réduction de la dose ou la prise un jour sur deux peut améliorer la tolérance et l'absorption intestinales. La prise du médicament à jeun est également recommandée pour optimiser l'absorption, la vitamine C favorisant ce processus. Les effets secondaires gastro-intestinaux, tels que nausées et constipation, sont fréquents et peuvent nuire à l'observance du traitement. Une amélioration hématologique est généralement attendue dans le mois suivant le début du traitement. En l'absence d'amélioration, une réévaluation est nécessaire afin d'exclure une mauvaise observance, un syndrome de malabsorption ou des saignements persistants (**Killip et al., 2023**).

I.5.7.2. Traitement intraveineux du fer

Le fer intraveineux est recommandé dans de nombreuses situations cliniques, notamment en cas d'intolérance au fer oral, de syndromes de malabsorption comme la maladie cœliaque ou après une chirurgie bariatrique, et d'affections inflammatoires chroniques telles que l'insuffisance rénale chronique, l'insuffisance cardiaque, les maladies inflammatoires de l'intestin et le cancer. Il est également recommandé en cas de saignement actif persistant ou lorsqu'il est nécessaire de corriger rapidement une carence en fer, par exemple chez les patients en période préopératoire ou chez les femmes enceintes au cours des deuxième et troisième trimestres. Les formulations intraveineuses modernes, telles que le dérisomeltose ferrique, le carboxymaltose ferrique, l'isomaltoside ferrique et le feromoxytol, permettent l'administration de doses élevées en une seule injection avec un profil de sécurité satisfaisant. Cependant, leur administration doit être réalisée dans des établissements de santé équipés pour prendre en charge les rares réactions d'hypersensibilité. Une extrême prudence est de mise concernant certains effets indésirables spécifiques, en particulier l'hypophosphatémie associée au carboxymaltose ferrique (**Killip et al., 2023**).

I.5.7.3. Traitement de la cause sous-jacente

La correction du déficit en fer ne saurait être suffisante à elle seule si la cause profonde du manque n'est pas identifiée et traitée. Qu'il s'agisse d'un saignement digestif occulte, de pertes menstruelles abondantes ou d'une carence d'apport alimentaire, la persistance de la source de perte en fer rend tout traitement substitutif inefficace sur le long terme (**Killip et al., 2023**).

I.5.7.4. Transfusion sanguine

Une extrême prudence est de mise lors de la transfusion sanguine chez les patients atteints d'anémie ferriprive, en particulier ceux souffrant d'anémie chronique. Une supplémentation en fer appropriée peut réduire significativement le besoin de transfusions en rétablissant progressivement un taux d'hémoglobine normal. Toutefois, la transfusion sanguine demeure une option thérapeutique justifiée uniquement dans des situations spécifiques, notamment en cas d'hémorragie active accompagnée d'instabilité circulatoire, de troubles circulatoires aigus ou lorsque le taux d'hémoglobine est très bas. Elle constitue également un dernier recours lorsque tous les autres traitements disponibles se sont révélés insuffisants pour traiter l'anémie ou prévenir sa récurrence (**Widiyada, 2020**).

I.5.8. Recommandations et prévention de la carence en fer et de l'anémie ferriprive

La prévention de la carence en fer et de l'anémie ferriprive constitue un élément essentiel pour réduire leur prévalence, en particulier chez les populations à risque. Les recommandations reposent sur le maintien d'un équilibre adéquat entre les apports en fer et les pertes, ainsi que sur le dépistage précoce et l'intervention préventive. Les stratégies préventives incluent l'adoption d'une alimentation équilibrée riche en fer, provenant aussi bien de sources animales à forte biodisponibilité que de sources végétales, tout en favorisant son absorption par la consommation de vitamine C. Il est également recommandé de limiter les facteurs pouvant entraver l'absorption du fer (**Iolascon, A et al., 2024**).

I.5.9. Soins auto-administrés:

Il existe plusieurs mesures permettant de prévenir et de prendre en charge l'anémie au quotidien. Celles-ci reposent principalement sur l'adoption d'une alimentation équilibrée et variée, ainsi que sur la consultation rapide d'un professionnel de santé en cas d'apparition de symptômes évocateurs. Afin de maintenir un bon état nutritionnel, il est recommandé de privilégier la consommation d'aliments riches en fer, tels que la viande rouge maigre, le poisson, la volaille, les légumineuses (notamment les lentilles et les haricots), les céréales enrichies et les légumes à feuilles vert foncé. Par ailleurs, l'apport en vitamine C, assuré par les fruits et légumes frais, favorise l'absorption intestinale du fer. En revanche, certains aliments peuvent inhiber cette absorption et doivent être consommés à distance des repas riches en fer. Il s'agit notamment du son de céréales (comme la farine complète et l'avoine), du thé, du café, du cacao ainsi que du calcium. Dans le cas d'une supplémentation, il est conseillé de prendre les compléments de fer et de calcium à des moments différents de la journée (**OMS, 2023**).



Figure 03: Sources alimentaires de fer vegetal (Rivet Bonjean, 2019)

CHAPITRE II :

Description de la Plante

Médicinale sélectionnée

II.1. Plantes médicinales

Les plantes médicinales sont définies comme des végétaux contenant, dans un ou plusieurs de leurs organes, des substances actives susceptibles d'être utilisées à des fins thérapeutiques ou servant de précurseurs dans la synthèse de médicaments. Selon l'Organisation mondiale de la Santé, ces plantes constituent un élément essentiel des systèmes de santé traditionnels et modernes, en particulier dans les pays en développement où elles sont largement utilisées (**OMS, 2013**).

Contrairement aux médicaments de synthèse, généralement constitués d'une seule molécule active, les plantes médicinales renferment une grande diversité de composés bioactifs tels que les flavonoïdes, les alcaloïdes, les polyphénols et les terpènes. Ces composés peuvent agir simultanément sur plusieurs cibles biologiques, conférant aux extraits végétaux un large spectre d'activité thérapeutique. De plus, le phénomène de synergie entre ces constituants, dans lequel certains composés potentialisent l'effet d'autres, joue un rôle clé dans leur efficacité (**Wagner et Ulrich-Merzenich, 2009**).

Dans ce contexte, et grâce à cette richesse en molécules bioactives, les plantes médicinales occupent une place importante dans le traitement de nombreuses maladies depuis l'Antiquité et continuent d'être largement utilisées dans les systèmes de médecine traditionnelle et moderne. Elles représentent également une source importante de substances thérapeutiques exploitées dans l'industrie pharmaceutique et dans le développement de nouveaux médicaments (**Rates, 2001 ; Pan et al., 2014**). Par ailleurs, l'augmentation constante de leur utilisation à l'échelle mondiale reflète leur intérêt thérapeutique dans la prévention et le traitement de diverses pathologies, notamment inflammatoires, infectieuses et métaboliques (**Ekor, 2014**). Parmi ces applications, le traitement de l'anémie a suscité un intérêt particulier, plusieurs études ayant montré que certaines plantes médicinales possèdent des propriétés antioxydantes et hématopoïétiques capables d'améliorer la production des cellules sanguines et de réduire le stress oxydatif associé à cette affection (**Cotoraci et al., 2021**). Le tableau suivant montre quelques plantes médicinales utilisés dans le traitement de l'anémie.

Tableau 02: Quelques plantes utilisées dans le traitement de l'anémie (Taheri *et al.*, 2022; Mendirattaet Vyas, 2025).

Nom scientifique de la plante	Famille	Nom commun	Partie utilisé	Composition bioactif
<i>Trigonella foenum graecum</i>	Fabaceae	Fenugrec/Methi	Graines	Composés phynoliques
<i>Hibiscus sabdariffa</i>	Malvaceae	Roselle	Fleurs	Composés phynoliques, fer, vitamins C
<i>Beta vulagris</i>	Amaran thaceae	betterave	Feuilles	Fer, vitamine b 12, vitamine b 6, acide folique
<i>Urtica dioica</i>	Urticaceae	Ortie	Feuilles	Composés phénoliques
<i>Moringa oleifera</i>	Moringaceae	Moringa	Feuilles	Fer, vitamine C, composes phénoliques

II.2. *Moringa oleifera* Lam.

II.2.1. Présentation de l'espèce

Moringa oleifera est un arbre tropical appartenant à la famille des Moringaceae (Pareek *et al.*, 2023), qui comprend environ 13 espèces réparties entre l'Afrique et l'Asie. Parmi celles-ci, *Moringa oleifera* est l'espèce la plus répandue et la plus utilisée (Leone *et al.*, 2015). Cette plante est originaire de l'Asie du Sud, notamment du sous-continent indien, et plus précisément des régions sub-himalayennes du nord de l'Inde (Leone *et al.*, 2015 ; Bhattacharya *et al.*, 2018). Elle est largement cultivée dans les zones tropicales et subtropicales à travers le monde. Elle est également connue sous plusieurs appellations telles que « arbre miracle », « arbre à baguettes » ou « arbre de raifort », en raison de ses multiples usages (Encyclopaedia Britannica, 2026). Enfin, *M.o* se distingue par son caractère polyvalent et son importance croissante dans les domaines de la nutrition et de la santé, grâce à sa richesse en composés bioactifs et à ses nombreux effets biologiques bénéfiques (Divya *et al.*, 2024).

II.2.2. Origine et aire de répartition

Moringa oleifera est une plante appartenant au genre *Moringa*, lui-même rattaché à la famille des Moringaceae, qui comprend environ 13 espèces végétales dont les origines géographiques se répartissent entre l'Afrique et l'Asie. Parmi ces espèces figurent : *Moringa arborea*, *Moringa rivaie*, *Moringa borziana*, *Moringa pygmaea*, *Moringa longituba*, *Moringa stenopetala*, *Moringa ruspoliana*, *Moringa ovalifolia*, *Moringa drouhardii*, *Moringa hildebrandtii*, *Moringa peregrina* et *Moringa concanensis*. Cependant, *Moringa oleifera* est l'espèce la plus répandue et la plus étudiée. Elle est originaire des régions sub-himalayennes du nord de l'Inde (Leone *et al.*, 2015). Son aire de distribution s'étend également au Pakistan et à l'Afghanistan (Abdelwanis *et al.*, 2024), ainsi qu'aux contreforts de l'Himalaya en Inde, au Pakistan et au Népal (Leone *et al.*, 2015).

Actuellement, cette espèce est largement répandue dans les régions tropicales, subtropicales et semi-arides du monde, notamment en Afrique, en Asie du Sud-Est et dans la péninsule Arabique (Abdelwanis *et al.*, 2024), ainsi qu'en Amérique centrale et du Sud, dans les Caraïbes et dans certaines zones d'Océanie (Crop Trust, 2026). De plus, ses dérivés sont aujourd'hui principalement distribués au Moyen-Orient, en Afrique et en Asie, avec une expansion continue vers d'autres régions (Leone *et al.*, 2015).

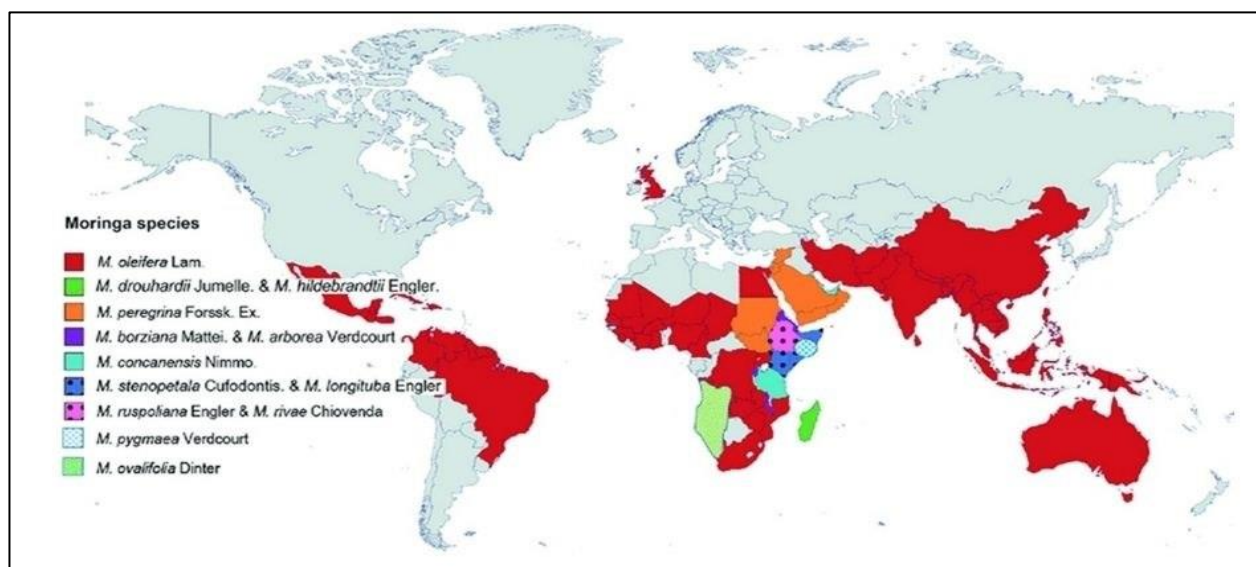


Figure 04 : Répartition géographique des différentes espèces du genre *Moringa* (Abdelwanis *et al.*, 2024).



Figure 05 : Répartition géographique de *Moringa oleifera* dans le monde (Abdelwanis *et al.*, 2024).

II.2.3. Nomenclature de *Moringa oleifera*

Le *Moringa oleifera* porte plusieurs noms dans les différents pays du monde

Tableau 03 : Noms communs de *Moringa oleifera* dans différentes langues (Panova *et al.*, 2025).

Langue	Noms (s) commun (s)
Arabe	rawag
Bengali	sujna,sohjna,sajina
Swahili	mronge,mzunze,mlonge,mrongo
Amharique	shiferaw
Français	acacia blanc,neverdie,moringa ailé,pois quenique
Allemand	pferderettichbaum,meerrettichbaum
Cantonais	nuge
Hindi	sanjna,suhjna,sondna,sohanjna,shajna,munga,ara,sainjna,mungna
Espagnol	paraíso,blanco,paraíso,francés,reseda
Anglais	moringa tree,ben-oil tree,cabbage tree,clarifier
Vietnamien	chùm ngây

II.2.4. Classification

Tableau 04 : Systématique de *Moringa oleifera* (Laleye *et al.*, 2015)

Rang taxonomique	Classification
Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyte
Classe	Magnoliopsida
Ordre	Capparales
Famille	Moringaceae
Genre	<i>Moringa</i>
Espèce	<i>Oleifera</i>

II.2.5. Description botanique de *Moringa oleifera*

A. Tronc (la tige)

Moringa oleifera est un arbre caduc à croissance rapide appartenant aux régions tropicales, atteignant généralement une hauteur d'environ 8 mètres, caractérisé par un tronc tordu recouvert d'une écorce lisse variant du gris foncé au jaunâtre et une couronne en forme de parapluie (Panova *et al.*, 2025). Toutefois, selon certaines études, sa hauteur peut varier entre 5 et 10 mètres, voire de 1 à 12 mètres en fonction des conditions environnementales (Klimek-Szczykutowicz *et al.*, 2024).

B. Feuilles

Ses feuilles sont composées, bi- ou tripennées, constituées de folioles ovales, vert foncé sur la face supérieure et plus claires sur la face inférieure (Panova *et al.*, 2025), avec une longueur totale comprise entre 15 et 35 cm, tandis que la taille des folioles varie de 4 à 24 mm et peut présenter une fine pubescence (Klimek-Szczykutowicz *et al.*, 2024).

C. Fleurs

L'arbre produit des fleurs parfumées de couleur blanche à crème, disposées en inflorescences lâches pouvant atteindre 15 cm de long (Panova *et al.*, 2025), avec un diamètre floral variant de 1 à 3,3 cm et des pétales blancs à base verdâtre (Klimek-Szczykutowicz *et al.*, 2024).

D. Graines

Ces gousses contiennent des graines brun clair capables de germer rapidement dans des conditions favorables (Panova *et al.*, 2025). Les graines sont sphériques, munies de trois ailes, avec un diamètre d'environ 1 cm et peuvent atteindre environ 26 graines par gousse. Une seule plante peut produire entre 3000 et 9000 graines par saison, voire jusqu'à 15000–25000 graines dans certains cas (Klimek-Szczykutowicz *et al.*, 2024).



Figure 06 : Différentes parties de *Moringa oleifera* (arbre (tronc), feuilles, fleurs et graines) (Anzano, A *et al.*, 2021)

E. Fruits

Les fruits sont des gousses allongées à trois faces, communément appelées « drumsticks », mesurant jusqu'à environ 90 mm de longueur et 12 mm de largeur (Panova *et al.*, 2025), bien que leur taille se situe généralement entre 18 et 32 cm de longueur et 0,9 à 2,2 cm de largeur (Klimek-Szczykutowicz *et al.*, 2024).



Figure 07 : Fruit (gousse) de *Moringa oleifera* (Liu,R *et al.*, 2022)

II.2.6. Composition nutritionnelle et Phytochimique de *Moringa oleifera*

II.2.6.1. Composition nutritionnelle

A. Vitamines

Les feuilles de *Moringa oleifera* se distinguent par une richesse remarquable en vitamines, notamment les vitamines A, C, E et celles du groupe B. Les feuilles fraîches présentent des teneurs élevées en vitamine C, tandis que les feuilles séchées concentrent davantage les vitamines liposolubles comme les vitamines A et E, en raison de la perte d'eau lors du séchage. Par ailleurs, la teneur en vitamine E est particulièrement élevée, atteignant des valeurs importantes même après séchage, ce qui souligne son rôle antioxydant majeur (Panova *et al.*, 2025).

En outre, les feuilles de moringa peuvent couvrir les besoins journaliers en certaines vitamines avec de faibles quantités consommées. Par exemple, quelques grammes suffisent pour atteindre les apports recommandés en vitamines A et E, ce qui en fait une source nutritionnelle concentrée et efficace (Trigo *et al.*, 2021).

Tableau 05 : Composition en vitamines des feuilles de *Moringa oleifera* (mg/ 100g) (Panova *et al.*, 2025).

Vitamines	Feuilles fraîches	Feuilles séchées	Poudre de feuille
A	1.28	3.63	16.30
B1	0.06	2.02	2.64
B2	0.05	21.30	20.50
C	220.00	15.80	17.30
E	448.00	10.80	113.00

B. Minéraux

Les feuilles de *Moringa oleifera* constituent une source importante de minéraux essentiels tels que le calcium, le potassium, le magnésium, le phosphore et le fer. Les feuilles séchées présentent des concentrations nettement plus élevées que les feuilles fraîches, confirmant l'effet de concentration dû au séchage. Comparativement à d'autres aliments, les feuilles de moringa contiennent des quantités supérieures de calcium (plus que le lait) et de potassium (plus que la banane), ainsi qu'une teneur élevée en fer, particulièrement importante pour la prévention de l'anémie (Panova *et al.*, 2025). De plus, les feuilles séchées surpassent des aliments comme les graines de chia en calcium et potassium, bien que ces graines soient plus riches en phosphore (Trigo *et al.*, 2021).

Tableau 06 : Comparaison de la composition minérale entre *Moringa oleifera*, les épinards et les graines de chia (Trigo *et al.*, 2021)

Minéraux (mg/100g)	Feuille fraîche de <i>Moringa oleifera</i>	Épinard	Feuilles sèche de <i>Moringa oleifera</i>	Graines de Chia
Calcium	440	117	2003	631
Fer	0.85	2.7	28.2	0.01
Cuivre	0.07	—	0.57	—
Magnésium	42	—	368	335
Phosphore	70	46	204	860
Potassium	259	554	1324	407
Zinc	0.16	—	3.29	—

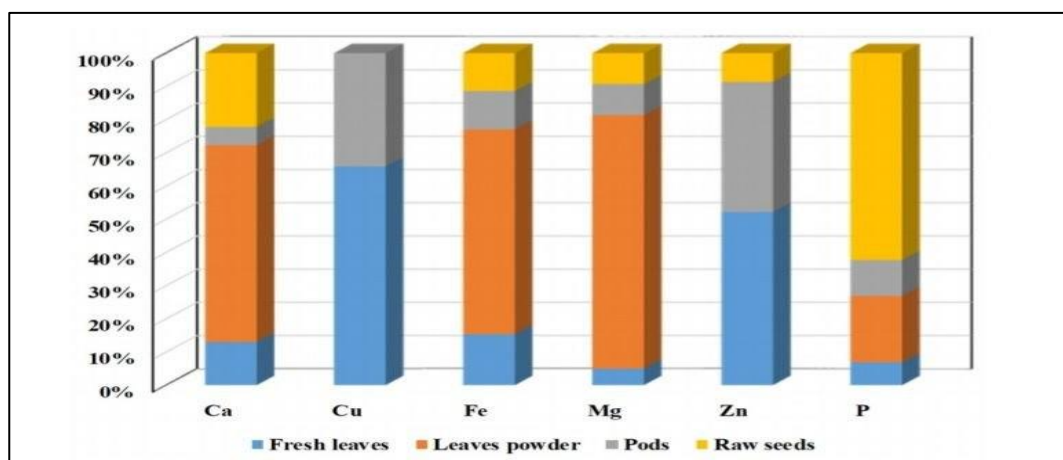


Figure 08 : Répartition des éléments minéraux dans les différentes parties de *Moringa oleifera* (Panova *et al.*, 2025)

C. Macronutriments

Les feuilles de *Moringa oleifera* représentent également une source intéressante de macronutriments. Elles sont particulièrement riches en protéines, surtout sous forme séchée, avec des valeurs pouvant dépasser 27 g/100 g, ce qui les positionne comme une excellente alternative végétale aux sources protéiques classiques (Trigo *et al.*, 2021 ; Panova *et al.*, 2025).

De plus, les feuilles séchées présentent une augmentation significative des teneurs en calories, lipides, glucides et fibres, renforçant leur densité énergétique et nutritionnelle. Cette richesse nutritionnelle rend la moringa particulièrement utile dans la lutte contre la malnutrition, notamment dans les pays en développement (Trigo *et al.*, 2021).

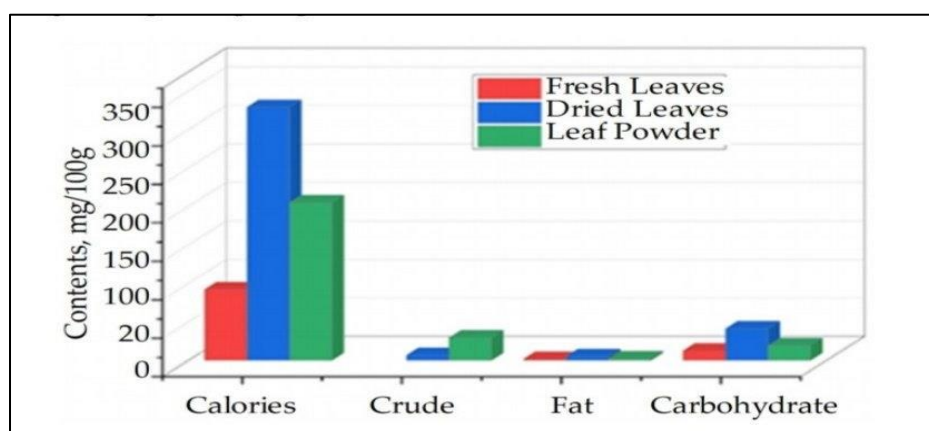


Figure 09 : Teneur en nutriments (calories, protéines, lipides et glucides) dans les feuilles fraîches, séchées et en poudre de *Moringa oleifera* (Panova *et al.*, 2025).

D. Acides aminés

Les feuilles de *Moringa oleifera* contiennent une large gamme d'acides aminés essentiels, ce qui est relativement rare pour une plante. Elles présentent des teneurs élevées en acides aminés tels que la leucine, l'arginine et la phénylalanine, avec des niveaux comparables, voire supérieurs, à ceux du soja et parfois proches de ceux de la viande (Trigo *et al.*, 2021).

