



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة الشهيد حمه لخضر الوادي

Université Echahid Hamma Lakhdar – El Oued

كلية العلوم الطبيعية والحياة

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

قسم البيولوجيا الخلوية والجزئية

Département de Biologie Cellulaire et Moléculaire

Nsérie :.....

.....

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention de diplôme de Master Académique en Sciences Biologiques

Spécialité : Toxicologie

THEME

**Valorisation phytochimique et l'activité biologique de la
plante médicinale *Balanite aegyptiaca***

Présentées Par :

SOUDA Rayane

ZEMRA Yousra

BEN NECIB Raounak

Président :

Université d'El Oued

Examineur :

Université d'El Oued

Promoteur : MEKHADMI Nour Elhouda

M.C.A, Université d'El Oued

Co-Promoteur : BEN AMOR Safia

M.C.B ecole supérieure d'agriculture
saharienne El Oued

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

(وَأَنْ لَّيْسَ لِلْإِنْسَانِ إِلَّا مَا سَعَى ○ وَأَنْ سَعْيُهُ سَوْفَ يَرَى ○)

[النجم: 38-41]

صدق الله العظيم

الإهداء

بعد مسيرة دراسية دامت سنوات حملت في طياتها الكثير من ثمار تعبي وأرفع قبعتي بكل فخر .
فاللهم لك الحمد قبل أن ترضى ولك الحمد إذا رضيت ولك الحمد بعد الرضا، لأنك وفققتني على إتمام هذا

العمل وتحقيق حلمي... أهدي هذا النجاح الى

الذي زين اسمي بأجمل الألقاب، من دعمني بلا حدود أعطاني بلا مقابل إلى من غرس في روحي مكارم

الأخلاق داعمي الأول وسندي وقوتي وملاذي بعد الله إلى فخري واعتزازي والدي : سليم سوداء

إلى من جعل الله الجنة تحت أقدامها واحتضني قلبها قبل يدها وسهلت لي الشدائد بدعائها إلى القلب الحنون

والدتي : ليلي جروني

لكل من كان عوناً وسنداً في هذا طريق.. اهديكم هذا الإنجاز وثمره نجاحي الذي لطالما تمنيت

واحب ان اختم هذا الاهداء الى صاحبات الفضل على وقتهم ومجهوداتهم العظيمة:

" د. جهاد" و "زمولي نوال

و ها انا اليوم اتممت اول ثمراتي راجية من الله تعالى أن ينفعني بما علمني وان يعلمني ما أجهل ويجعله

حجة لي لا علي.

مريان



الإهداء

الحمد لله حبا وشكرا وإمتنانا على البدء والختام ،لم تكن الرحلة قصيرة ،ولا الطريق كان محفوفاً بالتسهيلات لكنني

...وبفضل الله تعالى فعلتها

أهدي ثمرة جهدي هذا إلى نفسي وإلى كل من سعى معي لإتمام هاته المسيرة

إلى من أحمل إسمه بكل فخر ،إلى من سعى طوال حياته من أجلنا، إلى من بذل جهد السنين لأعتلي سلالم النجاح لطالما

" عاهدته بهذا النجاح هاأنا أتمت وعدي وأهديته إليك: " حبيبي وقُدوتي أبي الغالي

أهدي تخرجي إلى جنة الله في الأرض ،إلى من علمتني الأخلاق قبل الحروف إلى الجسر الصاعد بي إلى الجنة إلى الداعمة

" الأولى في حياتي واليد الخفية التي أزالته عن طريقي الأشواك والمصائب "أمي وصديقتي ورفيقة دربي

" إلى من شد الله بهم عضدي فكانوا خير معين إلى "إخواني وأخواني

. ولأنسى رفيقات الروح إلى من شجعني على المثابرة وإكمال المسيرة صديقاتي الغالبات كل بإسمها

إلى صديقتي وزميلتي التي تشاركت معها المرة قبل الحلوة واجتزنا معا عقبات هذا الطريق: ريان

"إلى اليد الخفية التي ساعدتنا في وقت الضيق الأستاذة "زموي نوال

. وأخيرا ماكنت لأفعلها دون توفيق من الله فالحمد لله على التمام

يسى



الإهداء

الحمد لله الذي هدانا وما كنا لنهتدي لولا أن هدانا

اهدي ثمرة عملي هذا إلى من كان خلقه القرآن معلم البشرية سيدي وحببي :

رسول الله صلى الله عليه وسلم

إلى القلب الحنون التي سهرت الليالي لاجلي وكانت شمعة تحترق لتنير دربي :

امي حفظها الله

إلى الذي سخر كل قواه عوناً لي كي أصل إلى ما أنا عليه:

والذي العزيز

إلى من اختارني أنيسة له وعينته سيد هذا القلب :ادم

إلى من هم عزوتي وسندي في الحياة اخوتي:علاء أكرم احمد

كما لا أنسى عائلتي الثانية التي كانت مصدر قوتي وتشجيعي

وإلى كل عائلتي من قريب أو بعيد وإلى صديقاتي التي جمعني بهم جسور الحياة

ولكل من اعطاني يد العون وساعدني في إنجاز هذه المذكرة

مروانق



Résumé

Notre étude était basée sur une étude phytochimique et certaines activités biologiques de l'extrait des fruits de la plante *Balanites aegyptiaca* de la famille des *Zygophyllaceae*.

Un échantillon d'étude a été préparé et l'extrait méthanolique a été obtenu, avec une quantification des polyphénols qui a été estimée à $(23.346 \pm 0.295 \text{ mgEq EAG/g})$, des flavonoïdes à $(15.342 \pm 0.79015.342 \pm 0.790 \text{ mg EqEQ/g})$ et des tanins dans l'extrait à $(12.828 \pm 0.521 \text{ mg Eq EC /g})$.

D'après les résultats de l'évaluation de l'activité antioxydante de l'extrait méthanolique à l'aide du test DPPH et du test FRAP, les résultats ont montré que la valeur IC50 de l'extrait était estimée à $(0.6654 \pm 0.0006 \text{ mg/ml})$ et l'EC50 à $(3,91 \text{ mg/ml})$.

Ensuite, nous avons étudié l'activité antibactérienne de l'extrait méthanolique sur 4 types