La présence d'acides aminés essentiels comme l'arginine et l'histidine est particulièrement importante pour la croissance et le développement, notamment chez les nourrissons. Cette composition confère à la moringa un intérêt nutritionnel majeur pour les régimes végétariens et pour la lutte contre les carences protéiques (Trigo *et al.*, 2021 ; Panova *et al.*, 2025).

Tableau 07 : Teneur en acides aminés des feuilles séchées de *Moringa oleifera* comparée au soja et au bœuf (Trigo *et al.*, 2021).

Teneur en acides aminés (mg/100g)	Feuilles séchées de <i>Moringa oleifera</i>	Soja	Bœuf
Arginine	1325	380	1118
Histidine	613	221	603
Lysine	1325	233	1573
Tryptophane	425	103	—
Phénylalanine	1388	708	778
Méthionine	350	296	478
Thréonine	1188	328	812
Leucine	1950	1764	1435
Isoleucine	825	803	852
Valine	1063	728	886

E. Acides gras et profil lipidique

Les feuilles séchées de *M.o* présentent un profil lipidique intéressant, caractérisé par une forte teneur en acides gras polyinsaturés (PUFA), notamment les oméga-3. Ces derniers sont présents en quantités supérieures à celles observées dans certains aliments comme l'avocat et les noix. Le rapport oméga-6/oméga-3 observé dans la moringa est favorable et contribue à la prévention des maladies cardiovasculaires et métaboliques. Cette richesse en acides gras essentiels renforce l'intérêt nutritionnel de la plante dans une alimentation équilibrée (Trigo *et al.*, 2021).

Tableau 08 : Comparaison en acides gras des feuilles séchées de *Moringa oleifera* comparée à l'avocat et la noix (Trigo *et al.*, 2021).

Acides gras (%)	Feuilles séchées de <i>Moringa oleifera</i>	Avocat	Noix
Acide linoléique	7.44	14.01	18.91
Acide linolénique	44.57	1.26	3.41
Palmitique	11.79	19.7	11.56
Omega-6 total	7.64	14.01	18.91
Omega-3 total	44.57	1.26	3.41
MUFA	4.48	63.53	14.2
PUFA	52.21	15.27	23.2
Rapport Omega-6/ Omega-3	0.17	11.12	5.54

II.2.6.2. Composition phytochimique générale de *Moringa oleifera*

La *M.o* est une plante riche en une grande diversité de composés bioactifs. Plus de 90 composés différents ont été identifiés, incluant les flavonoïdes, les acides phénoliques, les caroténoïdes, les alcaloïdes, les glucosinolates, les stérols et les terpènes. Cette richesse chimique confère à la plante des propriétés nutritionnelles et thérapeutiques importantes. Cependant, la concentration de ces composés varie en fonction des conditions environnementales et des méthodes d'extraction (Divya *et al.*, 2024).

A. Polyphénols et composées phénoliques

Les polyphénols constituent l'un des groupes les plus importants dans la composition de la moringa, en particulier dans les feuilles séchées qui représentent leur principale source. Ils regroupent les flavonoïdes, les acides phénoliques et les catéchines, et jouent un rôle essentiel dans l'activité antioxydante de la plante. Leur teneur dépend de plusieurs facteurs tels que les conditions de croissance, le stade de maturité, ainsi que les méthodes de séchage et d'extraction. (Panova *et al.*, 2025).

Les principaux acides phénoliques identifiés comprennent l'acide gallique, l'acide caféique, l'acide chlorogénique et l'acide férulique. Ces composés présentent des propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires et anticancéreuses. L'acide gallique est considéré comme l'un des plus abondants dans les feuilles séchées (Divya *et al.*, 2024).

B. Flavonoïdes

Les flavonoïdes représentent une classe majeure de composés bioactifs dans les feuilles de moringa. Les principaux flavonoïdes identifiés sont la myricétine, la quercétine, le kaempférol, l'apigénine et la rutine. Ces composés jouent un rôle fondamental dans l'activité antioxydante et contribuent à la prévention de plusieurs maladies chroniques telles que le diabète et le cancer. (Panova *et al.*, 2025).

D'autres flavonoïdes tels que l'isorhamnétine et les procyanidines ont également été identifiés dans les feuilles et les graines, renforçant ainsi le potentiel thérapeutique de la plante (Divya *et al.*, 2024).

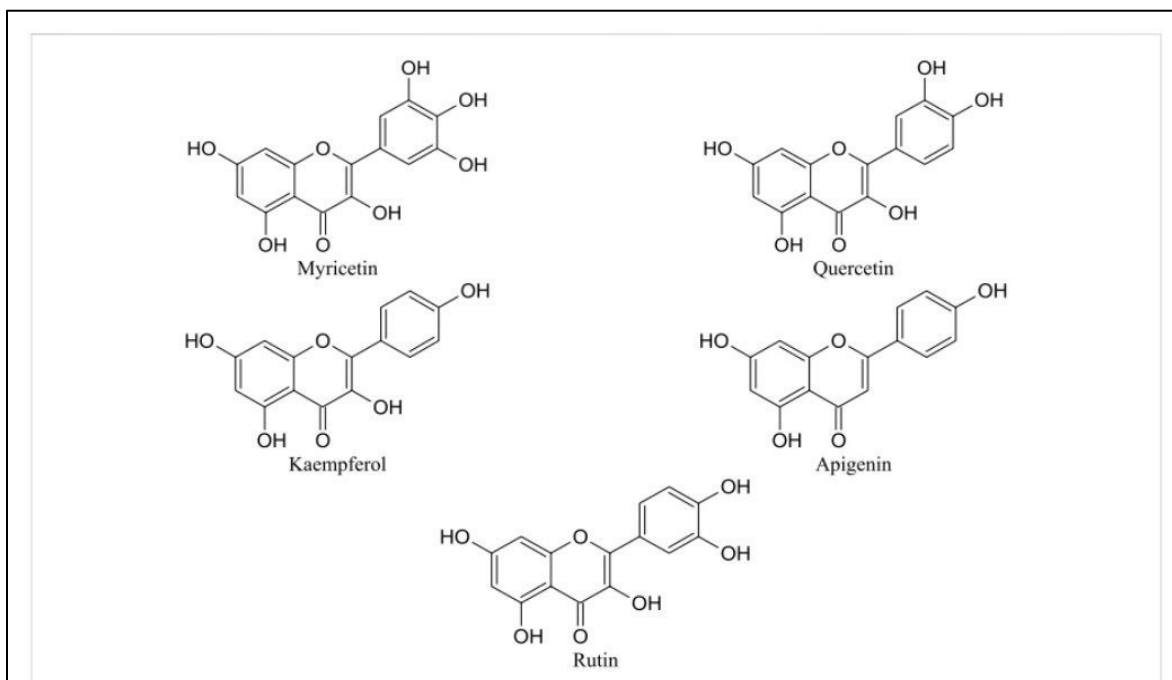


Figure 10 : Structures chimiques des principaux flavonoïdes présents dans les feuilles de *Moringa oleifera* (Klimiec-Szczykutowicz *et al.*, 2024).

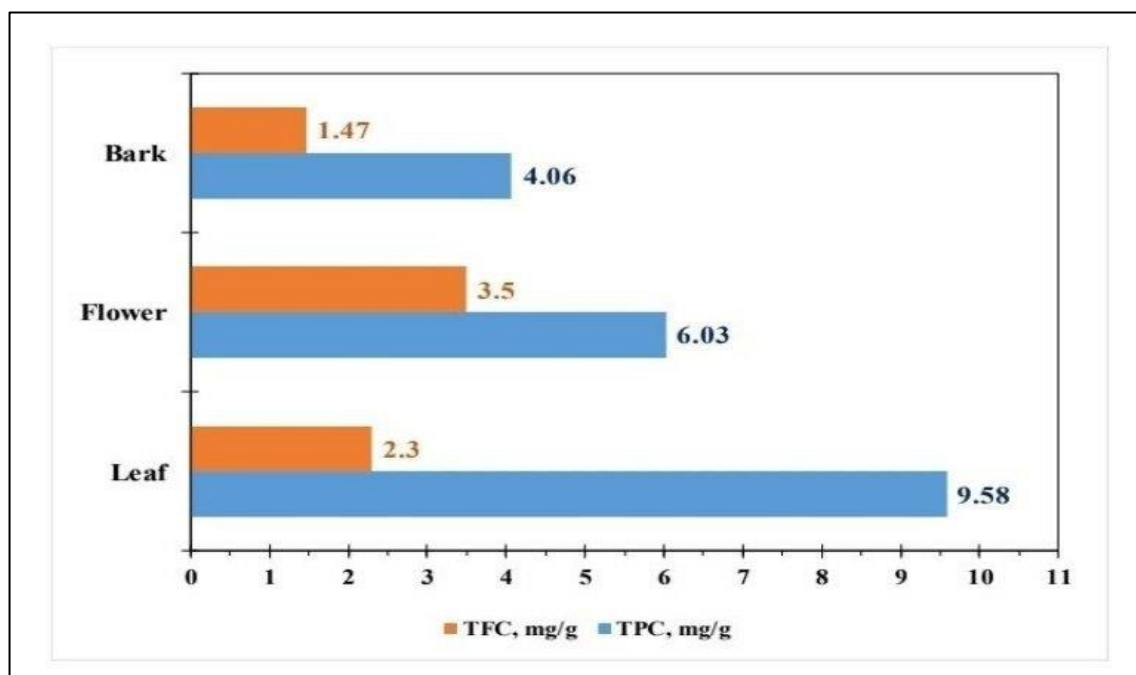


Figure 11 : Teneur totale en composés phénoliques (TPC) et en flavonoïdes (TFC) dans les différentes parties de *Moringa oleifera* (Panova *et al.*, 2025).

C. Glucosinolates et isothiocyanates

La moringa contient une quantité importante de glucosinolates, dont le principal est la glucomoringine, particulièrement abondante dans les feuilles. Ces composés peuvent être transformés en isothiocyanates biologiquement actifs, reconnus pour leurs propriétés antimicrobiennes et anticancéreuses. Leur concentration varie selon l'âge de la plante et son état physiologique (Klimiec-Szczykutowicz *et al.*, 2024).

D. Alcaloïdes et terpènes

Plusieurs alcaloïdes ont été identifiés dans la moringa, notamment dans les feuilles et les racines, tels que les marumosides A et B, qui présentent des propriétés pharmacologiques importantes. Par ailleurs, la plante contient également des composés terpéniques comme le phytol, ainsi que d'autres composés présents en plus faibles quantités, contribuant à ses activités biologiques (Divya *et al.*, 2024).

E. Tanins et autres composés

Les tanins sont présents en quantités importantes, en particulier dans les feuilles séchées, où ils participent à l'activité antioxydante. D'autres composés, tels que les saponines et les glycosides, ont également été identifiés et contribuent aux propriétés thérapeutiques de la plante (Klimiec-Szczykutowicz *et al.*, 2024).

II.3. Utilisations thérapeutiques dans la médecine traditionnelle

Les différentes parties de *M.o* sont traditionnellement utilisées à diverses fins, mais les feuilles restent les plus exploitées, notamment dans l'alimentation humaine et animale antioxydants. Les feuilles sont utilisées dans le traitement de nombreuses maladies telles que le paludisme, la fièvre typhoïde, les maladies parasitaires, l'arthrite, les inflammations, les plaies, les maladies cutanées, les troubles uro-génitaux, l'hypertension artérielle et le diabète. Elles sont également employées pour stimuler la lactation, renforcer le système immunitaire, ainsi que comme cardiotoniques et contraceptifs. Les feuilles peuvent être consommées directement, fraîches ou séchées, ou sous forme d'extraits aqueux. De même, l'écorce de moringa est utilisée à la fois dans l'alimentation et en médecine traditionnelle. Elle est bouillie dans l'eau ou macérée dans l'alcool afin d'obtenir des extraits utilisés pour traiter les troubles gastriques, soulager les douleurs d'estomac et les ulcères, améliorer la digestion, ainsi que pour traiter les troubles de la vision, les douleurs articulaires, le diabète, l'anémie, l'hypertension, les douleurs dentaires, les hémorroïdes et les troubles utérins. Par ailleurs, les graines de moringa sont couramment utilisées pour purifier l'eau des impuretés. Les racines sont également macérées dans l'eau ou l'alcool puis bouillies avec

d'autres plantes afin d'obtenir des préparations utilisées contre les douleurs dentaires, comme agents antiparasitaires et antipaludiques, ainsi que comme stimulants sexuels. Enfin, les fleurs sont utilisées pour produire des substances aphrodisiaques et pour traiter les inflammations, les maladies musculaires, l'hystérie, les tumeurs et l'hypertrophie de la rate (**Leone et al., 2015**).

Comme l'indique l'étude récente sur *M.o*, cette plante est considérée comme l'une des alternatives naturelles prometteuses dans le traitement de l'anémie, en particulier l'anémie due à une carence en fer. Elle a montré que les feuilles de moringa sont riches en fer, en vitamine C, en acide folique et en protéines, qui sont des éléments contribuant à stimuler la formation des globules rouges et à améliorer l'absorption du fer. Les études ont également montré que la consommation de moringa sous différentes formes, telles que la poudre de feuilles ou les extraits, a entraîné une augmentation notable des taux d'hémoglobine, de l'hématocrite et du nombre de globules rouges. En outre, le moringa possède des propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires qui aident à réduire le stress oxydatif associé aux troubles de l'hématopoïèse, ce qui en fait une option nutritionnelle et thérapeutique efficace (**Bennour et al., 2025**).

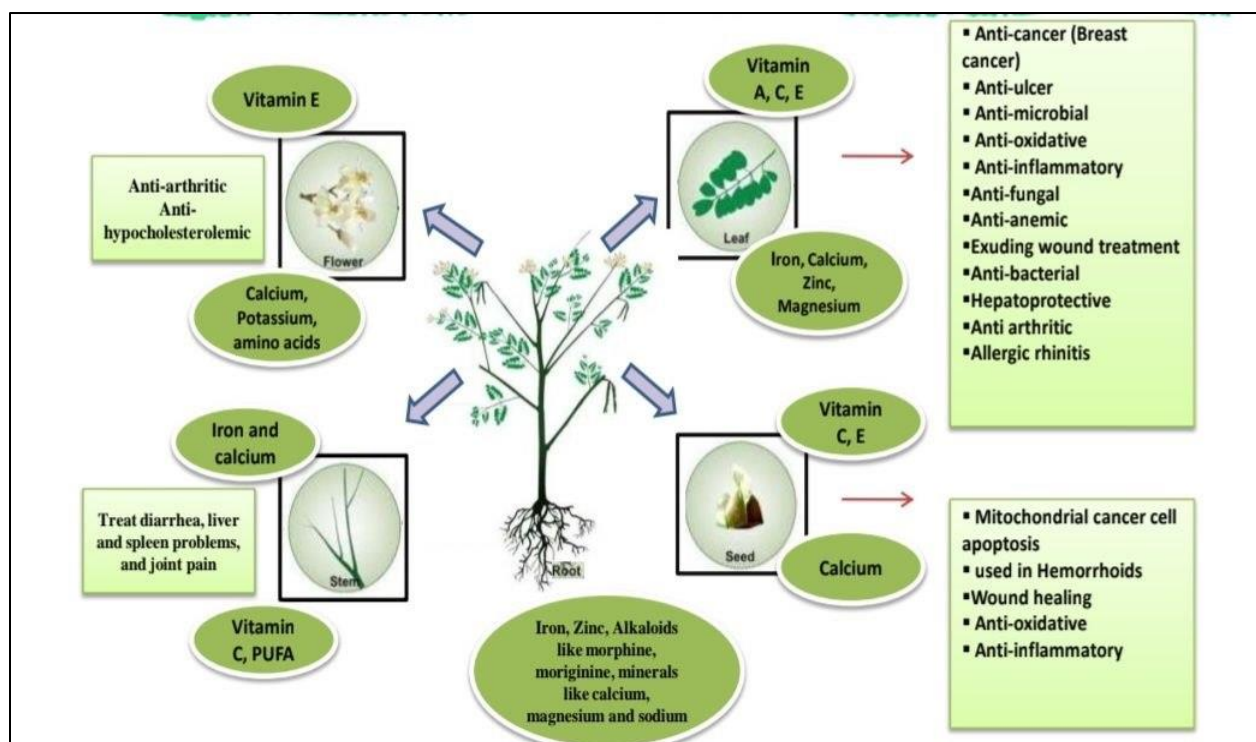


Figure 12 : Principales propriétés thérapeutiques et composés bioactifs de *Moringa oleifera* (**Divya et al., 2024**).

PARTIE II :
EXPERIMENTALE

CHAPITRE I :
Matériels et Méthodes

I.1. Matériels

I.1.1. Enquête ethnobotanique

I.1.1.1. Présentation de la region d'étude

A. Wilaya de Touggourt

La Wilaya de Touggourt se situe dans le sud-est de l'Algérie et s'étend sur une superficie de 44 326 km². Elle est limitée au nord par les Wilayas d'El M'Ghair et d'Ouled Djellal, à l'est par la Wilaya d'El Oued, à l'ouest par les Wilayas de Ghardaïa et de Djelfa, et au sud par la Wilaya d'Ouargla (مديرية السياحة و الصناعة التقليدية 2020).

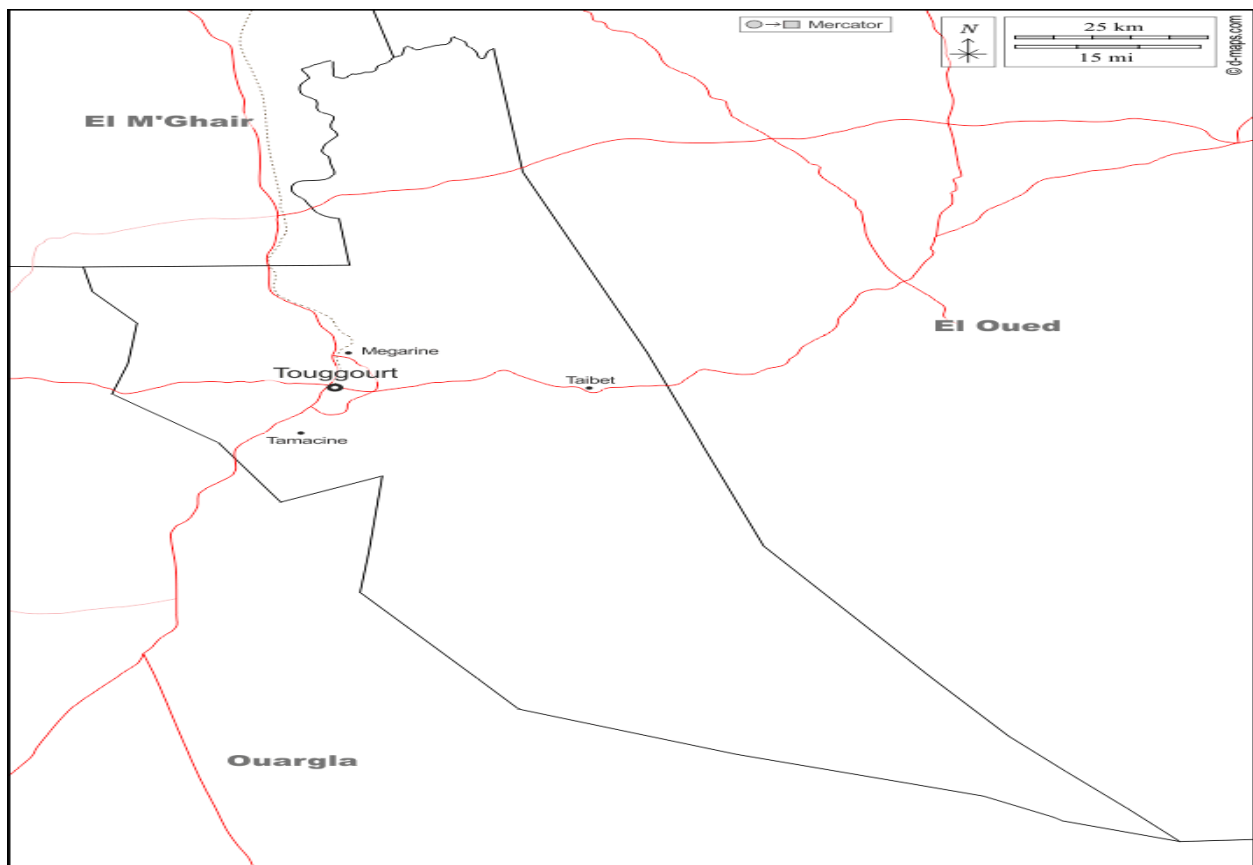


Figure 13 : Situation géographique de la Wilaya de Touggourt (D-Maps, 2026).

I.1.1.2. Enquête ethnobotanique

Une enquête ethnobotanique a été menée grâce à un questionnaire durant la période allant de janvier à mars 2026 afin d'identifier les plantes utilisées pour traiter l'anémie. Cette étude a porté sur 100 personnes de différents âges, et tous les répondants ont été informés de l'objectif de l'étude.

A. Critères d'inclusion

Dans cette étude, plusieurs catégories de personnes ont été prises en considération, notamment les herboristes, les patients et toutes les personnes qui utilisent des plantes médicinales à des fins thérapeutiques telles que : les guérisseurs traditionnels et les pharmaciens, indépendamment de leur sexe, de leur âge, de leur niveau d'instruction ou de leur milieu de vie.

B. Fiche questionnaire

Le questionnaire comportait 7 sections :

- Informations sur le participant (nom, âge, sexe, niveau d'études, années d'expérience, source de connaissances).
- Utilisation des plantes médicinales pour le traitement de l'anémie (Nombre de plantes utilisés, plantes les plus fréquemment utilisées).
- Informations détaillées sur la plante médicinale choisie par le répondant (Nom local et nom scientifique, période de récolte, origine, partie utilisée, état de la plante).
- Préparation et utilisation (Méthode de préparation, posologie, fréquence et durée d'utilisation).
- Efficacité fondée sur l'expérience des répondants (Efficacité de la plante, délai d'amélioration, symptômes améliorés).
- Sécurité et effets secondaires (Effets secondaires, catégories de personnes utilisant la plante).
- Diagnostic et interventions thérapeutiques (Réalisation d'analyses, intégration des plantes à la médecine moderne).

C. Analyse statistique

Les données recueillies ont été saisies et analysées à l'aide du logiciel IBM SPSS Statistics 20. Les indices ethnobotaniques, à savoir la fréquence de citation (FC), la fréquence relative de citation (RFC), la valeur d'usage (UV) et l'indice de consensus des informateurs (ICF), ont été calculés pour l'analyse des données.

D. Sélection de la plante

Après l'analyse des résultats et examen des questionnaires, une plante médicinale a été sélectionnée pour l'étude expérimentale : il s'agit de *Moringa oleifera*.

Le matériel végétal *Moringa oleifera*, a été récoltée à la ferme Sidi Mahdi dans la Wilaya de Touggourt.



Figure 14 : *Moringa oleifera* (photo originale)

E. Produits chimiques et réactifs

Acide ascorbique ; Acide gallique ; Acide sulfurique (H_2SO_4) ; trichlorure d'aluminium (AlCl_3) ; NaOH ; Bicarbonate de sodium (Na_2CO_3) ; (DPPH) 2,2'- diphenyle-1-picryl hydrazyl ; éthanol ; FeCl_3 (ferric chloride) ; Ferricyanure de potassium ($\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$) ; folin-ciocalteu ; HCL ; Méthanol ; Molybdate d'ammonium ; Na_3PO_4 ; Quercitrine ; Réactif de Dragendorf ; SDS ; acide trichloroacétique (TCA) ; NaCl ; fragment de magnésium (Mg).

I.2. Méthodes

I.2.1. Préparation de la matière végétale

La plante de moringa a été lavée afin d'éliminer toutes les impuretés, puis laissée à sécher dans un endroit sombre et sec, à l'abri de la chaleur et de la lumière solaire, pendant deux semaines. Après le séchage, les feuilles ont été broyées en une fine poudre à l'aide d'un broyeur électrique. La poudre obtenue a ensuite été tamisée afin de recueillir une poudre très fine.

La poudre obtenue a été conservée dans des flacons en verre foncé, à l'abri de la lumière et de l'humidité.

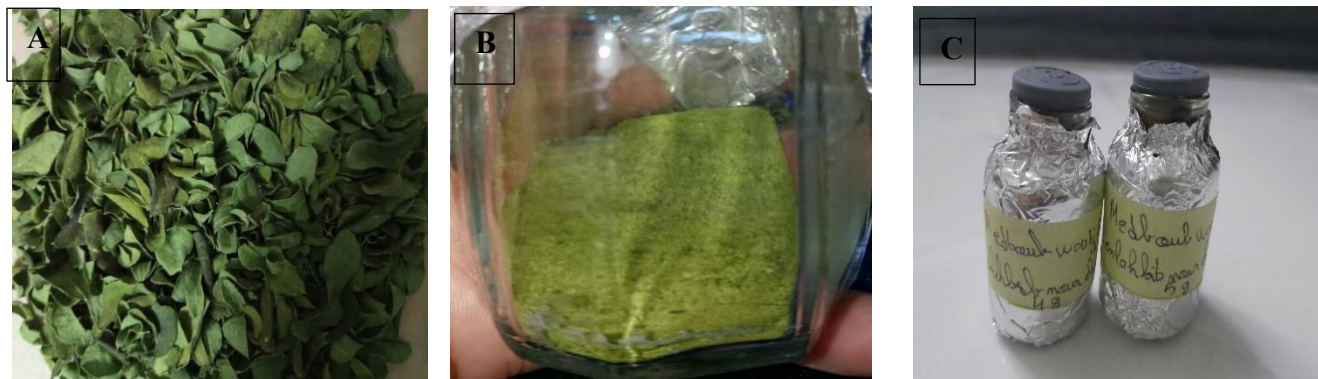


Figure 15 : Étapes de préparation de la matière végétale

I.2.2. Extraction

La macération est une méthode d'extraction traditionnelle basée sur l'extraction solide-liquide, dans laquelle le matériel végétal est trempé dans un solvant spécifique (eau, éthanol, méthanol) (Huynh *et al*, 2024). La poudre de feuilles de *Moringa oleifera* 9g a été macérée dans l'eau distillée (180 ml) pendant 24 heures sous agitation à température ambiante. Le mélange obtenu a été filtré à l'aide d'un papier filtre afin d'éliminer les résidus végétaux. Le filtrat a été évaporé dans une étuve à 33,9 °C jusqu'à obtention d'un extrait concentré.

I.2.3. Détermination du rendement

Le rendement de l'extrait brut est défini comme le rapport entre la masse de l'extrait sec obtenu et la masse de la matière végétale traitée.

Le rendement d'extraction a été obtenu par la formule suivantes :

$$R\% = (PEB/PMV) \times 100$$

R% : Rendement exprimé en %

PEB : Poids de l'extrait brut (g)

PMV : Poids de matière végétale (g)

I.3. Screening phytochimique

Les tests phytochimiques regroupent diverses analyses qualitatives permettant de détecter les principaux groupes de métabolites secondaires présents dans les extraits végétaux. Parmi ces métabolites figurent les phénols, les flavonoïdes, les alcaloïdes, les saponines et bien d'autres. Chaque test repose sur une réaction chimique spécifique produisant une coloration caractéristique en fonction du composé détecté. (Kouamé *et al.*, 2020).

I.3.1. Test des flavonoïdes (Test de Chinoda)

Pour mettre en évidence les flavonoïdes, le test de Chinoda a été utilisé un volume de 1 mL d'extrait végétal dans un tube à essai. Ensuite, un petit fragment de magnésium (Mg) a été ajouté, Après l'ajout de 2 à 3 gouttes d'HCl, l'apparition d'une coloration rouge ou rose indique la présence des flavonoïdes. (Dubale *et al.*, 2023).

I.3.2. Test des phénols

Pour 1 mL d'extrait, quelques gouttes d'une solution de FeCl_3 à 2% ont été ajoutées. L'apparition d'une coloration bleu foncé ou verte indique la présence de composés phénoliques. (Dubale *et al.*, 2023).

I.3.3. Test des saponines (Foam test)

Pour détecter les saponines, 1 mL d'extrait végétal et 2.5 mL d'eau distillée ont été introduits dans un tube à essai. Le tube a ensuite été agité vigoureusement dans le sens de la longueur du tube pendant 30 secondes, La formation d'une mousse stable pendant plusieurs minutes indique la présence des saponines. (Dubale *et al.*, 2023).

I.3.4. Test des alcaloïdes

A 1 mL d'extrait, 2 à 3 gouttes d'HCl ont été ajoutées afin d'acidifier le milieu. Ensuite, quelques gouttes du réactif de Dragendorff ont été ajoutées. L'apparition d'un précipité orange indique la présence d'alcaloïdes. (Hailu *et al.*, 2025).

I.3.5. Test des terpènes

Pour détecter les terpènes, 1 mL d'extrait a été introduit dans un tube à essai, puis quelques gouttes d'acide sulfurique ont été déposées le long de la paroi du tube. La formation d'une couche brun-rougeâtre à la partie inférieure du tube confirme la présence des terpènes. (Dubale *et al.*, 2023).

I.3.6. Test des stéroïdes

Pour 1 mL d'extrait, quelques gouttes d'acide sulfurique ont été ajoutées le long de la paroi du tube. L'observation d'une bicouche (couche supérieure en bâtonnets et couche inférieure verdâtre) indique la présence des stéroïdes. (Dubale et al., 2023)

I.4. Analyse quantitative : Dosage des composées phénoliques

Le dosage des composés phénoliques a été réalisé en deux étapes : la quantification des polyphénols totaux par la méthode de Folin-Ciocalteu, et la quantification des flavonoïdes par la méthode au chlorure d'aluminium (AlCl_3) (Djenidi et al., 2020).

I.4.1. Dosage des polyphénols totaux

□ Principe

Le test de Folin-Ciocalteu est l'un des tests les plus couramment utilisés pour l'analyse des composés phénoliques (Singleton et Rossi, 1965). Le réactif de Folin-Ciocalteu est constitué par un mélange d'acide phosphotungstique ($\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$) et d'acide phosphomolybdique ($\text{H}_3\text{PMO}_{12}\text{O}_{40}$) (Boizot et charpentier, 2006). Le test repose sur le transfert d'électrons des composés phénoliques vers le réactif de Folin-Ciocalteu en milieu alcalin, produisant un complexe bleu de molybdène-tungstène dont l'absorbance est mesurée par spectrophotométrie à 765 nm. L'intensité de cette coloration augmente linéairement avec la concentration des composés phénoliques présents dans le milieu réactionnel (Malta et Liu, 2014).

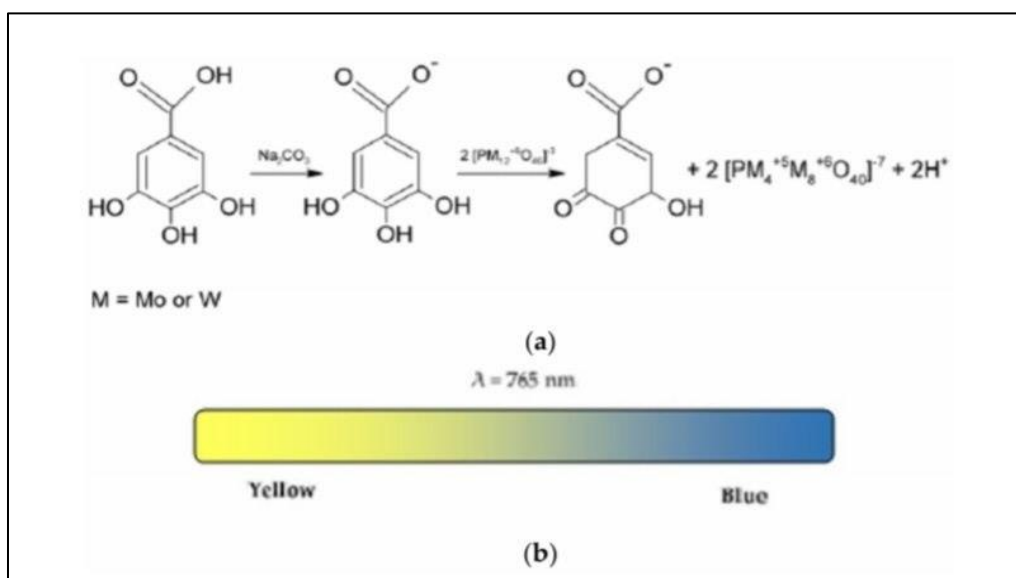


Figure 16 : Réaction du réactif de Folin-Ciocalteu avec les composés phénoliques et variation de la couleur (Munteanuet Apetrei, 2021)

□ Mode opératoire

Prélever 200 µl de chaque extrait (extrait préparé à 10 mg/10 mL d'eau distillée et extrait dilué au ½) à l'aide d'une micropipette dans des tubes à essai, ensuite, puis ajouter 1 mL du réactif de Folin-Ciocalteu dilué (1/10) et mélanger. Après 4 minutes, ajouter 750 µl de solution de Na₂CO₃ (7,5 %), mélanger puis incubé pendant 1 heures et 30 minutes à température ambiante, à l'abri de la lumière. L'absorbance est mesurée à 765 nm à l'aide d'un spectrophotomètre, en utilisant le blanc comme référence. Toutes les mesures sont répétées trois fois. Les résultats sont exprimés en µg équivalents d'acide gallique par milligramme d'extrait (µg GAE/mg). Les concentrations utilisées pour la courbe d'étalonnage de l'acide gallique varient de 10 à 50 µg/mL. **(Djenidi et al., 2020).**

La teneur totale en polyphénols a été calculée à partir de la courbe d'étalonnage de l'acide gallique selon la formule suivante :

$$\text{TPC} = C \times V / m$$

TPC : teneur totale en polyphénols

C : concentration déterminée à partir de la courbe d'étalonnage de l'acide gallique (µg/mL)

V : volume total d'extrait

m : masse de l'extrait utilisée pour la préparation de la solution (mg)

I.4.2. Dosage des Flavonoïdes

□ Principe

Le dosage des flavonoïdes est basé sur la formation d'un complexe stable entre les flavonoïdes et le chlorure d'aluminium (AlCl₃), produisant une coloration jaune dont l'absorbance est mesurée par spectrophotométrie UV-visible à $\lambda = 430$ nm **(Pękal et Pyrzynska, 2014).**

□ Mode opératoire

L'évaluation des flavonoïdes a été réalisée selon la méthode de **(Djenidi et al., 2020)**. Un volume de 1 mL d'extrait a été introduit dans un tube à essai, puis 1 mL de trichlorure d'aluminium (AlCl₃) à 2 % dans le méthanol a été ajouté. Le mélange a été vigoureusement agité. Après 10 minutes d'incubation à température ambiante et à l'abri de la lumière, l'absorbance a été mesurée à $\lambda = 430$ nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV-visible. Toutes les mesures ont été répétées trois fois.

La quantification des flavonoïdes a été effectuée à partir de la courbe d'étalonnage de la quercétine préparée à différentes concentrations (2 à 10 µg/mL)

Les résultats ont été exprimés en microgrammes d'équivalent quercétine par milligramme d'extrait sec (µg EQ/mg d'extrait sec).

La teneur totale en flavonoïdes a été calculée à partir de la courbe d'étalonnage de la quercétine selon la formule suivante :

$$\text{TFC} = C \times V / m$$

TFC : teneur totale en flavonoïdes

I.5. Evaluation de l'activité antioxydante

L'évaluation de l'activité antioxydante doit être effectuée à l'aide de plusieurs tests (au minimum trois) pour cela trois tests ont été utilisés pour évaluer l'activité antioxydant de l'extrait : le test du DPPH, le test FRAP et le test du phosphomolybdate (PPM).

I.5.1. Test du 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle (DPPH)

□ Principe

Le test au 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle (DPPH) est largement utilisé en biochimie végétale pour évaluer les propriétés antioxydantes des composés végétaux (**Pyrzynska et Pękal, 2013**).

Ce test repose sur la capacité des antioxydants à neutraliser le radical DPPH par donation d'électrons ou d'atomes d'hydrogène. Cette réaction s'accompagne d'un changement de couleur du DPPH, mesuré à 517 nm ; la disparition de la coloration violette indique une activité antioxydante (**Munteanu et Apetrei, 2021**).

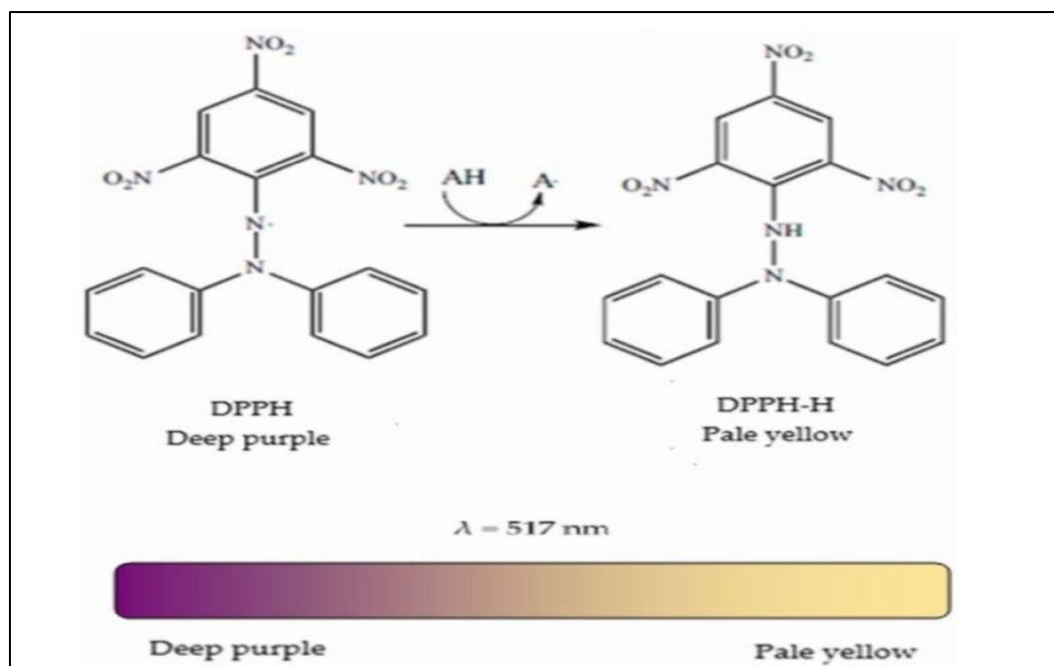


Figure 17 : Mécanisme de piégeage du radical DPPH par un antioxydant et changement de couleur observé (Munteanu et Apetrei, 2021)

□ Mode opératoire

L'activité antioxydante du DPPH a été déterminée selon la méthode décrite par (Hussen et Endalew, 2023) avec quelques modifications. Brièvement, une solution de DPPH à 0,1 mM a été préparée en dissolvant 0,004g de DPPH cristallin dans 100 mL de méthanol de qualité analytique, puis conservée à 4 °C.

Pour la préparation des solutions de l'extrait, 10 mg d'extrait végétal ont été dissous dans 10 mL d'eau distillée afin d'obtenir une solution mère à 1000 µg/mL. Des dilutions en série ont été préparées avec de l'eau distillée pour obtenir les concentrations suivantes :

50, 100, 150, 200, 250 et 300 µg/mL. Dans chaque tube à essai, 2 mL de solution d'extrait végétal de chaque concentration a été mélangé avec 3 mL de solution de DPPH. L'absorbance a été mesurée contre un blanc à 517 nm après 30 min d'incubation à l'obscurité et à la température ambiante. Le composé de référence utilisé a été l'acide ascorbique. Une solution mère à 1000 µg/mL a été préparée en dissolvant 10 mg d'acide ascorbique dans 10 mL d'eau distillée. Ensuite, les mêmes concentrations que celles utilisées pour l'extrait ont été préparées et les mêmes étapes ont été appliquées.

Toutes les déterminations ont été effectuées en triplicata. Les résultats ont été exprimés en pourcentage d'inhibition (I%) selon la formule suivante :

$$\% \text{ d'inhibition} = (A_0 - A_1) / A_0 \times 100$$

A₀ : L'absorbance de contrôle

A₁ : L'absorbance de l'échantillon

Les valeurs de l'IC₅₀ ont été déterminées graphiquement par régression linéaire. L'IC₅₀ : est la concentration de l'échantillon nécessaire pour piéger 50% de radicaux libres (Sebaugh, 2011).

I.5.2. Pouvoir réducteur de l'ion ferrique (FRAP)

□ Principe

Le pouvoir antioxydant réducteur du fer (FRAP) des échantillons a été déterminé par la réduction directe du ferricyanure de potassium (K₃Fe (CN)₆) en ferrocyanure de potassium (K₄Fe (CN)₆), grâce au transfert d'électrons provenant des composés antioxydants. L'augmentation de l'absorbance est due à la formation du complexe bleu de Prusse (bleu de Perls) après l'ajout d'un excès d'ions ferriques (Ahmed *et al.*, 2012).

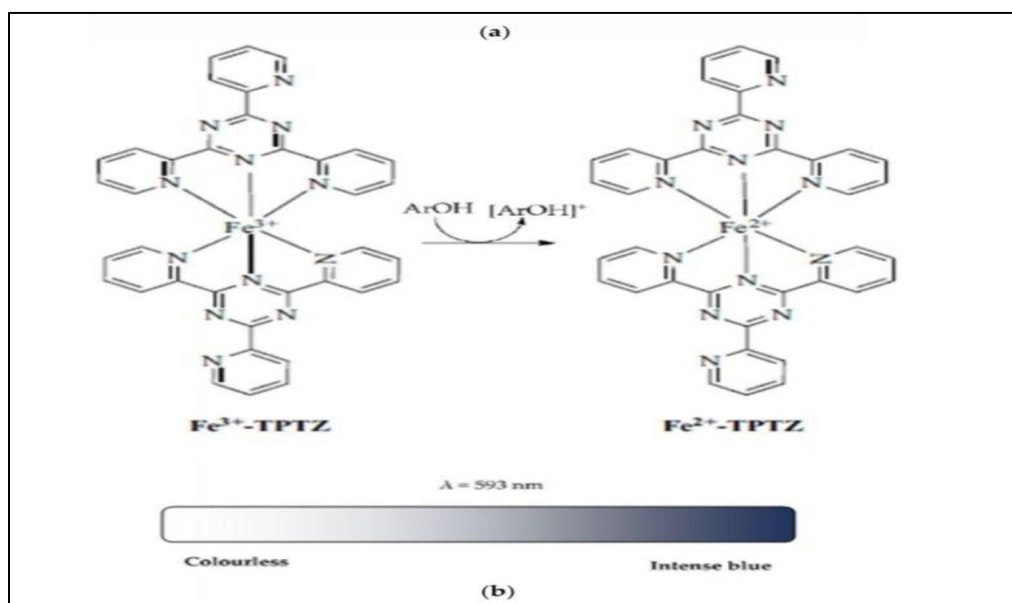


Figure 18 : Mécanisme de la méthode FRAP et changement de couleur du complexe $\text{Fe}^{3+}\text{-TPTZ}$ (Munteanu et Apetrei, 2021)

□ Mode opératoire

Avec quelques modifications, le milieu réactionnel (1260 μL) contenait 240 μL des extraits à tester à des concentrations comprises entre 200 et 1000 $\mu\text{g/mL}$ ou de témoin positif (acide ascorbique) à des concentrations comprises entre de 20 et 100 $\mu\text{g/mL}$. Le réactif FRAP a été préparé à partir d'un mélange de 600 μL de HCl (1.0M), 120 μL de SDS à 1% (m/v) et 180 μL de ferricyanure de potassium à 1% (m/v). En raison des faibles volumes indiqués dans le protocole original, un facteur d'agrandissement de $\times 6$ a été appliqué à toutes les quantités utilisées afin de faciliter la préparation et d'assurer une meilleure précision des mesures. Ensuite, le mélange a été incubé pendant 20 min à 50 °C, puis refroidi à température ambiante. Enfin, 120 μL de chlorure ferrique à 0,1 % (m/v) ont été ajoutés. L'absorbance à 750 nm a été mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre et l'absorbance du blanc a été déterminée en préparant le milieu réactionnel dans les mêmes conditions, mais sans ajout de chlorure ferrique (Ahmed *et al.*, 2012).

I.5.3. Test de phosphomolybdates (PPM)

□ Principe

Ce protocole est basé sur la réduction de l'ion molybdène Mo(VI) en Mo(V) par des antioxydants non enzymatiques présents dans l'extrait végétal, conduisant à la formation d'un complexe phosphomolybdène de couleur verte dont l'intensité est proportionnelle à la capacité antioxydante totale de l'extrait (Sadeer *et al.*, 2020).

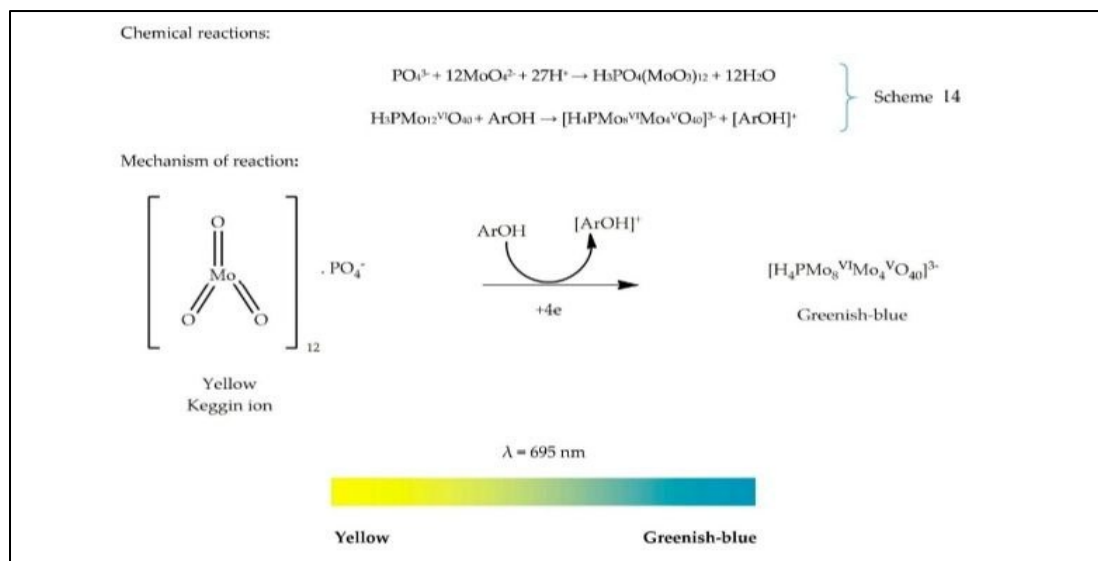


Figure 19 : Mécanisme réactionnel du test phosphomolybdates (Sadeer *et al.*, 2020).

□ Mode opératoire

L'activité antioxydante totale par la méthode des phosphomolybdates a été déterminée selon le protocole décrit par **Sadder et al., 2020**. Cette méthode consiste à ajouter 1 mL de réactif phosphomolybdique (acide sulfurique 0.6 M, phosphate de sodium 28 mM et molybdate d'ammonium 4 mM) à 100 µL d'extrait. Ensuite tous les tubes sont hermétiquement recouverts et incubés à 90 °C pendant 90 minutes. Après incubation et refroidissement à température ambiante, l'absorbance est mesurée à 695 nm. Une gamme d'étalonnage à base d'acide ascorbique (20-100 µg/mL) est préparée dans les mêmes conditions. Toutes les mesures sont répétées 3 fois.

I.6. Analyse minérale

I.6.1. Dosage de fer

□ Principe

Le dosage du fer extractible repose sur une méthode colorimétrique basée sur la formation d'un complexe bleu entre les ions ferriques et l'hexacyanoferrate de potassium. L'intensité de la coloration obtenue, mesurée à 715 nm, est proportionnelle à la concentration en fer présente dans l'échantillon (**adapté de Gitz et al., 2018**).

□ Mode opératoire

Pour déterminer le fer extractible, un protocole a été appliqué selon la méthode colorimétrique adaptée de la méthode de dosage du fer décrite par **Gitz et al., 2018**, avec quelques modifications afin de l'adapter aux propriétés de l'extrait aqueux de *Moringa oleifera*.

Une étape préliminaire de précipitation des polyphénols par l'acide trichloroacétique (TCA) a été ajoutée. Pour ce faire, 1 mL d'extrait aqueux est mélangé à 1 mL d'acide trichloroacétique (TCA) à 10 % et laissé au repos pendant 10 minutes à température ambiante avant centrifugation à 3000 tr/min pendant 10 minutes. Le surnageant limpide obtenu a été récupéré pour analyse.

Une gamme étalon de FeCl₃ à des concentrations de 2 à 10 µM a été préparée dans les mêmes conditions et selon le même protocole, avec ajout d'acide trichloroacétique (TCA) à 10 % aux solutions étalons pour homogénéiser le milieu réactionnel. Lors de la réaction colorimétrique, 0,5 mL du surnageant a été mélangé à 0,5 mL d'une solution de l'hexacyanoferrate de potassium à 4 %.

La réaction est laissée se dérouler pendant 3 à 10 minutes, puis l'absorbance a été mesurée à une longueur d'onde de $\lambda = 715$ nm, en utilisant comme blanc un mélange de référence composé de 0,5 mL d'eau distillée et de 0,5 mL d'une solution de l'hexacyanoferrate de potassium à 4 %. La teneur en fer extractible a été exprimée en $\mu\text{g Fe/mg}$ de matière sèche selon la formule suivante :

$$\text{Teneur } (\mu\text{g Fe/mg de matière sèche}) = (\text{Concentration} \times \text{Volume d'extrait}) / \text{Masse d'extrait sec}$$

I.7. Évaluation biologique

I.7.1. Test de fragilité osmotique des érythrocytes (Hémolyse érythrocytaire)

□ Principe

Le test de fragilité osmotique est basé sur l'exposition des globules rouges à différentes concentrations de NaCl afin d'évaluer le degré d'hémolyse ainsi que l'effet de l'extrait de *Moringfa oleifera* sur la membrane érythrocytaire. Cela se fait en mesurant la quantité d'hémoglobine libérée après l'hémolyse à l'aide d'un spectrophotomètre à 540 nm. (Kplé Epse Coulibaly., 2023).

□ Mode opératoire

1-Préparation des solutions NaCl

Préparer une solution mère de NaCl à 9 g/L (PH=7,4), puis diluée afin d'obtenir différentes concentrations équivalentes à :

9,0 / 7,0 / 6,0 / 5,5 / 5,0 / 4,0 / 3,0 / 2,0 et 1,0 g/L de NaCl.

2- Préparation des érythrocytes lavés

On prélève une quantité de sang et on la place dans un tube EDTA, puis centrifugée à 1500 tr/min pendant 5 min. Le plasma surnageant a été éliminé à l'aide d'une pipette Pasteur. Le lavage est répété trois fois par l'addition de NaCl à 0,9 %.

3- Préparation des contrôles

On mélange 3 ml de chacune des 9 solutions de NaCl préparées avec 30 μl d'érythrocytes lavés. Les mélanges ont été homogénéisés puis incubés pendant 30 min à température ambiante. Au terme de ce temps, les tubes ont été secoués à nouveau et soumis à centrifugation pendant 5 min à 1500 tr/min.

4- Évaluation de l'activité anti-hémolytique de l'extrait végétal

On mélange 2,7 mL de chacune des solutions de NaCl préparées avec 0,3 mL d'extrait végétal aux concentrations de 0,625 mg/ml et 1,25 mg/ml. Ensuite, ajouter 30 µl d'érythrocytes lavés dans chaque tube. Après homogénéisation et incubation pendant 30 min à température ambiante, les tubes ont été centrifugés à 1500 tr/min pendant 5 min. L'absorbance de chaque tube a été lue à 540 nm en utilisant la solution de NaCl à 9 g/L comme blanc de lecture.

Le taux d'inhibition de l'hémolyse des différents extraits a été déterminé avec la formule suivante :

$$\% \text{ Taux d'inhibition de l'hémolyse : } [(Dot - Doi) / Dot] \times 100$$

DOi : Densité optique de l'échantillon.

DOt : Densité optique de la solution témoin (**Kplé Epse Coulibaly., 2023**).

CHAPITRE II :
Résultats et discussion

II.1. Résultats

II.1.1. Analyse du profil des enquêtées

L'étude ethnobotanique nous a permis d'avoir les résultats suivants :

II.1.1.1. Répartition selon le sexe

On constate que 66% des répondants sont des hommes contre 34% de femmes. La fréquence cumulée atteint 100 %, indiquant que l'ensemble des 100 répondants a été pris en compte .

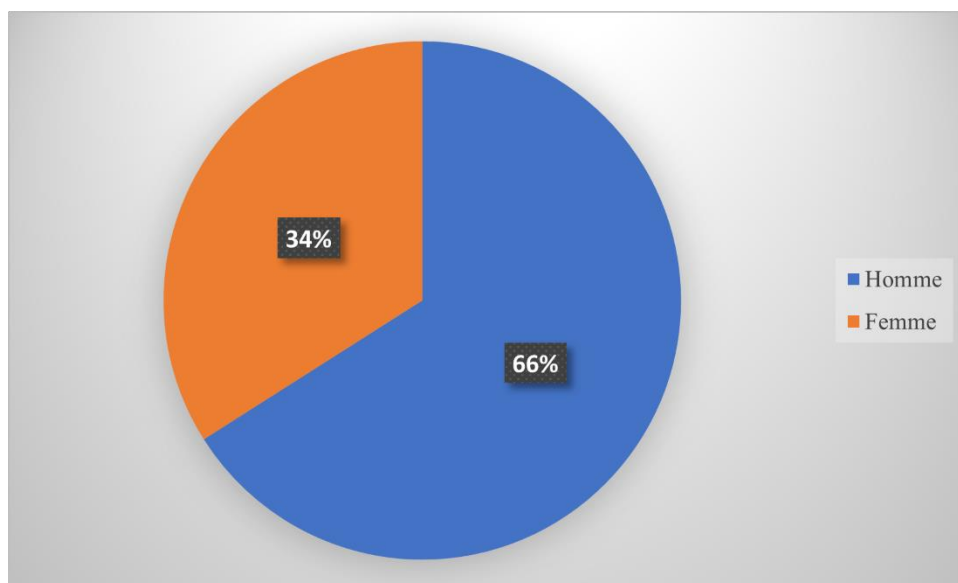


Figure 20 : Répartition selon le sexe.

II.1.1.2. Répartition selon l'âge

Les résultats de la répartition par âge montrent la prédominance des tranches 20-40 ans (45%) et 40-60 ans (42%), contre une faible représentation des moins de 20 ans (2%) et des plus de 60 ans (11%). Cette situation peut s'expliquer par la nature de l'échantillon étudié, puisque les données ont été recueillies principalement auprès des vendeurs de plantes médicinales dans les marchés traditionnels et des guérisseurs traditionnels de la wilaya de Tougourt, des catégories professionnelles généralement dominées par des individus en âge d'activité socio-économique.

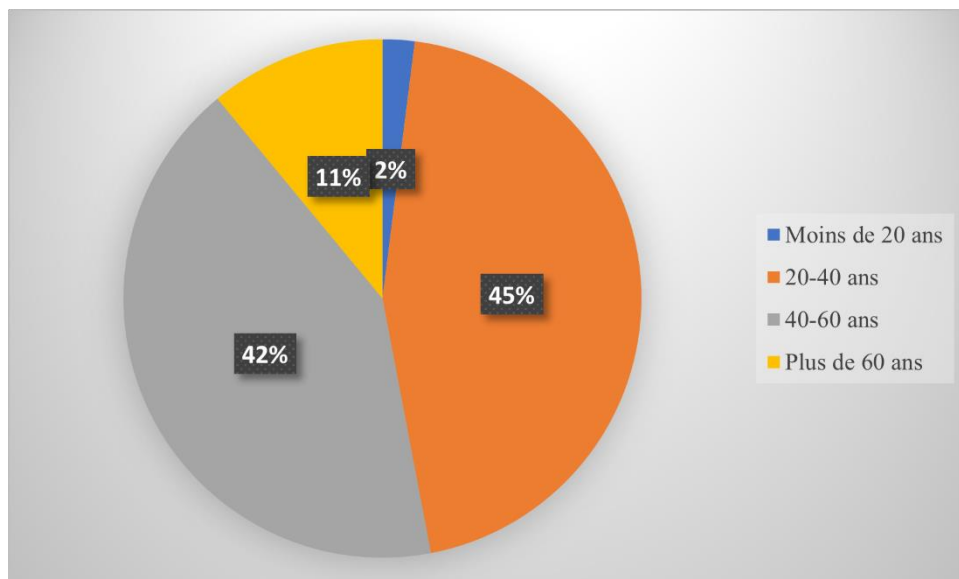


Figure 21 : Répartition selon l'âge

II.1.1.3. Répartition selon leur catégorie

Les résultats de la répartition des répondants selon leur qualité révèlent que les herboristes occupent la première place avec 54%, suivis des guérisseurs traditionnels avec 23%, puis des anciens malades avec 17%, tandis que les agriculteurs représentent la proportion la plus faible avec 6%.

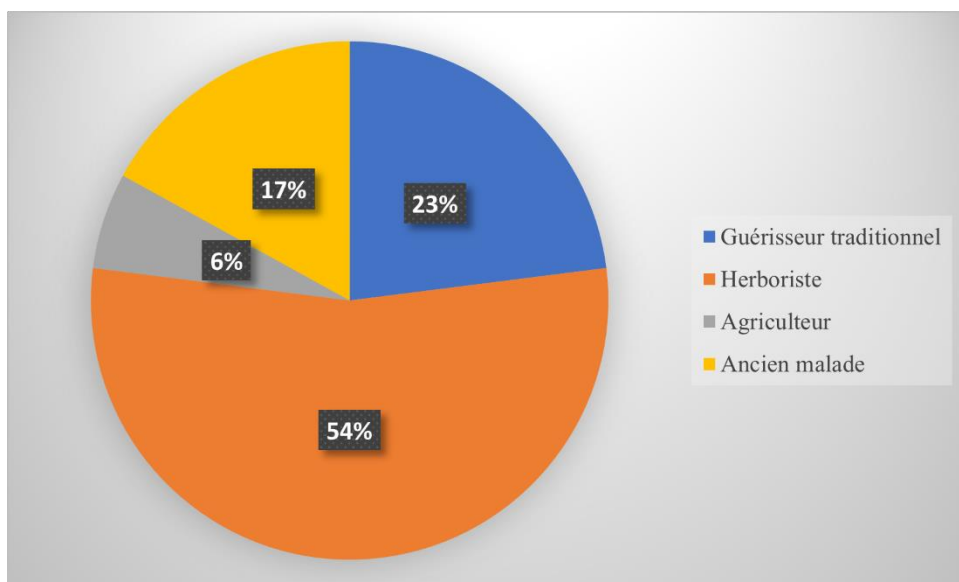


Figure 22 : Répartition selon leur catégorie

II.1.1.4. Répartition des répondants selon le niveau d'instruction

Les résultats de la répartition des participants selon le niveau d'instruction montrent une prédominance de la catégorie ayant un niveau secondaire avec 36%, suivie du niveau universitaire avec 29%, puis du niveau moyen avec 22%. En revanche, les catégories des personnes non instruites et celles ayant un niveau primaire représentent des proportions plus faibles, respectivement 8% et 5%.

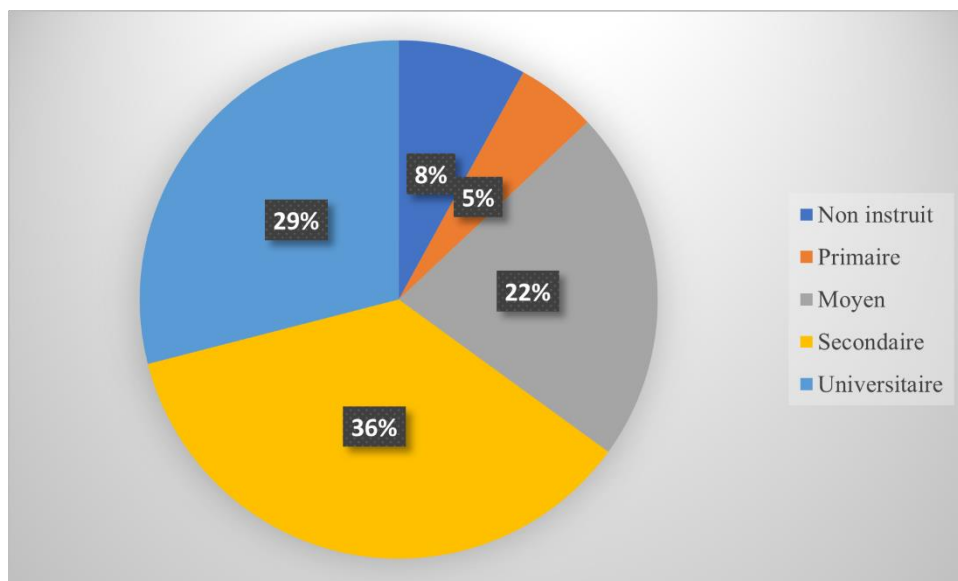


Figure 23 : Répartition selon le niveau d'instruction

II.1.1.5. Répartition des praticiens (herboristes, guérisseur traditionnel et agriculteur) selon les années d'expérience

Les résultats de la répartition des praticiens (herboristes, guérisseurs traditionnels et agriculteurs) selon les années d'expérience révèlent une variation notable entre les trois catégories. La frange disposant d'une expérience de plus de 10 ans représente la proportion la plus élevée avec 46%, suivie de celle ayant entre 5 et 10 ans d'expérience avec 35%, tandis que la catégorie des praticiens ayant moins de 5 ans d'expérience demeure la plus faible avec 19%.

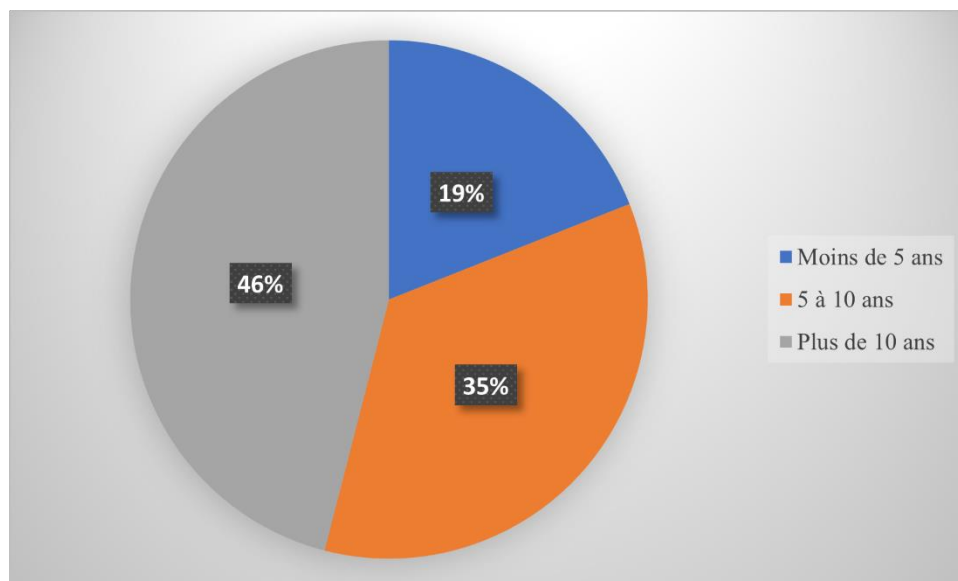


Figure 24 : Répartition selon l'années d'expérience

II.1.1.6. Répartition selon la source de connaissance

Les résultats de la répartition des répondants selon la source de connaissance révèlent que l'héritage familial occupe la première place avec 52%, suivi de la formation traditionnelle avec 18%, puis de l'expérience personnelle avec 15%, tandis que livres et références représentent 13%, la catégorie autre demeurant la plus faible avec 2%.

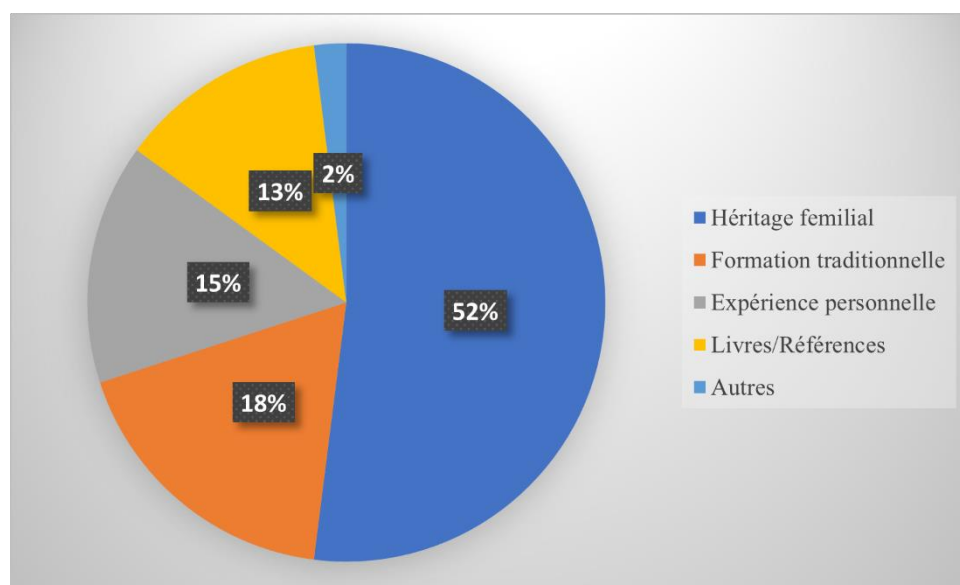


Figure 25 : Répartition selon la source de connaissance

II.1.2. Analyse des données concernant les plantes médicinales utilisées dans le traitement de l'anémie

II.1.2.1. Répartition selon l'utilisation des plantes pour traiter l'anémie

Les résultats révèlent que la quasi-totalité des répondants 97% utilisent des plantes médicinales pour traiter l'anémie, tandis que seulement 3% déclarent ne pas y avoir recours.

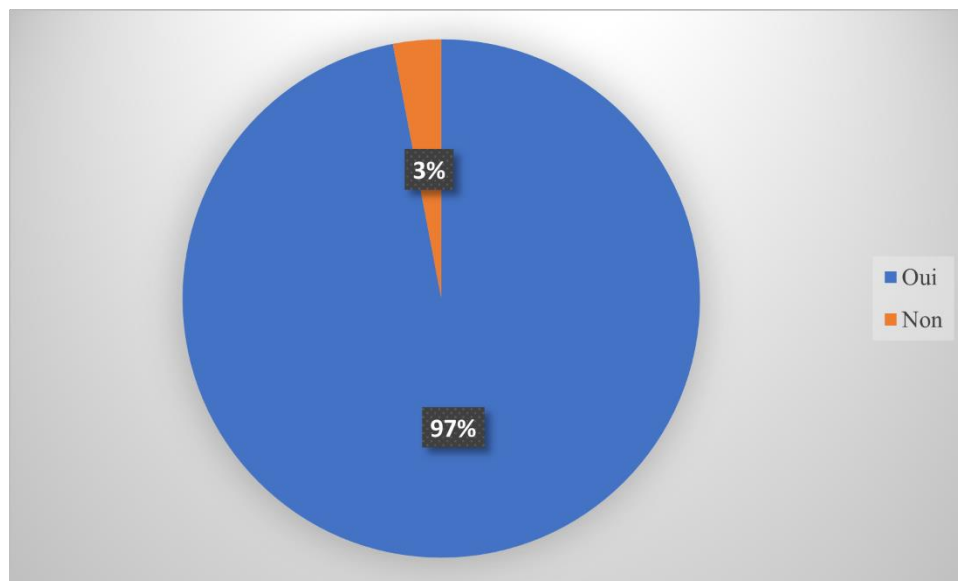


Figure 26 : Répartition selon l'utilisation des plantes pour traiter l'anémie

II.1.2.2. Répartition selon le nombre des plantes utilisées pour traiter l'anémie

Les résultats du graphique montrent que 49% des répondants utilisent deux à trois plantes pour traiter l'anémie, tandis que 38% se limitent à une seule plante. En revanche, seulement 13% déclarent utiliser plus de trois plantes.

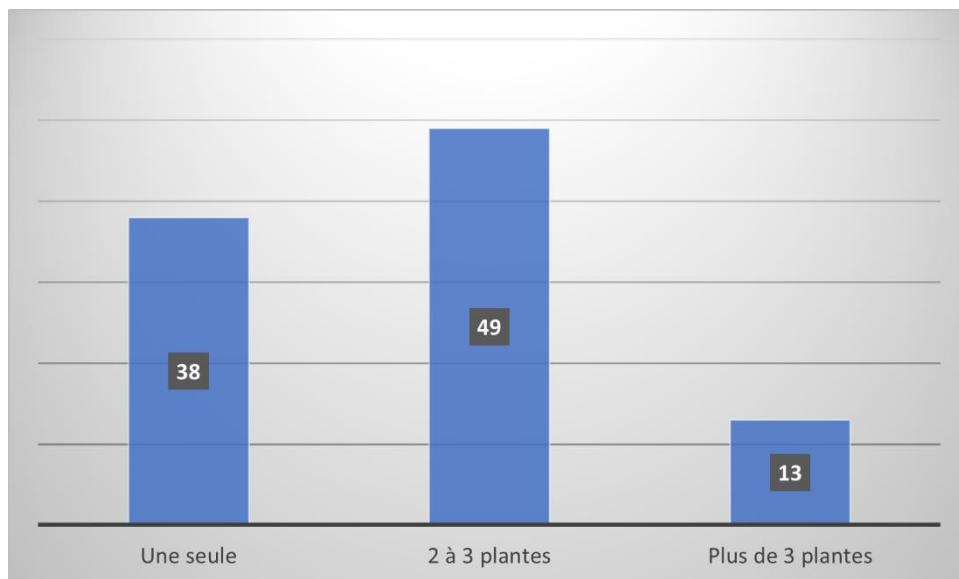


Figure 27 : Répartition selon le nombre des plantes utilisées pour traiter l'anémie

II.1.2.3. Répartition des plantes médicinales utilisées pour traiter l'anémie

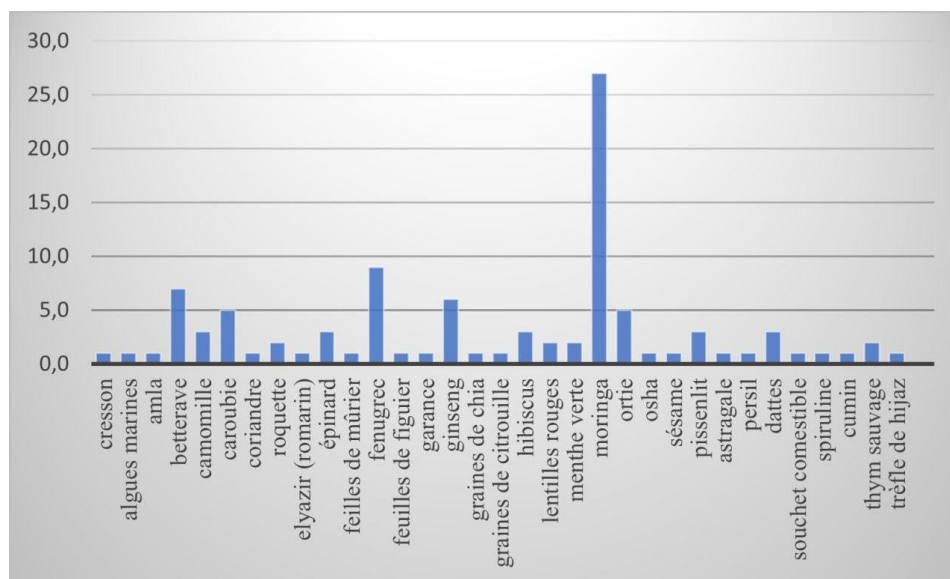


Figure 28 : Répartition des plantes médicinales utilisées pour traiter l'anémie

Tableau 09 : Listes des plantes médicinales recensées et leurs fréquences de citation (FC), fréquences relatives de citation (RFC) et valeurs d'usage (UV).

Nom scientifique	FC	RFC	UV
<i>Lepidium sativum</i> L.	1	0.01	0.01
<i>Ulva lactuca</i> L.	1	0.01	0.01
<i>Phyllanthus emblica</i> L.	1	0.01	0.01
<i>Beta vulgaris</i> L. Subis. vulagris	7	0.07	0.07
<i>Matricaria chamomilla</i> L.	3	0.03	0.03
<i>Ceratonia siliqua</i> L.	5	0.05	0.05
<i>Coriandrum sativum</i> L.	1	0.01	0.01
<i>Eruca sativa</i> L.	2	0.02	0.02
<i>Rosmarinus officinale</i> L.	1	0.01	0.01
<i>Spinacia oleracea</i> L.	3	0.03	0.03
<i>Morus alba</i> L.	1	0.01	0.01
<i>Trigonella foenum-graecum</i> L.	9	0.09	0.09
<i>Ficus carica</i> L.	1	0.01	0.01
<i>Rubia tinctorum</i> L.	1	0.01	0.01
<i>Panax ginseng</i> C.A.Mey.	6	0.06	0.06
<i>Salvia hispanica</i> L.	1	0.01	0.01
<i>Cucurbita pepo</i> L.	1	0.01	0.01
<i>Hibiscus syriacus</i> L.	3	0.03	0.03
<i>Lens culinaris</i> Medik.	2	0.02	0.02
<i>Mentha spicata</i> L.	2	0.02	0.02
<i>Moringa oleifera</i> Lam.	27	0.27	0.27
<i>Urtica dioica</i> L.	5	0.05	0.05

<i>Ligusticum porteri</i> J.M.Coult. & Rose	1	0.01	0.01
<i>Sesamum indicum</i> L.	1	0.01	0.01
<i>Taraxacum officinale</i> F.H.Wigg.	3	0.03	0.03
<i>Astragalus onobrychis</i> L.	1	0.01	0.01
<i>Petroselinum crispum</i> (Mill.) Nyman.	1	0.01	0.01
<i>Phoenix dactylifera</i> L.	3	0.03	0.03
<i>Cyperus esculentus</i> L.	1	0.01	0.01
<i>Arthrospira platensis</i> G.	1	0.01	0.01
<i>Cuminum cyminum</i> L.	1	0.01	0.01
<i>Thymus serpyllum</i> L.	2	0.02	0.02
<i>Medicago sativa</i> L.	1	0.01	0.01

RFC : FC/N

UV : $\Sigma U/N$

(Kefifa *et al.*, 2020)

Note : Les valeurs d'UV sont proches des valeurs de RFC, car un seul usage thérapeutique (traitement de l'anémie) a été considéré dans cette étude.

Tableau 10 : Calcul et valeur de l'indice de consensus des informateurs (ICF)

Domaine d'utilisation	Nombre total de citations d'usage (Nur)	Nombre total d'espèces utilisées (Nt)	ICF
Anémie	100	33	0.68

ICF : $Nur - Nt / (Nur - 1)$

(Kefifa *et al.*, 2020)

II.1.2.4. Répartition selon la source de la plante

Les résultats de l'enquête révèlent que la majorité des plantes médicinales utilisées par la population étudiée sont d'origine cultivées 64%, suivies des plantes sauvages avec 22%, et des plantes importées 14%.

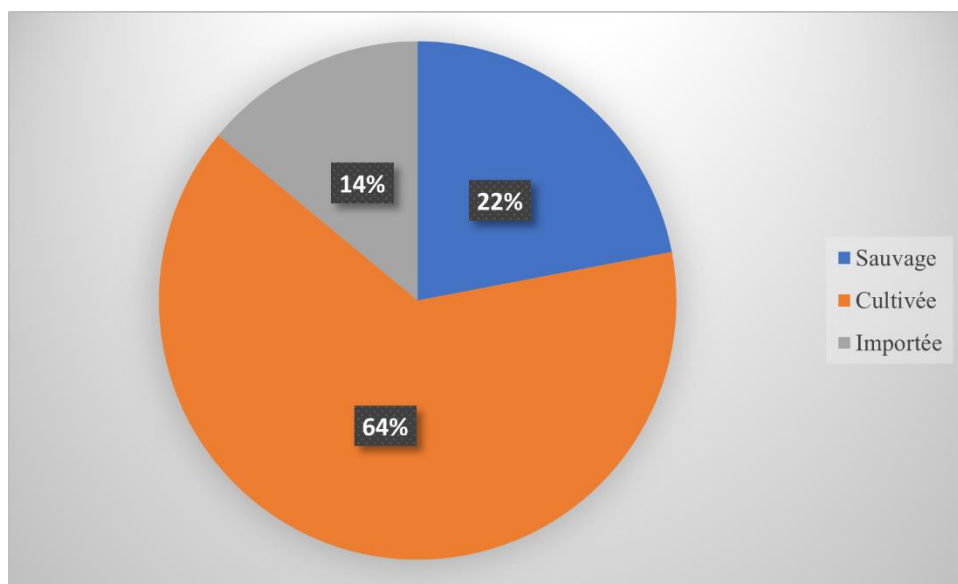


Figure 29 : Répartition selon la source de la plante

II.1.2.5. Répartition selon le temps de récolte

Les résultats de la figure montrent que le printemps représente la période de récolte la plus fréquente avec 48%, suivi de l'été avec 31%, puis de l'automne avec 18%, tandis que l'hiver enregistre la proportion la plus faible avec seulement 3%.

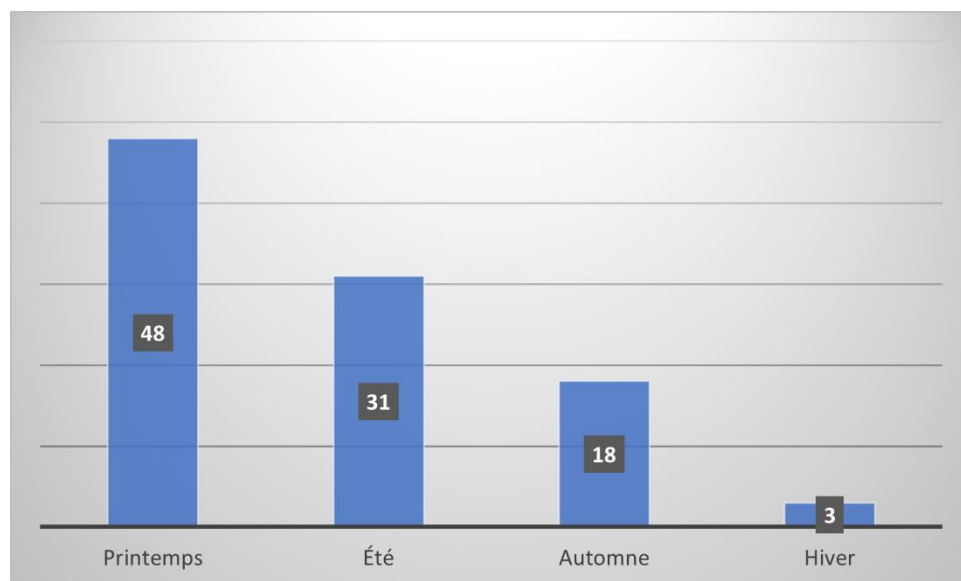


Figure 30 : Répartition selon le temps de récolte

II.1.2.6. Répartition selon la partie utilisée dans la plante

Les résultats de la figure montrent que les feuilles constituent la partie végétale la plus utilisée (51 %), suivies des graines (22 %), de la plante entière (12 %), des racines (9 %), de la tige (4 %) et des parties aériennes (2 %).

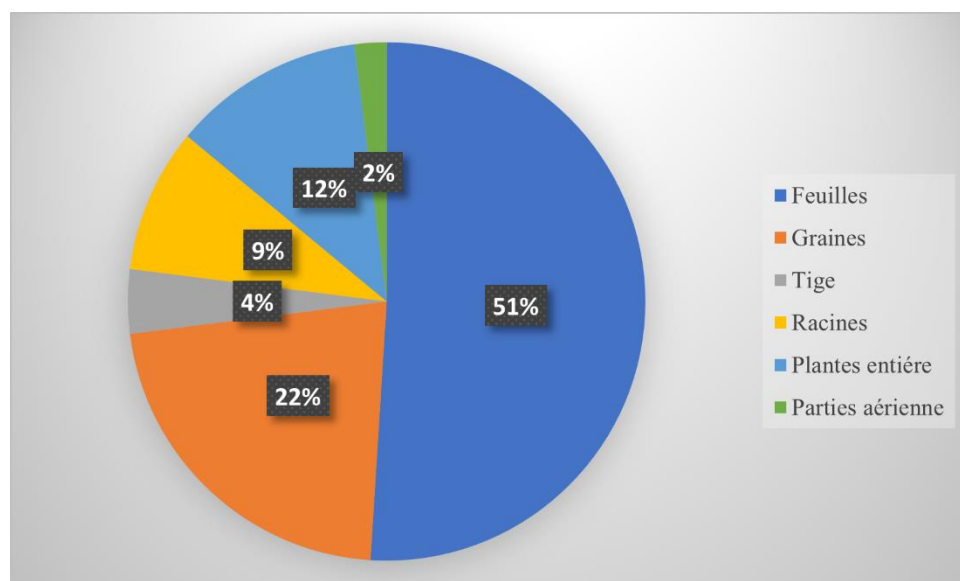


Figure 31 : Répartition selon la partie utilisée dans la plante

II.1.2.7. Répartition selon l'état de la plante lors de l'utilisation

La figure montre que la majorité des personnes interrogées utilisent les plantes médicinales sous forme séchée avec un pourcentage de 73%, tandis que 27% préfèrent les utiliser à l'état frais.

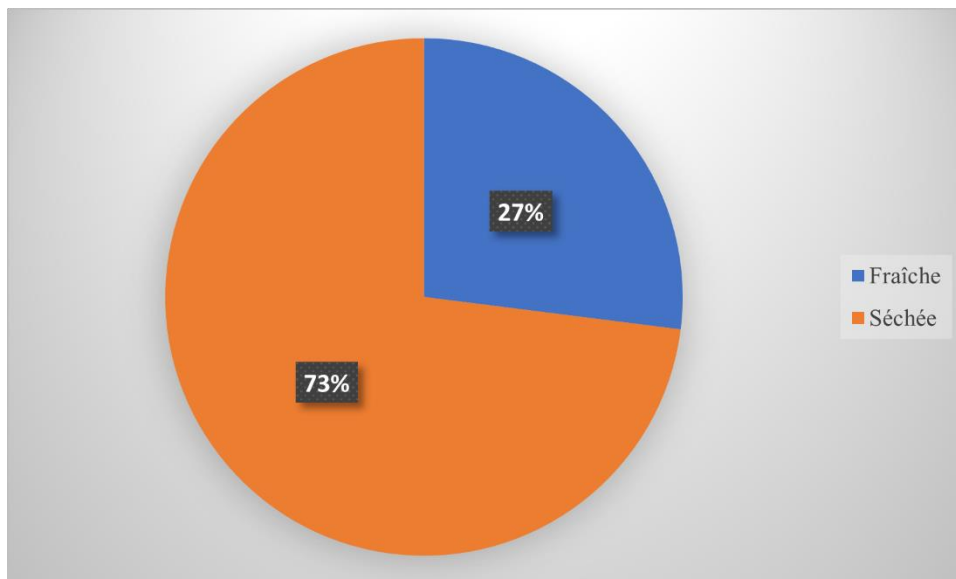


Figure 32 : Répartition selon l'état de la plante lors de l'utilisation.

II.1.2.8. Répartition selon la forme d'utilisation des parties végétales

Les résultats montrent que la forme d'utilisation la plus fréquente de la plante est la poudre avec un pourcentage de 62 %, alors que la partie végétale entière est utilisée par 38 % des enquêtés.

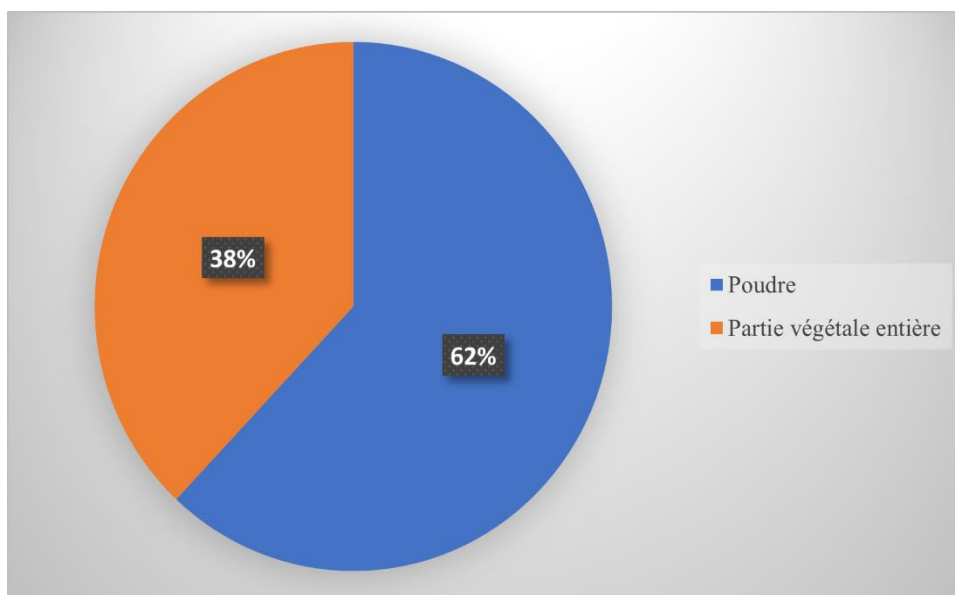


Figure 33 : Répartition selon la forme d'utilisation des parties végétales.

II.1.2.9. Répartition des méthodes de préparation

Les résultats du graphique mettent en évidence la prédominance de la macération froide (48%) dans la préparation des plantes médicinales, suivie de la décoction (35%), puis de l'infusion chaude (7%), tandis que les autres méthodes restent marginales (10%).

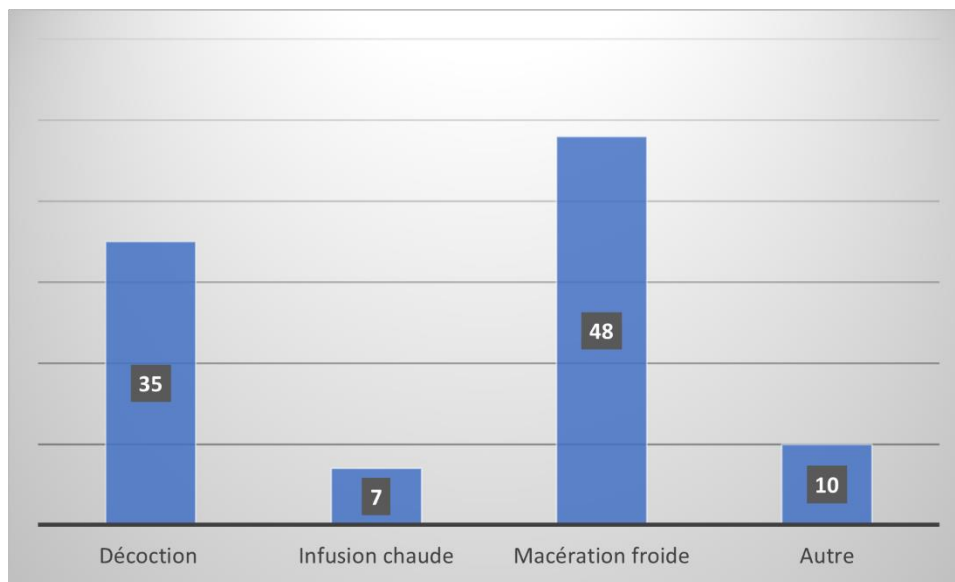


Figure 34 : Répartition des méthodes de préparation.

II.1.2.10. Répartition des doses utilisées des plantes médicinales dans le traitement de l'anémie

Les résultats de la présente étude montrent que 59% des participants utilisent une petite cuillère comme mesure lors de la prise de préparations à base de plantes, contre 22% qui utilisent une grande cuillère et 19% qui déclarent consommer des quantités supérieures.

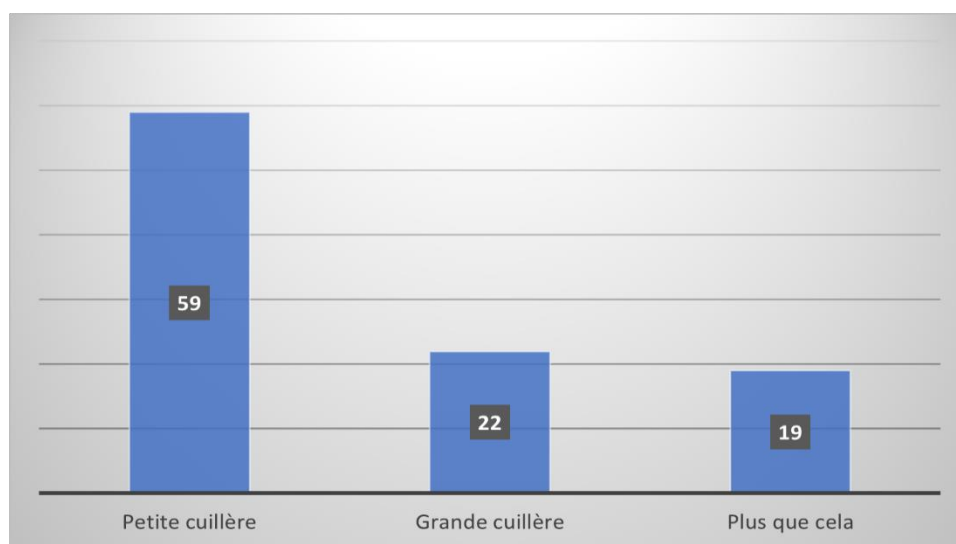


Figure 35 : répartition des doses utilisées des plantes médicinales

II.1.2.10. Répartition de la durée d'utilisation des plantes médicinales dans le traitement de l'anémie

La figure montre que 51 % des participants utilisent les plantes médicinales pendant un mois, suivis de 20 % qui les utilisent pendant une durée supérieure à un mois. Par ailleurs, 11 % des répondants déclarent une utilisation d'une semaine, tandis que 9 % les utilisent pendant un jour et 9 % pendant quelques jours.

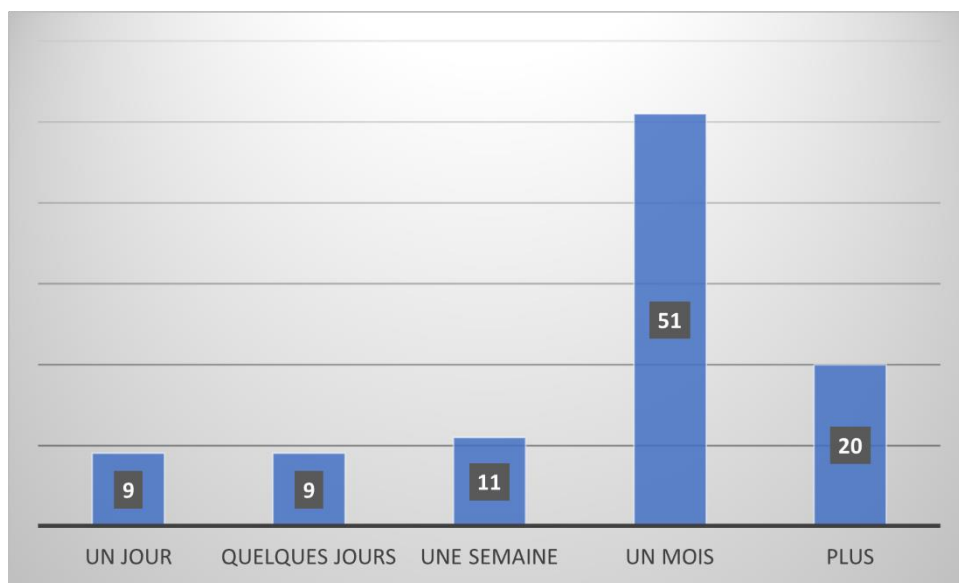


Figure 36 : Répartition de la durée d'utilisation des plantes médicinales

II.1.2.11. Perception de l'efficacité des plantes médicinales dans le traitement de l'anémie

Les résultats de l'étude montrent que 91% des participants considèrent que les plantes médicinales sont efficaces dans le traitement de l'anémie, contre 7% qui estiment qu'elles sont parfois efficaces et 2% qui les jugent inefficaces

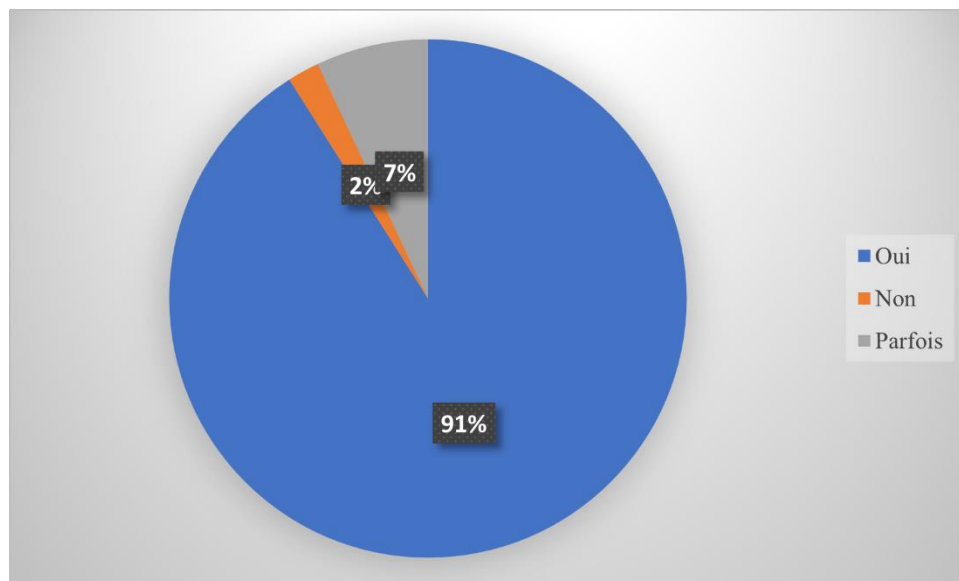


Figure 37 : Répartition de l'efficacité perçue des plantes médicinales contre l'anémie

II.1.2.12. Fréquence des effets secondaires observés lors de l'utilisation des plantes médicinales

Les résultats de la présente étude révèlent que 65% des participants n'ont signalé aucun effet secondaire suite à l'utilisation des plantes médicinales, contre seulement 35% qui en ont observée.

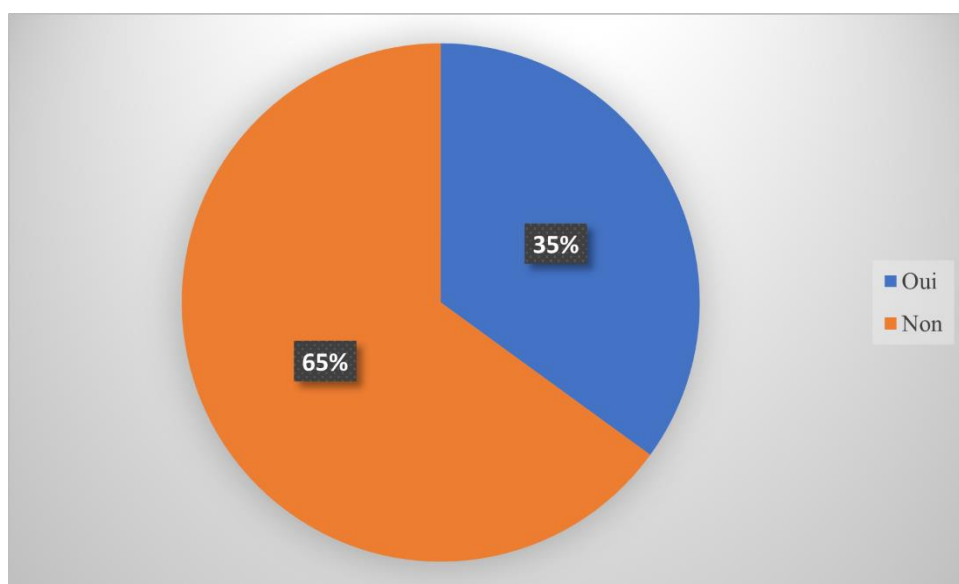


Figure 38 : Répartition des effets secondaires liées aux plantes médicinales

II.1.2.13. Recommandation de l'utilisation des plantes médicinales chez l'enfant

Les résultats présentés dans le diagramme circulaire indiquent que 63% des participants recommandent l'utilisation des plantes médicinales chez les enfants, tandis que 37% y sont opposés.

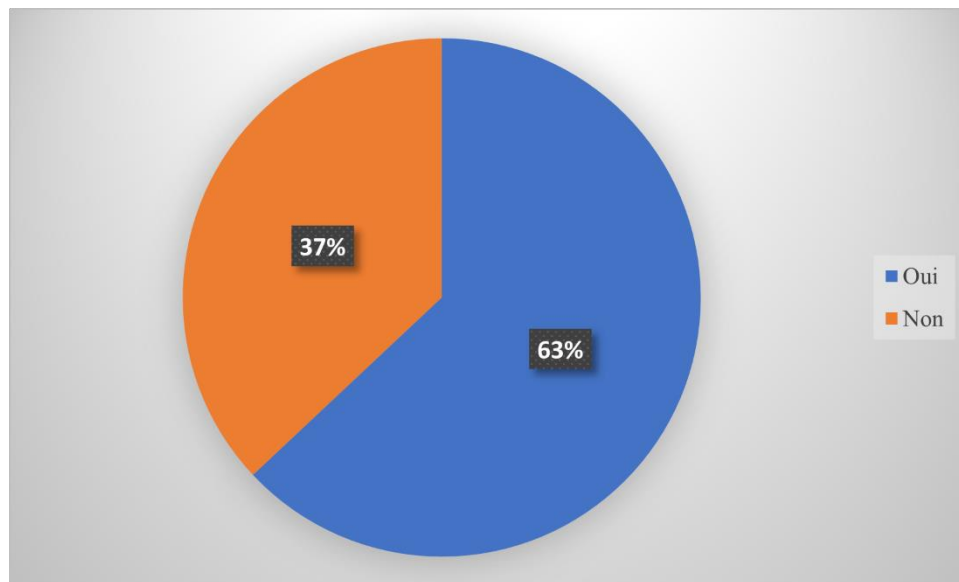


Figure 39 : Recommandation de l'utilisation des plantes médicinales chez l'enfant

II.1.2.14. Recommandation de l'utilisation des plantes médicinales chez les femmes enceintes

Les résultats de cette étude montrent que la majorité des participants 63% ne recommandent pas l'utilisation des plantes médicinales chez les femmes enceintes, contre 37% qui soutiennent leur usage.

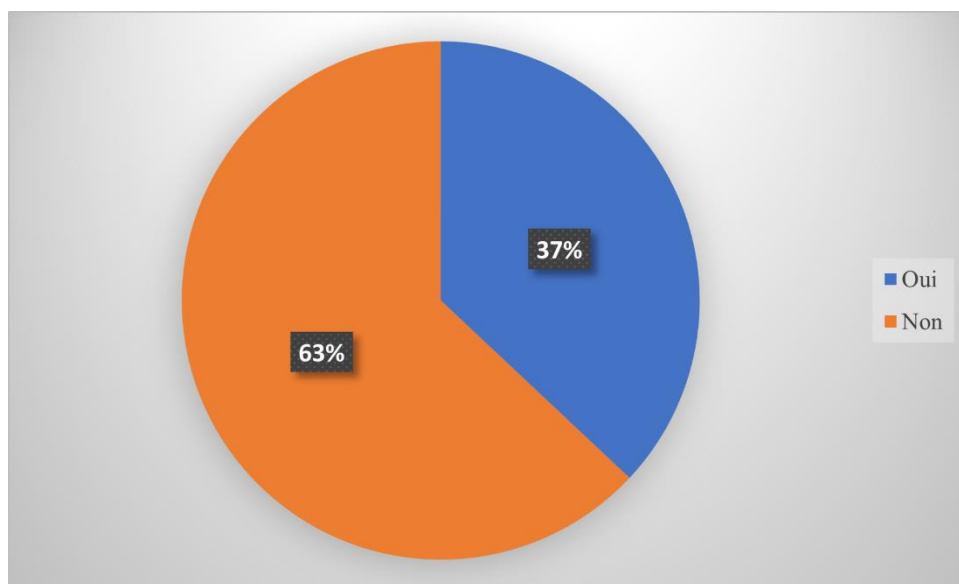


Figure 40 : Recommandation de l'utilisation des plantes médicinales chez les femmes enceintes

II.1.2.15. Recommandation de la réalisation d'analyses sanguines avant le traitement

Les résultats de l'étude montrent qu'une grande majorité des participants 91% recommandent de réaliser des analyses sanguines avant l'utilisation des plantes médicinales.

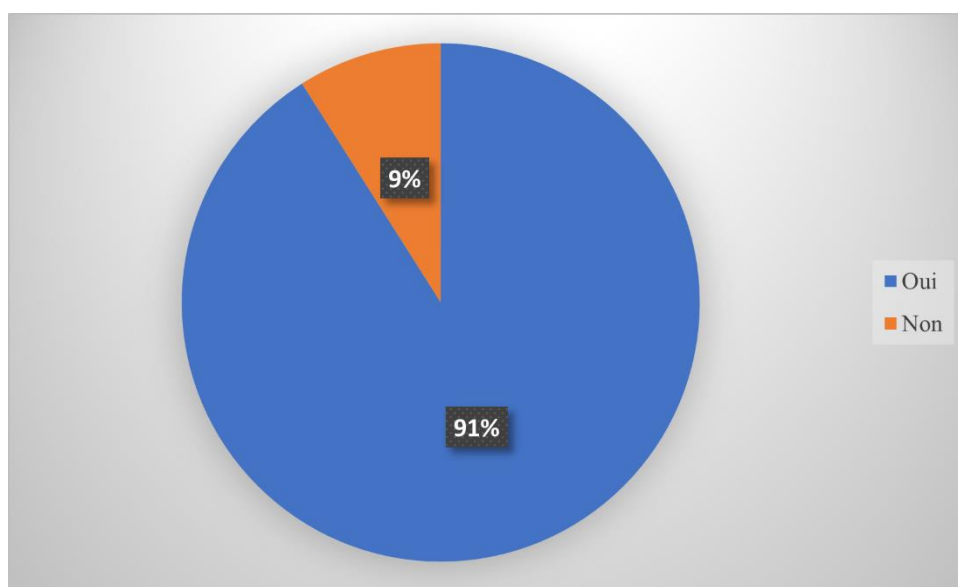


Figure 41 : Recommandation de la réalisation d'analyses sanguines avant le traitement

II.1.2.16. Intégration des plantes médicinales dans la médecine moderne

Les résultats de cette étude montrent que la majorité des participants 83% sont favorables à l'intégration des plantes médicinales avec la médecine moderne, contre 17% qui s'y opposent.

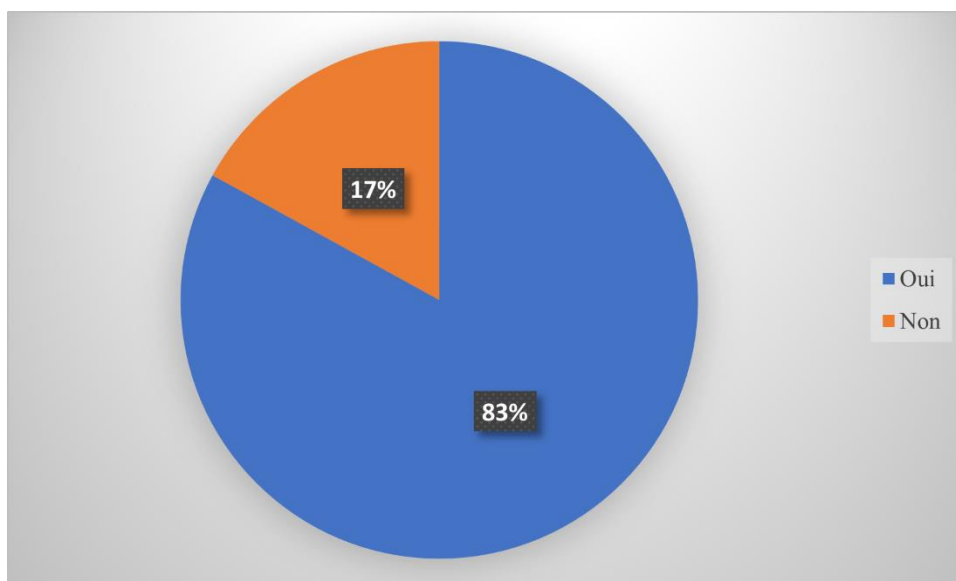


Figure 42 : Intégration des plantes médicinales dans la médecine moderne

Tableau 11 : Résultats du test du Chi-deux de Pearson entre les variables étudiées.

Variables étudiées	X ² de pearson	ddi	p-value	Interprétation
Source de connaissance × catégorie d'âge	39,397	12	<0,001	Association statistiquement significative
Efficacité de la plante × mode de préparation	29,227	6	<0,001	Association statistiquement significative
État de la plante × efficacité de la plante	8,118	2	0,017	Association statistiquement significative

II.1.2. Etude phytochimique

II.1.2.1. Rendement d'extraction

Le rendement a été déterminé à partir le poids de l'extrait par rapport au poids initial de la plante, et le résultat est présenté dans le tableau. Le résultat obtenu pour l'extrait brut de *Moringa oleifera* (35.31%).

Tableau 12 : Rendement d'extrait aqueux des feuilles de *Moringa oleifera*.

Espèce	Rendement (%)
<i>Moringa oleifera</i>	35.31

II.1.2.2. Screening phytochimique

Le screening phytochimique a été réalisé sur les feuilles de *Moringa oleifera* à l'aide des réactifs spécifique basés sur des réactions de précipitation et de turbidité ou un changement de couleur spécifique. les résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant :

Tableau 13 : Résultats du screening phytochimique d'extrait des feuilles de *Moringa oleifera*

Test Phytochimiques	<i>Moringa oleifera</i>
Flavonoïdes	+
Polyphénols	+
Saponines	+
Alcaloïdes	+
Terpènes	-
Stéroïdes	-
+ : Présence / - : Absence	

II.1.3. Analyse quantitative

II.1.3.1. Teneur des polyphénols totaux

La teneur totale en polyphénols de l'extrait de *Moringa oleifera* a été déterminée par spectrophotométrie en utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu. La quantification a été réalisée à partir d'une courbe d'étalonnage établie avec l'acide gallique comme standard. Les résultats ont été exprimé en microgrammes d'équivalent d'acide gallique par milligramme d'extrait ($\mu\text{g EAG/mg}$ d'extrait).

Tableau 14 : Teneur en polyphénols totaux de l'extrait de *Moringa oleifera*

Espèce	Teneur des polyphénols totaux (μg EAG/mg d'extrait)
<i>Moringa oleifera</i>	31,29 $\pm$ 0,36

II.1.3.2. Teneur des flavonoïdes

La teneur en flavonoïdes de l'extrait de *Moringa oleifera* a été déterminée par la méthode spectrophotométrique au chlorure d'aluminium. La quantification a été réalisée à partir d'une courbe d'étalonnage établie avec la quercétine comme standard. Les résultats ont été exprimé en microgrammes d'équivalent de quercétine par milligramme d'extrait ($\mu\text{g EQ/mg d'extrait}$).

Tableau 15 : Teneur en flavonoïdes totaux de l'extrait de *Moringa oleifera*.

Espèce	Teneur des flavonoïdes ($\mu\text{g EQ/mg d'extrait}$)
<i>Moringa oleifera</i>	10,56 $\pm$ 0,04

II.1.4. Activité antioxydante**II.1.4.1. Test du piégeage du radical libre (DPPH)**

L'activité antioxydante de l'extrait aqueux de *Moringa oleifera* a été évaluée par le test de piégeage du radical libre DPPH, l'une des méthodes les plus utilisées pour déterminer la capacité des composés végétaux à donner des électrons ou des atomes d'hydrogène afin de neutraliser les radicaux libres. Dans cette expérience, l'acide ascorbique a été utilisé comme standard de référence. Les résultats ont été exprimés en pourcentage d'inhibition (%) et la valeur de l'IC₅₀ a été calculée. Cette dernière correspond à la concentration nécessaire pour inhiber 50 % du radical DPPH dans l'intervalle des concentrations utilisées au cours de l'essai. Plus la valeur de l'IC₅₀ est faible par rapport aux concentrations étudiées, plus l'activité antioxydante est importante.

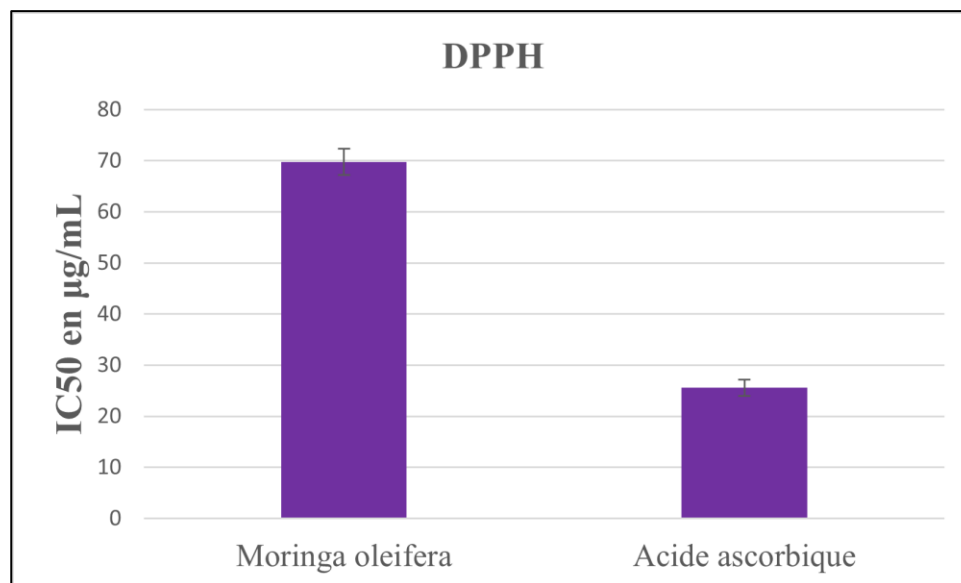


Figure 43 : Valeur IC50 de *Moringa oleifera* et acide ascorbique

Ces résultats révèlent que l'acide ascorbique montre un effet antioxydant significativement important avec une IC50 $25,58 \pm 1,6$ µg/mL en comparaison avec *Moringa oleifera* IC50 $69,8 \pm 2,58$ µg/mL.

II.1.4.2. Test de réduction de fer

Le test FRAP a permis d'évaluer la capacité antioxydante de l'extrait aqueux de *Moringa oleifera* à inhiber l'initiation des réactions radicalaires par les ions métalliques. L'absorbance a été mesurée à 750 nm et les résultats ont été exprimés en µg équivalent d'acide ascorbique par mg d'extrait (µg EAA/mg ES). Les résultats obtenus montrent que l'extrait présente un pouvoir réducteur notable, avec une valeur de $84,47 \pm 4,87$ µg EAA/mg ES.

II.1.4.3. Test de pouvoir réducteur du phosphomolybdate

Le test de phosphomolybdate est une méthode directe utilisée pour évaluer la capacité antioxydante des composés non enzymatiques. Les résultats ont été exprimés en µg équivalent d'acide ascorbique par mg d'extrait (µg EAA/mg ES), en se basant sur la courbe d'étalonnage de l'acide ascorbique utilisée comme référence. L'extrait aqueux de *Moringa oleifera* a présenté une capacité antioxydante notable, avec une valeur de $66,87 \pm 0,370$ µg EAA/mg ES.

II.1.5. Analyse minérale

II.1.5.1. Dosage de fer

Le fer est l'un des éléments minéraux essentiels nécessaires à de nombreuses fonctions biologiques de l'organisme, notamment la formation de l'hémoglobine et le transport de l'oxygène. Les feuilles de *Moringa oleifera* se distinguent par leur richesse en fer, ce qui leur confère une grande importance nutritionnelle et sanitaire. Ainsi, la teneur en fer de l'extrait aqueux des feuilles de *Moringa oleifera*, préparé par macération, a été déterminée par une méthode colorimétrique spectrophotométrique.

Tableau 16 : Teneur en fer de l'extrait aqueux de *Moringa oleifera*

Espèce	Teneur ($\mu\text{g Fe /mg de matière sèche}$)
<i>Moringa oleifera</i>	53,2 $\pm$ 0,7

II.1.6. Évaluation biologique

II.1.6.1. Test de fragilité osmotique des érythrocytes (Hémolyse érythrocytaire)

L'activité stabilisatrice de la membrane érythrocytaire de l'extrait aqueux des feuilles de *Moringa oleifera* a été évaluée par le test d'inhibition de l'hémolyse, afin d'estimer la capacité de l'extrait à protéger les membranes des globules rouges contre la lyse. Les résultats ont été exprimés en pourcentage d'inhibition de l'hémolyse (% inhibition of hemolysis), où des valeurs élevées indiquent une meilleure efficacité dans la stabilisation et la protection membranaire.

Tableau 17 : Pourcentage d'inhibition de l'hémolyse des érythrocytes par l'extrait aqueux de *Moringa oleifera* à différentes concentrations.

Concentration de NaCl (g/L)	% d'inhibition de l'hémolyse (0,625mg/mL) ±SD	% d'inhibition de l'hémolyse (1,25mg/mL) ±SD
1	4,74±0,004	3,57±0,001
2	8,61±0,001	5,07±0,001
3	15,48±0,001	9,53±0,003
4	24,95±0,003	16,49±0,002
5	37,21±0,002	36,22±0,002
5,5	48,54±0,002	33,89±0,001
6	50,42±0,001	38,05±0,001
7	54,38±0,001	41,90±0,001
9	56,00±0,001	44,00±0,001

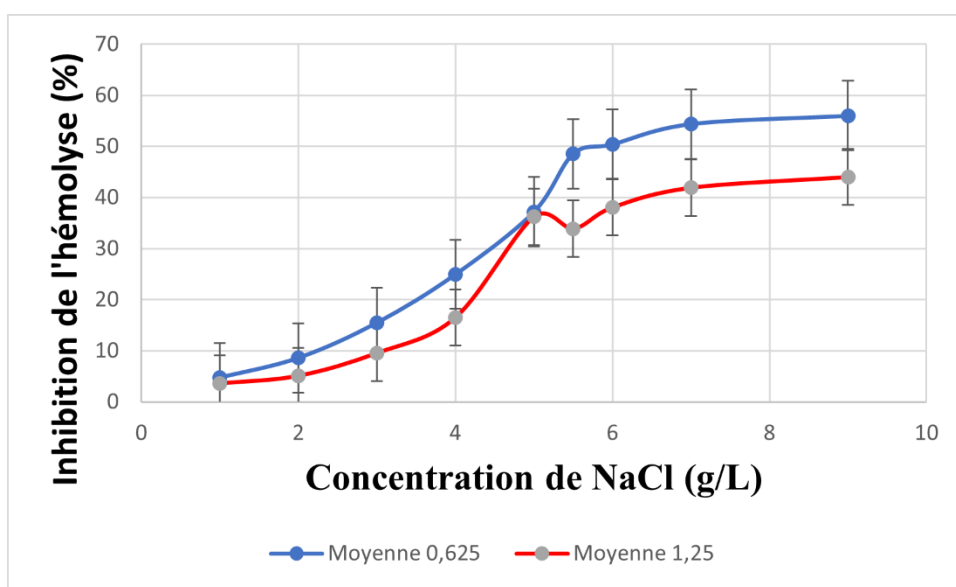


Figure 44 : Effet protecteur de l'extrait aqueux de *Moringa oleifera* contre l'hémolyse érythrocytaire à différentes concentrations de NaCl.

Les résultats sont exprimés en moyenne ± écart-type.

II.2. Discussion

Cette étude a permis d'identifier et de recueillir des informations sur les plantes médicinales utilisées par les habitants de la wilaya de Tougourt pour traiter l'anémie.

Après avoir mené une enquête ethnobotanique dans cette région, Il a été constaté que les plantes médicinales sont largement utilisées pour traiter l'anémie. Trente-trois plantes médicinales appartenant à 21 familles botaniques, *M.o* était l'espèce la plus représentée (27 %) parmi les espèces utilisées pour traiter l'anémie.

Selon l'enquête, les hommes étaient les plus nombreux à utiliser des plantes médicinales. Ce résultat ne reflète pas nécessairement une prédominance masculine dans l'échantillon, mais peut s'expliquer par les méthodes de collecte des données, car la méthode de sélection des participants influence la représentation des groupes au sein de l'étude (**Etikan *et al.*, 2016**). Ce résultat contredit une étude suggérant que les femmes utilisent plus fréquemment les plantes médicinales (**Fagbohoun *et al.*, 2022**), en raison de leur plus grande susceptibilité à l'anémie. Les personnes âgées de 20 à 40 ans possédaient de meilleures connaissances sur les plantes médicinales que les autres groupes d'âge, en raison de leurs savoirs et pratiques traditionnelles dans ce domaine (**Hammadi *et al.*, 2015**). De même, une autre étude menée à Meknès, au Maroc, a indiqué que l'utilisation et la connaissance des plantes sont plus répandues chez les adultes (**Moussaoui *et al.*, 2014**).

L'acquisition de ces connaissances requiert de nombreuses années de formation (**Achour *et al.*, 2022**), la majorité des participants à l'étude possédant une expérience de plus de 13 ans dans ce domaine. Cela reflète la nature progressive de l'acquisition des connaissances dans ce domaine. Cette expertise se transmet principalement de génération en génération au sein des familles. Ce constat rejoint les résultats de l'étude de Melkamu dans la région de Wonchi en Éthiopie, qui a montré que les participants acquéraient leurs connaissances principalement grâce aux traditions familiales et sociales visant à préserver les pratiques médicinales (**Melkamu, 2021**). Ces résultats concordent avec ceux obtenus dans la réserve de biosphère orientale du Liban, qui ont conclu que le patrimoine ancestral constitue la principale source de connaissances (**Hani *et al.*, 2022**). Selon le niveau d'instruction, les personnes ayant un niveau d'études secondaires étaient les plus représentées, avec un taux d'utilisation de 45 %. Cela suggère que ces individus ont également recours aux remèdes traditionnels pour traiter l'anémie. Ces résultats sont cohérents avec une étude menée dans le nord-ouest de l'Algérie, qui a montré que les personnes ayant un niveau d'études

secondaires constituent la majorité de celles qui possèdent des connaissances et des pratiques traditionnelles liées aux plantes médicinales (**Krelifl Otsmane et al., 2026**).

D'après les résultats, la plupart des plantes mentionnées étaient cultivées, car les conditions agricoles favorisent une meilleure teneur en métabolites secondaires (**Ncube et al., 2012**). La plupart étaient utilisées se forme séchées, ce qui correspond aux conclusions de (**Mehrdad Babarabie et al., 2025**), qui ont démontré que le séchage est une étape post-récolte essentielle pour préserver la qualité des plantes médicinales et maintenir la stabilité des composés bioactifs, tout en minimisant les altérations microbiennes, notamment celles présentes dans les feuilles. Les feuilles constituent l'organe végétal le plus utilisé, comme l'ont noté (**Baziz et al., 2020**) dans la région des Aurès, où elles sont considérées comme la partie la plus importante car elles contiennent la majorité des composés actifs.

La plupart des plantes utilisées étaient sous forme de poudre. Ce résultat concorde avec les résultats de (**Alsaud et al., 2020**), qui ont démontré que la poudre est plus efficace pour l'extraction des composés bioactifs. Ce constat est lié à la méthode de préparation, puisque la macération à froid était la méthode la plus fréquemment utilisée (48 %). Cela reflète une logique scientifique liée à l'efficacité de l'extraction, car la macération à froid contribue à préserver un large éventail de métabolites actifs. Dans ce contexte, (**Ojong et al., 2026**) ont montré que l'extraction réalisée dans des conditions non thermiques est significativement plus efficace que les méthodes thermiques. Une efficacité thérapeutique des plantes médicinales a également été mise en évidence, comme l'ont confirmé (**Jeong et al., 2024**). Cette efficacité a été observée chez les participants ayant utilisé le traitement pendant une durée d'un mois. (**Bennour et al., 2025**) ont confirmé une amélioration progressive du taux d'hémoglobine après quatre semaines. Selon les résultats du questionnaire, certains effets secondaires ont été rapportés, ce qui concorde avec les travaux de (**Bent, 2008**), renforçant ainsi l'hypothèse de l'insécurité de certaines plantes médicinales pendant la grossesse. Ces résultats sont également en accord avec l'étude de (**Bruno et al., 2018**), qui ont montré que ces plantes contiennent des composés chimiques bioactifs susceptibles d'exercer des effets toxiques et tératogènes sur le développement embryonnaire.

Elles semblent également sans danger pour les enfants, selon (**Lanski et al., 2003**), sous la surveillance et avec la prudence des parents.

Bien qu'elles soient généralement considérées comme sûres, des analyses médicales restent nécessaires, comme l'a confirmé l'OMS (2000). Ces analyses visent à évaluer les paramètres

biologiques avant tout traitement afin d'établir des valeurs de référence. D'après l'ensemble des résultats de cette étude, environ 83 % des participants estiment que les plantes médicinales peuvent être intégrées à la médecine conventionnelle. Ces résultats concordent avec le rapport de **(OMS, 2019)**, qui souligne le recours croissant à la médecine traditionnelle dans le monde ainsi que son intégration dans les systèmes de santé. Toutes ces données reflètent une nette tendance à adopter la médecine traditionnelle pour améliorer la qualité des soins de santé, notamment dans le traitement de nombreuses maladies, en particulier l'anémie.

L'interprétation comparative des résultats de cette étude avec ceux rapportés dans la littérature scientifique demeure complexe, en raison de la variabilité induite par plusieurs facteurs méthodologiques et expérimentaux, notamment l'origine géographique des échantillons, le type de solvant utilisé ainsi que les méthodes de préparation, d'extraction et d'analyse. Ces paramètres influencent directement la teneur en polyphénols et en flavonoïdes et, par conséquent, l'activité antioxydante de la plante **(Bouterfas et al., 2016)**.

La présente d'étude a permis d'évaluer la composition phytochimique de *Moringa oleifera*. Les analyses chimiques réalisées à l'aide de différents réactifs ont révélé la présence de plusieurs métabolites secondaires dans les feuilles, notamment des polyphénols, des flavonoïdes, des saponines et des alcaloïdes. En revanche, l'absence des stéroïdes et des terpènes. Des résultats similaires ont été rapportés par **(Ettejere et al., 2015)** et **(Saidi et al., 2021)**, qui ont également mis en évidence la présence de ces composés (polyphénols, flavonoïdes, saponines et alcaloïdes) dans les feuilles de *Moringa oleifera*. Toutefois, une divergence a été observée concernant les terpènes et les stéroïdes **(Ettejere et al., 2015)** et **(Muhammed et al., 2022)** ont signalé leur présence, tandis que **(Saidi et al., 2021)** ont confirmé leur absence, ce qui concorde avec les résultats obtenus suggérant une absence de ces composés.

Le rendement d'extraction de l'extrait aqueux des feuilles de *M.o* a également été évalué. Les résultats ont montré un rendement relativement élevé de 35,31 %, ce qui pourrait refléter la richesse de la plante en composés hydrosolubles. Ce résultat est globalement cohérent avec l'étude de **(Herman et al., 2024)**, qui a indiqué que les extraits aqueux de *M.o* présentent un rendement important grâce à leur richesse en composés polaires tels que les polyphénols, les flavonoïdes et les saponines.

Les composés phénoliques suscitent un intérêt considérable dans les études récentes en raison de leur rôle important en tant que métabolites secondaires dotés d'une forte activité

antioxydante. Parmi eux, les flavonoïdes constituent l'un des groupes de composés naturels les plus abondants et les plus diversifiés et sont considérés comme parmi les phénols naturels les plus importants (**Shahidi et Ambigaipalan, 2015**).

La teneur en polyphénols de l'extrait de *Moringa oleifera* a été estimée à $31,26 \pm 0,36$ µg EAG/mg, tandis que la teneur en flavonoïdes était de $10,56 \pm 0,04$ µg EQ/mg. Ces valeurs diffèrent de celles rapportées par (**Braham et al., 2019**), qui ont obtenu une teneur en polyphénols de 14 ± 1 µg EAG/mg et une teneur en flavonoïdes de $3,71 \pm 0,02$ µg EQ/mg. Par ailleurs, l'étude de (**Moyo et al., 2012**) a mis en évidence une teneur modérée en flavonoïdes atteignant $5,40 \pm 0,47$ µg EQ/mg.

L'extrait aqueux, préparé par macération, a présenté une activité antioxydante par le test DPPH intéressante avec une IC50 de $69,8 \pm 2,58$ µg/ml. Une étude récente a montré qu'un extrait aqueux de feuilles de *Moringa oleifera*, préparé selon la même méthode, présentait une activité antioxydante avec une IC50 de 51,00 µg/ml (**Torres de Oliveira et al., 2025**), valeur proche de celle obtenue dans cette étude. Cependant, (**Riskianto et al., 2021**) ont rapporté que les extraits éthanoliques des feuilles de *Moringa oleifera* possèdent une capacité de piégeage des radicaux libres légèrement supérieure à celle de l'extrait étudié, avec une IC50 de 50,595 µg/ml.

Concernant les résultats du test FRAP, la valeur enregistrée pour *Moringa oleifera* était de $84,47 \pm 4,87$ µg EAA/mg, légèrement inférieure à celle rapportée par **Mohammed et al. (2022)**, qui était de $124,16 \pm 0,6$ µg EAA/mg. En revanche, les résultats du test phosphomolybdate (PPM) ont montré une de $66,87 \pm 0,370$ µg EAA/mg, légèrement supérieure à celle obtenue par (**Mohammed et al., 2022**), qui était de $56,35 \pm 0,29$ µg EAA/mg.

L'extrait aqueux de feuilles de *Moringa oleifera* préparé par macération a révélé une teneur significative en fer, estimée à $53,2 \pm 0,7$ µg Fe/mg. Ce résultat est en accord avec plusieurs études ayant confirmé la richesse des feuilles de *M.o* en fer et en autres minéraux. (**Khoja et al., 2021**) l'ont également noté. D'autres chercheurs ont constaté que la poudre de feuilles de *M.o* présentait une teneur élevée en fer estimée à 85,44 mg/100 g. (**Milla et al., 2021**) ont rapporté que la teneur en fer des feuilles de *M.o* séchées variait de 27,8 à 38 mg/100 g de matière sèche, confirmant ainsi la haute valeur nutritionnelle de cette plante en tant que source importante de fer. (**Mawouma et al., 2024**) ont également détecté du fer dans les extraits aqueux de feuilles de *M.o* à des concentrations variables selon la méthode d'extraction et les conditions expérimentales. Ces différences peuvent s'expliquer par plusieurs facteurs méthodologiques, notamment la méthode

d'extraction, la nature de l'échantillon étudié (poudre ou extrait végétal), ainsi que les différences de méthodologie et d'unités de mesure.

Les résultats du test d'hémolyse ont montré que l'extrait aqueux de feuilles de *M.o* possède une capacité à stabiliser les membranes des globules rouges et à réduire leur dégradation, indiquant ainsi qu'une activité protectrice contre le stress oxydatif. Ces résultats concordent avec ceux d'une étude menée sur huit autres extraits de plantes médicinales utilisant le même test d'hémolyse. Dans la présente étude, le taux d'inhibition le plus élevé a été enregistré à la concentration de 0,625 mg/mL, avec une valeur de $56,00 \pm 0,001 \%$, contre $44,00 \pm 0,001 \%$ à 1,25 mg/ml. Il a également été observé que des concentrations plus faibles induisaient parfois une inhibition plus importante que des concentrations plus élevées, une observation cohérente avec celles rapportées dans la littérature et potentiellement attribuable à la saturation ou à l'interaction de certains composés actifs à fortes concentrations (**Kplé et al., 2023**). Une autre étude sur *M.o* a corroboré ces résultats, montrant une inhibition de l'hémolyse de $88,13 \pm 0,13 \%$ dans la fraction aqueuse et de $94,33 \pm 0,13 \%$ dans l'extrait méthanolique, confirmant ainsi la capacité du *M.o* à protéger les membranes des globules rouges. Cependant, cette étude a utilisé une fraction aqueuse obtenue par extraction au méthanol suivi d'un fractionnement par solvant, différente de l'extrait aqueux préparé par macération. Cela pourrait expliquer les différences observées entre les deux études (**Saleem et al., 2020**).

Une étude menée sur un extrait aqueux à chaud de feuilles de *M.o* a également démontré un effet protecteur contre l'hémolyse induite par le stress oxydatif. Les chercheurs ont attribué cet effet à la richesse des feuilles en composé phénolique et en flavonoïdes à activité antioxydante (**Sarkar et al., 2017**).

Bien que la teneur en vitamine C (acide ascorbique) n'ait pas été mesurée expérimentalement dans cette étude, en raison de l'absence de conditions analytiques appropriées, des études expérimentales confirment la présence de ce composé dans les feuilles de *Moringa oleifera*. Une étude utilisant la chromatographie liquide à haute performance (HPLC) a montré que la teneur en vitamine C des feuilles de *M.o* variait de 62,66 mg/100 g à 150,15 mg/100 g, selon la partie de la plante, les conditions de culture et les méthodes d'analyse (**Shahin et al., 2015**).

Une autre étude utilisant le titrage à l'iode a démontré que la vitamine C peut être extraite et quantifiée dans des extraits de feuilles fraîches, confirmant ainsi sa présence dans l'extrait aqueux (**Sarah et al., 2018**). On outre une étude menée sur des adolescentes et des femmes

enceintes souffrant d'anémie a montré que l'extrait de moringa contient de grandes quantités de vitamine C et de fer non héminique. La vitamine C joue un rôle crucial dans l'amélioration de l'absorption du fer non héminique, qui se trouve souvent sous forme ferrique (Fe^{3+}) peu absorbable. La vitamine C le réduit en fer ferreux (Fe^{2+}) facilement absorbable, et à travers les cellules de la muqueuse intestinale, ce dernier se lie à l'apoferritine pour former la ferritine. Ensuite, ce lien est libéré et le fer est transporté par la transferrine (une protéine contenant 3-4 atomes de Fe) vers différentes parties du corps, où il est stocké dans le foie, la lymphe et la moelle osseuse. Cela favorise la formation de l'hémoglobine et corrige l'anémie ferriprive (**Hapsari et al., 2025**).

Compte tenu de ces résultats, l'activité antioxydante observée ainsi que l'effet protecteur potentiel contre l'hémolyse peuvent s'expliquer par la présence de composés réducteurs tels que la vitamine C, ainsi que par les composés phénoliques et flavonoïdes, qui agissent en synergie pour neutraliser les radicaux libres et protéger les cellules sanguines, notamment contre le stress oxydatif. Par conséquent, l'extrait aqueux de feuilles de *M.o* pourrait contribuer à la prévention ou à la gestion des symptômes liés à l'anémie ferriprive grâce à ses propriétés antioxydantes et à sa richesse en fer (**Liu et al., 2022 ; Bennour et al., 2025**).

CONCLUSION

Les civilisations anciennes ont connu une utilisation large des plantes médicinales, où elles étaient considérées comme un moyen thérapeutique important depuis l'Antiquité, et elles occupent encore une place importante dans la médecine traditionnelle grâce à leurs propriétés thérapeutiques et nutritionnelles.

Notre étude a présenté un aperçu de l'utilisation des plantes médicinales en médecine traditionnelle par les populations autochtones de la région de Touggourt. Nous avons observé que les plantes médicinales sont largement utilisées en phytothérapie pour traiter l'anémie, en particulier la carence en fer, qui peut toucher fréquemment les enfants et les femmes. C'est pour cette raison que la plante *Moringa oleifera* est utilisée.

Moringa oleifera est utilisée comme une source importante de fer et d'antioxydants, en raison de sa richesse en éléments minéraux, vitamines et composés phénoliques. Elle contribue également à améliorer l'état nutritionnel, à augmenter le taux d'hémoglobine, à réduire les symptômes de l'anémie, à améliorer la santé du système immunitaire et à diminuer le taux de sucre dans le sang.

Ses feuilles sont largement utilisées car elles contiennent une quantité importante d'éléments nécessaires à la santé du corps.

Malgré le développement de l'industrie pharmaceutique à partir de produits chimiques, il existe encore des raisons d'utiliser les plantes médicinales pour traiter diverses maladies. Dans notre étude, nous avons identifié 33 espèces de plantes cultivées utilisées en médecine traditionnelle dans la région de Touggourt.

Dans ce travail, nous avons étudié les propriétés phytochimiques et l'activité antioxydante de l'extrait aqueux de *Moringa oleifera*. Cet extrait a été obtenu par macération. Ensuite, sa teneur en polyphénols et en flavonoïdes a été déterminée en utilisant des méthodes colorimétriques. Des tests DPPH, FRAP et PPM ont été utilisés pour déterminer l'activité antioxydante. En outre, la teneur en fer et en vitamine C a été évaluée, ainsi que le pourcentage d'inhibition de l'hémolyse des globules rouges à l'aide du test d'hémolyse.

L'extrait de *Moringa oleifera* a montré une teneur de $31,29 \pm 0,36$ μg EAG/mg de matière sèche et $10,56 \pm 0,04$ μg EQ/mg de matière sèche. Il a également montré une valeur IC50 estimée à $69,8 \pm 2,58$ $\mu\text{g/mL}$ par la méthode DPPH, et $84,47 \pm 4,87$ $\mu\text{gEAA/mgE}$ par la méthode FRAP, ainsi que $66,87 \pm 0,370$ $\mu\text{gEAA/mgE}$ par la méthode PPM. Il présente également une teneur en fer de $53,2 \pm 0,7$ $\mu\text{g/mg}$ de matière sèche, avec un pourcentage d'inhibition de $48,54 \pm 0,002$ à la concentration de 0,625 mg/mL et $36,22 \pm 0,002$ à la concentration de 1,25 mg/mL pour le test d'hémolyse. Cette activité varie selon la méthode utilisée et la plante étudiée.

Les plantes médicinales sont riches en antioxydants qui empêchent les radicaux libres de causer des dommages aux globules rouges et de perturber leurs fonctions, pouvant ainsi entraîner une anémie.

Enfin, les plantes médicinales représentent une ressource naturelle et économique prospère en Algérie. Il est donc nécessaire de développer le domaine de la phytothérapie et de sensibiliser à l'importance des plantes médicinales à travers des programmes de sensibilisation pour les herboristes, ainsi que la création d'associations pour protéger cette ressource de l'extinction et de la mauvaise utilisation.

RÉFÉRENCES
BIBLIOGRAPHIQUE

A

Abdelwanis, F. M., Abdelaty, H. S., & Saleh, S. A. (2024). Exploring the multifaceted uses of *Moringa oleifera*: Nutritional, industrial and agricultural innovations in Egypt. *Discover Food*, 4, 146. <https://doi.org/10.1007/s44187-024-00221-5>

Achour, S., Chebaibi, M., Essabouni, H., Bourhia, M., Ouahmane, L., Salamatullah, A. M., Aboul-Soud, M. A. M., & Giesy, J. P. (2022). Ethnobotanical study of medicinal plants used as therapeutic agents to manage diseases of humans. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2022, 4104772. <https://doi.org/10.1155/2022/4104772>. P : 02.

Ahmed, A.S., Elgorashi, E.E., Moodley, N., McGaw, L.J., Naidoo, V., & Eloff, J.N. (2012). The antimicrobial, antioxidative, anti-inflammatory activity and cytotoxicity of different fractions of four South African *Bauhinia* species used traditionally to treat diarrhoea. *Journal of Ethnopharmacology*, 143(3), 826–839. P : 829.

Akers, A. S. (2024, March 4). What is normochromic anemia? Medically reviewed by M. Soliman. *Medical News Today*. <https://www.medicalnewstoday.com/articles/normochromic-anemia>

Alsaud, N., & Farid, M. (2020). Insight into the influence of grinding on the extraction efficiency of selected bioactive compounds from various plant leaves. *Applied Sciences*, 10(18), 6362. *American Family Physician*, 87(2), 98–104.

Anzano, A., Ammar, M., Papaiani, M., Grauso, L., Sabah, M., Capparelli, R., & Lanzotti, V. (2021). *Moringa oleifera* Lam.: A phytochemical and pharmacological overview. *Horticulturae*, 7(10), 409. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7100409>. P : 02.

Apak, R., Özyürek, M., Güçlü, K., & Çapanoğlu, E. (2016). Antioxidant activity/capacity measurement. 1. Classification, physicochemical principles, mechanisms, and electron transfer (ET)-based assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(5), 997–1027. P : 997-998.

B

Babarabie, M., Mohammadi, M., Ghorbanzadeh, A., Afsharipour, S., & Salari, F. (2025). Effect of drying conditions on the preservation of selected bioactive compounds in *Moringa oleifera* aqueous extract. *BMC Plant Biology*, 25, 1432. <https://doi.org/10.1186/s12870-025-07485-8>.

Based Complementary and Alternative Medicine, 2022, 4024331.

Baziz, K., Maougal, R. T., & Amroune, A. (2020). An ethnobotanical survey of spontaneous plants used in traditional medicine in the region of Aures, Algeria. *European Journal of Ecology*, 6(2). <https://doi.org/10.17161/eurojecol.v6i2.14669>. P : 63-64.

Bennour, N., Harboub, N., & Akrou, A. (2025). Impact of *Moringa oleifera* on anemia. *Moroccan Journal of Agricultural Sciences*, 6(4), 227–231. <https://doi.org/10.5281/zenodo.17432488>. P : 230.

Bent, S. (2008). Herbal medicine in the United States: Review of efficacy, safety, and regulation. *Journal of General Internal Medicine*, 23(6), 854–859. <https://doi.org/10.1007/s11606-008-0632-y>.

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. https://doi.org/10.4103/JPB.JPBS_126_18

Boizot, N., & Charpentier, J.-P. (2006). Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. *Le Cahier des Techniques de l'INRA*, numéro spécial « Méthodes et outils pour l'observation et l'évaluation des milieux forestiers, prairiaux et aquatiques », 79–82.

Bouterfas K., Mehdadi Z., Elaoufi M.M., et al. (2016). Antioxidant activity and total phenolic and flavonoids content variations of leaves extracts of white Horehound (*Marrubium vulgare* Linné) from three geographical origins. *Annales Pharmaceutiques Françaises*, 74(6), 453-462. DOI : 10.1016/j.pharma.2016.07.002.

Brahmi, F., Carvalho, D. O., Almeida, C. M. R., Zaidi, F., Magalhães, J. M. C. S., Guido, L. F., & Gonçalves, M. P. (2019). Online HPLC-DPPH screening method for evaluation of radical scavenging phenols extracted from *Moringa oleifera* leaves. *South African Journal of Botany*, 129, 146–154. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.01.011>.

Bruno, L. O., Simões, R. S., Simões, M. J., Girão, M. J. B. C., & Grundmann, O. (2018). Pregnancy and herbal medicines: An unnecessary risk for women's health—A narrative review. *Phytotherapy Research*, 32(5), 796–810. <https://doi.org/10.1002/ptr.6020>.

C

Camaschella, C. (2019). Iron deficiency. *Blood*, 133(1), 30–39. <https://doi.org/10.1182/blood-2018-05-815944>.

Cotoraci, C., Ciceu, A., Sasu, A., & Hermenean, A. (2021). Natural antioxidants in anemia treatment. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(4), 1883. <https://doi.org/10.3390/ijms22041883>.

Crop Trust. (2026). Crops. Retrieved April 30, 2026, from <https://www.croptrust.org/knowledge-hub/crops/>.

D

Dai, J., & Mumper, R. J. (2010). Plant phenolics: extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. *Molecules*, 15(10), 7313-7352. P : 7314.

Divya, S., Pandey, V. K., Dixit, R., Rustagi, S., Suthar, T., Atuahene, D., Nagy, V., Ungai, D., Ahmed, A. E. M., Kovács, B., & Mukarram, A. (2024). Exploring the phytochemical, pharmacological and nutritional properties of *Moringa oleifera*: A comprehensive review. *Nutrients*, 16(19), 3423. <https://doi.org/10.3390/nu16193423>. P : 02-06

Djenidi, H., Khennouf, S., & Bouaziz, A. (2020). Antioxidant activity and phenolic content of commonly consumed fruits and vegetables in Algeria. *Progress in Nutrition*, 22(1), 224-235. <https://doi.org/10.23751/pn.v22i1.7701>.

Do, Q. D., Angkawijaya, A. E., Tran-Nguyen, P. L., Huynh, L. H., Soetaredjo, F. E., Ismadji, S., & Ju, Y. H. (2014). Effect of extraction solvent on total phenol content, total flavonoid content, and antioxidant activity of *Limnophila aromatica*. *Journal of Food and Drug Analysis*, 22(3), 296–302. P : 299-300.

Dubale, S., Kebebe, D., Zeynudin, A., Abdissa, N., & Suleman, S. (2023). Phytochemical screening and antimicrobial activity evaluation of selected medicinal plants in Ethiopia. *Journal of Experimental Pharmacology*, 15, 51–62. <https://doi.org/10.2147/JEP.S379805>.

D-Maps. (2026). Carte de la wilaya de Touggourt (Algérie) [Map]. [D-Maps. https://www.d-maps.com](https://www.d-maps.com)

E

Ekor, M. (2014). The growing use of herbal medicines: Issues relating to adverse reactions and challenges in monitoring safety. *Frontiers in Pharmacology*, 4, 177. <https://doi.org/10.3389/fphar.2013.00177>.

Encyclopaedia Britannica. (2026). Moringa (horseradish tree). Retrieved from <https://www.britannica.com/plant/horseradish-tree>. P : 181-182.

Etikan, I., Musa, S. A., & Alkassim, R. S. (2016). Comparison of convenience sampling and purposive sampling. *American Journal of Theoretical and Applied Statistics*, 5(1), 1–4. <https://doi.org/10.11648/j.ajtas.20160501.11>.

Ettejere, E. O., Olayinka, B. U., & Lawal, L. O. (2015). Comparative studies of phytochemical constituents of leaf, bark and root of *Moringa oleifera* Lam. *Jewel Journal of Scientific Research*, 3(1), 173–176.

F

Fagbohoun, L., Nonvidé, G., Orou, A., Houngbè, A., Sakirigui, A., Gunin, F., & Gbénou, J. (2022). Anti-anaemic activity and potential toxicity of extracts of four tinctorial plants used in the treatment of anemia in Benin : *Gossypium barbadense*, *Sorghum bicolor*, *Hibiscus sabdariffa* and *Justicia secunda*. *American Journal of Plant Sciences*, 13(12), 1460–1477.

Faure, G., & Moreau, J. (2017). Severe anemia in pregnancy: Clinical thresholds and management. *Obstetrics Review*, 45(2), 110–118.

G

Gitz, J. C., Sadot, N., Zaccari, M., & Zarivach, R. (2018). A colorimetric method for measuring iron content in plants. *Journal of Visualized Experiments*, 139, e57408.

Glover-Bondeau, A.-S. (2022, January 18). Anémie microcytaire : cause, symptôme, est-ce grave ? *Journal des Femmes Santé*.

H

Hailu, T., Tadesse, M., Birhanu, Y., & Desta, M. (2025). Phytochemical screening and antibacterial assay of the stem bark of *Hagenia abyssinica* and *Vernonia amygdalina*. *Natural Product Communications*, 20(1). <https://doi.org/10.1177/1934578X251387880>.

- Hammadi, D., Ahmed, M., Boudjethia, K. W., Boukhalfa, A. I., & Djebli, N. (2015).** Ethnomedicinal survey of medicinal plants used in the western region of Algeria. *Medicinal & Aromatic Plants*, 5(1), 221.p:02
- Hani, N., Baydoun, S., Nasser, H., Ulian, T., & Arnold-Apostolides, N. (2022).** Ethnobotanical survey of medicinal wild plants in the Shouf Biosphere Reserve, Lebanon. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 18, 73. <https://doi.org/10.1186/s13002-022-00568-y>. P: 06
- Hapsari, M. W., Parameswari, G. V., & Novianingrum, M. P. (2025).** Potential iron and vitamin C from Moringa leaves as a food product to overcome anemia: Systematic review. *Science Technology and Management Journal*, 5(1), 67–71.
- Herman-Lara, E., Rodríguez-Miranda, J., Ávila-Manrique, S., Dorado-López, C., Villalva, M., Jaime, L., Santoyo, S., & Martínez-Sánchez, C. E. (2024).** In vitro antioxidant, anti-inflammatory activity and bioaccessibility of ethanolic extracts from Mexican Moringa oleifera leaf. *Foods*, 13(17), 2709. <https://doi.org/10.1155/2022/4024331>.
- Hussen, E. M., & Endalew, S. A. (2023).** In vitro antioxidant and free-radical scavenging activities of polar leaf extracts of Vernonia amygdalina. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 23(1), 146. <https://doi.org/10.1186/s12906-023-03923-y>. P : 03-04.
- Huynh, K. N. N., Nguyen, N. V. T., & Ngan, D. T. (2024).** Natural phenolic compounds : A review of extraction and analysis. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.1007974>

I

- Iolascon, A., Andolfo, I., Russo, R., Sanchez-Fernandez, M., Busti, F., Swinkels, D., Aguilar Martinez, P., Bou-Fakhredin, R., Muckenthaler, M. U., Unal, S., Porto, G., Ganz, T., Kattamis, A., De Franceschi, L., Cappellini, M. D., Munro, M. G., & Taher, A. (2024).** Recommendations for diagnosis, treatment, and prevention of iron deficiency and iron deficiency anemia. *HemaSphere*, 8(7), e108.

J

- Jeong, Y. K., Kim, J. H., Lee, S. H., Bang, M., & Chang, G. T. (2024).** Safety and efficacy of East Asian herbal medicine for iron deficiency anemia: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Pharmacology*, 15, 1339486. <https://doi.org/10.3389/fphar.2024.1339486>
- Jogu, P., & Kamran, M. T. (2026).** Iron-Deficiency Anemia. In StatPearls [Internet]. StatPearls Publishing. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK448065/>.

K

- Kassebaum, N. J. (2016).** The global burden of anemia. *Hematology/Oncology Clinics of North America*, 30(2), 247–308. <https://doi.org/10.1016/j.hoc.2015.11.002>. P : 02-03
- Killeen, R. B., & Adil, A. (2025).** Macrocytic anemia. In StatPearls. StatPearls Publishing. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK459295/>.
- Killip, S., Bennett, J. M., & Chambers, M. D. (2023).** Iron deficiency anemia. StatPearls Publishing. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK448065/>.
- Klimek-Szczykutowicz, M., Gawel-Bęben, K., Rutka, A., Blicharska, E., Tatarczak-Michalewska, M., Kulik-Sierek, K., Kukula-Koch, W., & Szopa, A. (2024).** Moringa oleifera (drumstick tree)—nutraceutical, cosmetological and medicinal importance: A review. *Frontiers in Pharmacology*, 14, 1288382. <https://doi.org/10.3389/fphar.2024.1288382>. P :22-23.
- Kouamé, K. G., Kouassi, K. C., & Yao, N. A. R. (2020).** Screening phytochimique des extraits végétaux. ResearchGate.
- Kplé, T. K. M. E. C. (2023).** Étude de l'activité antifalcémiant de trois plantes médicinales utilisées dans la prise en charge de la drépanocytose en Côte d'Ivoire (Thèse de doctorat, Université Félix Houphouët-Boigny). HAL. P : 61
- Krelifi Otsmane, H., Senouci, F., Messaoud Djebara, R., Zidane, A., & Ababou, A. (2026).** Ethnobotanical knowledge and quantitative evaluation of medicinal plants in the Dahra Region, Northwestern Algeria. *Ethnobotany Research and Applications*, 33, 1–17. <https://doi.org/10.32859/era.33.05.1-17>.
- Kumar, A., Sharma, E., Marley, A., Samaan, M. A., & Brookes, M. J. (2022).** Iron deficiency anaemia: Pathophysiology, assessment, practical management. *BMJ Open Gastroenterology*, 9(1), e000759. P : 01.
- Khoja, K. K., Aslam, M. F., Sharp, P. A., & Latunde-Dada, G. O. (2021).** In vitro bioaccessibility and bioavailability of iron from fenugreek, baobab and moringa. *Food Chemistry*, 335, 127671. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127671>
- Kefifa, A., Saidi, A., Hachem, K., & Ouammi, L. (2020).** An Ethnobotanical Survey and Quantitative Study of Indigenous Medicinal Plants Used in the Algerian Semi-arid Region. *Phytothérapie*, 18, 204-219. <https://doi.org/10.3166/phyto-2018-0077>

L

Laleye, O. A. F., Ahissou, H., Olounlade, A. P., Azando, E.V. B., Laleye, A., (2015). Etude bibliographique de trois plantes antidiabétiques de la flore béninoise : *Khaya senegalensis* (Desr) A. Juss (Meliaceae), *Momordica charantia* Linn (Cucurbitaceae) et *Moringa oleifera* Lam (Moringaceae), Int. J. Biol. Chem. Sci. Volume 9(5). p.p. : 2682-2700. P : 2684-2685.

Lanski, S. L., Greenwald, M., Perkins, A., & Simon, H. K. (2003). Herbal therapy use in a pediatric emergency department population. *Pediatrics*, 111(5), 981–985.

Leone, A., Spada, A., Battezzati, A., Schiraldi, A., Aristil, J., & Bertoli, S. (2015). Cultivation, genetic, ethnopharmacology, phytochemistry and pharmacology of *Moringa oleifera* leaves: An overview. *International Journal of Molecular Sciences*, 16(6), 12791–12835. <https://doi.org/10.3390/ijms160612791>. P : 12792-12793.

Liu, R., Liu, J., Huang, Q., Liu, S., & Jiang, Y. (2022). *Moringa oleifera*: A systematic review of its botany, traditional uses, phytochemistry, pharmacology and toxicity. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 74(3), 296–320. <https://doi.org/10.1093/jpp/rgab131>

M

Maerevoet, M., Vanhaeverbeek, M., & Michaux, L. (2014). Hematology: Diagnostic approach to anemia and blood disorders. Brussels University Press. P :23.

Malta, L. G., & Liu, R. H. (2014). Analyses of total phenolics, total flavonoids, and total antioxidant activities in foods and dietary supplements. In *Encyclopedia of Agriculture and Food Systems* (pp. 193–208). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-52512-3.00012-9>.

Massenat, B. (2022). Hematological reference values and diagnostic criteria of anemia. Paris : Medical Publishing House.

Massey, A. C. (1992). Microcytic anemia: Differential diagnosis and management of iron deficiency anemia. *Medical Clinics of North America*, 76(3), 549–566. [https://doi.org/10.1016/S0025-7125\(16\)30339-X](https://doi.org/10.1016/S0025-7125(16)30339-X). P : 549.

Melkamu, G. (2021). Ethnobotanical study on assessment of indigenous knowledge on traditional plant medicine use among people of Wonchi District in Southwest Shewa Zone, Oromia National Regional State, Ethiopia. *Health Science Journal*, 15(9), 879. P :06

- Mendiratta, C., & Vyas, S. (2025).** Ethno medicinal plant-based approach to treat anaemia: A systematic review. *Plant Science Today*, 12(sp1). P : 05.
- Moawad, H. (2026, April 14).** What causes normocytic anemia ? Medically reviewed by A. Sharma. Verywell Health. <https://www.verywellhealth.com/normocytic-anemia-5214631>
- Moreno Chulilla, J. A., Romero Colás, M. S., & Gutiérrez Martín, M. (2009).** Classification of anemia for gastroenterologists. *World Journal of Gastroenterology*, 15(37), 4627–4637. <https://doi.org/10.3748/wjg.15.4627>.
- Moum, B., & Lindgren, S. (2025).** Iron deficiency and iron deficiency anemia in chronic disease—Common, important, and treatable. *Journal of Clinical Medicine*, 14(13), 4519.
- Moussaoui, F., Alaoui, T., & Aoudry, S. (2014).** Census ethnobotanical study of some plants used in traditional medicine in the city of Meknes. *American Journal of Plant Sciences*, 5(15), 48299.
- Moyo, B., Oyedemi, S., Masika, P. J., & Muchenje, V. (2012).** Polyphenolic content and antioxidant properties of Moringa oleifera leaf extracts and enzymatic activity of liver from goats supplemented with Moringa oleifera leaves/sunflower seed cake. *Meat Science*, 91(4), 441–447.
- MSD Manuals. (2024).** Etiology of anemia. <https://www.msdmanuals.com/professional/hematology-and-oncology/anemias-caused-by-decreased-red-blood-cell-production/etiology-of-anemia>.
- Muhammad, A. A., & Abubakar, M. R. (2022).** Phytochemical analysis and antioxidant activity of aqueous fraction of Moringa oleifera leaves. *Journal of Drug Delivery and Therapeutics*, 12(5-S), 41–46.
- Munteanu, I. G., & Apetrei, C. (2021).** Analytical methods used in determining antioxidant activity: A review. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(7), 3380. P : 01
- Milla, P. G., Peñalver, R., & Nieto, G. (2021).** Health benefits of uses and applications of Moringa oleifera in bakery products. *Plants*, 10(2), 318. <https://doi.org/10.3390/plants10020318>
P: 04
- Mawouma, S., Yaya, S. H., Mbye, J., Walko, F. D., Awoudamkine, E., & Funtong, C. M. (2024).** Bioaccessibility and speciation of iron from aqueous extracts of Moringa oleifera leaves. *Journal of Food Biochemistry*, 2024, 1–7. <https://doi.org/10.1155/2024/9312118>. P : 05

N

Ncube, B., Finnie, J.F., & Van Staden, J. (2012). Quality from the field : The impact of environmental factors as quality determinants in medicinal plants. *South African Journal of Botany*, 82, 11–20.

Newman, D. J., & Cragg, G. M. (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. <https://doi.org/10.1021/acs.jnatprod.9b01285>.

Ngnie-Téta, I., Receveur, O., & Kuate-Defo, B. (2005). Risk factors for anemia in children and women in developing countries. *Public Health Nutrition*, 8(8), 150–158. P : 172.

O

Ojong, C., Besong, S. A., & Aryee, A. N. A. (2026). Solvent-based extraction recovers phytochemicals from medicinal plants demonstrating anticancer and chemopreventive potential : A review. *Molecules*, 31(7), 1202. <https://doi.org/10.3390/molecules31071202>.

Organisation mondiale de la santé & United Nations Children's Fund. (2004). Focusing on anaemia: Towards an integrated approach for effective anaemia control.

Organisation mondiale de la santé (2000). General guidelines for methodologies on research and evaluation of traditional medicine. OMS.

Organisation mondiale de la santé (2013). Anaemia. <http://www.who.int/>

Organisation mondiale de la santé (2025). Anaemia. <http://www.who.int/>

Organisation mondiale de la Santé (OMS). (2023, 1 mai). Anémie. Organisation mondiale de la Santé.

Organisation mondiale de la santé. (2013). OMS traditional medicine strategy 2014–2023.

Organisation mondiale de la santé. (2019). OMS global report on traditional and complementary medicine 2019.

P

- Pan, S. Y., Litscher, G., Gao, S. H., Zhou, S. F., Yu, Z. L., Chen, H. Q., Zhang, S. F., Tang, M. K., Sun, J. N., & Ko, K. M. (2014).** Historical perspective of traditional indigenous medical practices : The current renaissance and conservation of herbal resources. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2014, 525340. <https://doi.org/10.1155/2014/525340>.
- Panova, N., Gerasimova, A., Gentscheva, G., Nikolova, S., Makedonski, L., Velikova, M., Beraich, A., Talhaoui, A., Petkova, N., Batovska, D., & Nikolova, K. (2025).** *Moringa oleifera* Lam.: A nutritional powerhouse with multifaceted pharmacological and functional applications. *Life*, 15(6), 881. <https://doi.org/10.3390/life15060881>.
- Pareek, A., Pant, M., Gupta, M. M., Kashania, P., Ratan, Y., Jain, V., Pareek, A., & Chuturgoon, A. A. (2023).** *Moringa oleifera* : An updated comprehensive review of its pharmacological activities, ethnomedicinal, phytopharmaceutical formulation, clinical, phytochemical, and toxicological aspects. *International Journal of Molecular Sciences*, 24, 2098. <https://doi.org/10.3390/ijms24032098>. P : 01-02.
- Pautas, E., Siguret, V., & Maury, E. (2004).** Anemia in elderly patients : Epidemiology and clinical impact. *La Revue de Médecine Interne*, 25(6), 405–412.
- Pękal, A., & Pyrzynska, K. (2014).** Evaluation of aluminium complexation reaction for flavonoid content assay. *Food Analytical Methods*, 7(9), 1776–1782. <https://doi.org/10.1007/s12161-014-9814-x>.
- Pyrzynska, K., & Pękal, A. (2013).** Application of free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) to estimate the antioxidant capacity of food samples. *Analytical Methods*, 5(17), 4288–4295.

R

- Rates, S. M. K. (2001).** Plants as source of drugs. *Toxicon*, 39(5), 603-613. [https://doi.org/10.1016/S0041-0101\(00\)00154-9](https://doi.org/10.1016/S0041-0101(00)00154-9). P : 603-604.
- Riskianto, R., Kamal, S. E., & Aris, M. (2021).** Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanol 70% Daun Kelor (*Moringa oleifera* Lam.) terhadap DPPH. *Pro-Life*, 8(2), 168–178. <https://doi.org/10.33541/pro-life.v8i2.3209>
- Rivet Bonjean, M.-C. (2019, 31 janvier).** Les aliments végétaux les plus riches en fer. laNutrition.fr.

S

- Sadeer, N. B., Montesano, D., Albrizio, S., Zengin, G., & Mahomoodally, M. F. (2020).** The versatility of antioxidant assays in food science and safety—chemistry, applications, strengths, and limitations. *Antioxidants*, 9(8), 709. P : 25-26.
- Saidi M.H., Rahmani Z., Djmouai A. (2021).** Qualitative phytochemical analysis and estimation of antioxidant activities, phenolics, flavonoids and tannins contents of the leaves of *Moringa oleifera*. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*.
- Saini, R. K., Sivanesan, I., & Keum, Y. S. (2016).** Phytochemicals of *Moringa oleifera*: A review of their nutritional, therapeutic and industrial significance. *3 Biotech*, 6(2), 203.
- Saleem, A., Saleem, M., Akhtar, M. F., Baig, M. M. F. A., & Rasul, A. (2020).** Antioxidant, anti-inflammatory and antiarthritic potential of *Moringa oleifera* Lam: An ethnomedicinal plant of Moringaceae family. *South African Journal of Botany*, 128, 246–256. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.11.023>.
- Sarah, S., Murthy, R. S., Sugiarto, A. P., Sariyati, S., & Priyambodo, E. (2018).** Content analysis of vitamin C in fresh and processed *Moringa oleifera* using spectrophotometry and iodometric titration. *Indonesian Journal of Chemistry and Environment*, 1(1), 1–8.
- Sarkar, M., Bhowmick, S., Hussain, J., Hasan, M., & Hossain, S. (2017).** Hot water extract of *Moringa oleifera* leaves protects erythrocytes from hemolysis and major organs from oxidative stress in vitro. *Journal of Basic and Applied Research in Biomedicine*, 3(3), 120–126.
- Sebaugh, J. L. (2011).** Guidelines for accurate EC50/IC50 estimation. *Pharmaceutical Statistics*, 10(2), 128–134.
- Shahin, K. A., Banik, R., Hossain, M. H., & Jahan, I. A. (2015).** Vitamin C (L-ascorbic acid) content in different parts of *Moringa oleifera* grown in Bangladesh. *Chemical Science International Journal*, 11(1), 1–6.
- Short, M. W., & Domagalski, J. E. (2013).** Iron deficiency anemia: Evaluation and management.
- Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965).** Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144–158. <https://doi.org/10.5344/ajev.1965.16.3.144>.

Shahidi, F., & Ambigaipalan, P. (2015). Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects – A review. *Journal of Functional Foods*, 18, 820–897.

T

Taheri, Y., Quispe, C., Herrera-Bravo, J., Sharifi-Rad, J., Ezzat, S. M., Merghany, R. M., Shaheen, S., Azmi, L., Mishra, A. P., Sener, B., Kılıç, M., Sen, S., Acharya, K., Nasiri, A., Cruz-Martins, N., Tsouh Fokou, P. V., Ydyrys, A., Bassygarayev, Z., Durna Daştan, S., ... Cho, W. C. (2022). *Urtica dioica*-derived phytochemicals for pharmacological and therapeutic applications. *Evidence*. P : 02-03.

Trigó, C., Castelló, M. L., Ortolá, M. D., García-Mares, F. J., & Soriano, M. D. (2021). *Moringa oleifera*: An unknown crop in developed countries with great potential for industry and adapted to climate change. *Foods*, 10(1), 31. <https://doi.org/10.3390/foods10010031>. P : 04-05-07.

Turner, J., Parsi, M., & Badireddy, M. (2023). Anemia. In *StatPearls*. StatPearls Publishing. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK499994/>

Torres de Oliveira, I. S., Fernandes, T., Santos, A. R. D., Aquino, C. G., Britez, G. D. V., & de Vargas Junior, F. M. (2025). Phytochemical Composition and Effects of Aqueous Extracts from *Moringa oleifera* Leaves on In Vitro Ruminant Fermentation Parameters. *Ruminants*, 5(1), 4. <https://doi.org/10.3390/ruminants5010004> P: 06

V

Vialatoux, P., Lopez, F., Fakhouri, F., Lehner, N., & Pruijm, M. (2013). Nouveautés dans la pathophysiologie et le traitement de l'anémie rénale. *Revue Médicale Suisse*, 9, 358–363.

Vogt, A. C., Arsiwala, T., Mohsen, M., Vogel, M., Manolova, V., & Bachmann, M. F. (2021). On Iron Metabolism and Its Regulation. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(9), 4591. P : 01-04.

W

Widiada, P. A. (2020). Iron-deficiency anemia: A review of diagnosis and management. *Intisari Sains Medis*, 11(1), 92–96.

Wagner, H., & Ulrich-Merzenich, G. (2009). Synergy research : Approaching a new generation of phytopharmaceuticals. *Phytomedicine*, 16(2–3), 97–110.

وزارة السياحة و الصناعة التقليدية. (2020). مديرية السياحة و الصناعة التقليدية-تقرت.

ANNEXE

استبيان حول استعمال النباتات الطبية في علاج فقر الدم (الأنيميا)

يهدف هذا الاستبيان إلى جمع معلومات علمية حول استعمال النباتات الطبية في علاج فقر الدم (الأنيميا)

المحور الأول: معلومات عن المعالج / بائع الأعشاب

• الاسم :

• اللقب :

• الصفة :

• معالج تقليدي ☐ بائع أعشاب

• مزارع ☐ مريض سابق

• الجنس :

• ذكر ☐ أنثى

• العمر :

• أقل من 20 سنة ☐ من 20 إلى 40 سنة ☐ من 40 إلى 60 سنة ☐ أكثر من 60 سنة

• الولاية :

• البلدية :

• المستوى التعليمي :

• غير متعلم ☐ ابتدائي ☐ متوسط ☐ ثانوي ☐ جامعي

• عدد سنوات الخبرة في المجال :

• أقل من 5 سنوات ☐ من 5 إلى 10 سنوات ☐ أكثر من 10 سنوات

• مصدر المعرفة بالنباتات الطبية :

• موروث عائلي ☐ تكوين تقليدي ☐ تجربة شخصية ☐ كتب / مراجع ☐ أخرى :

المحور الثاني: استعمال النباتات الطبية لعلاج الأنيميا

• هل تستعمل نباتات طبية لعلاج فقر الدم (الأنيميا) ؟

• نعم ☐ لا ☐

• عدد النباتات التي تعتمد عليها غالباً في العلاج :

• نبتة واحدة

• 2-3 ☐ نباتات ☐ أكثر من 3 نباتات

• اذكر أهم النباتات المستعملة لعلاج الأنيميا :

.....

.....

المحور الثالث: معلومات تفصيلية حول النبتة الطبية يمكن تكرار هذا المحور لكل نبتة

• الاسم العامي للنبتة :

• الاسم العلمي (إن وُجد) :

• مصدر النبتة :

• برية ☐ مزروعة ☐ مستوردة

• وقت الحصاد :

• الربيع ☐ الصيف ☐ الخريف ☐ الشتاء

• كم تستغرق الوقت لكي تنبت :

• الجزء المستعمل من النبتة :

• الأوراق ☐ البذور ☐ الساق ☐ الجذور ☐ النبتة كاملة

• الجزء الهوائي ككل ☐ أخرى مع الذكر :

• حالة النبتة عند الاستعمال :

• طازجة ☐ مجففة

المحور الرابع: طريقة التحضير والاستعمال

• نكمل استعمال الخبز النباتي:

مسحوق ☐ الجزء النباتي كاملاً ☐

• طريقة التحضير:

☐ مغلي ☐ منقوع في ماء بارد

☐ ~~مغلي~~ ☐ منقوع في ماء ساخن ☐ أخرى.....

• الجرعة المستعملة:

☐ ملعقة صغيرة ☐ ملعقة كبيرة

☐ أكثر من ذلك (اذكر).....

• عدد مرات الاستعمال في اليوم:

☐ مرة واحدة ☐ مرتان ☐ أكثر

• مدة الاستعمال:

☐ يوم ☐ بضعة أيام ☐ أسبوع

☐ شهر ☐ أكثر

• هل تستعمل النبتة:

☐ لوحدها ☐ مع نباتات أخرى (اذكره).....

المحور الخامس: الفعالية حسب الخبرة العملية

• حسب تجربتك، هل هذه النبتة فعالة في علاج الأنيميا؟

☐ نعم ☐ لا ☐ أحياناً

• بعد كم من الوقت تظهر نتائج التحسن عادة؟

☐ أقل من أسبوع ☐ أسبوعين ☐ شهر ☐ أكثر

• الأعراض التي تتحسن غالباً عند المرضى:

☐ التعب ☐ الدوخة ☐ شحوب الوجه ☐ تساقط الشعر

• المحور السادس: السلامة والآثار الجانبية

• هل لاحظت آثاراً جانبية عند استعمال هذه النبتة؟

☐ نعم ☐ لا

إذا كانت الإجابة نعم، اذكرها:

.....

• هل تنصح باستعمال هذه النبتة لـ:

الأطفال ☐ نعم ☐ لا

النساء الحوامل ☐ نعم ☐ لا. اذكر الفئة العمرية المناسبة إن.....

المحور السابع: التشخيص والتدخلات العلاجية

• هل تنصح المرضى بإجراء تحاليل دم قبل العلاج؟

☐ نعم ☐ لا

• هل تستعمل النبتة مع:

☐ أدوية طبية ☐ مكملات غذائية ☐ لوحدها فقط

• هل تحذر المرضى من الإفراط في الاستعمال؟

☐ نعم ☐ لا

سؤال ختامي

• بربالك، هل يمكن إدماج النباتات الطبية مع الطب الحديث في علاج الأنيميا؟

☐ نعم ☐ لا، بشروط اذكرها

.....

• هل يوجد استعمالات أخرى للنبتة المذكورة؟

اذكرها.....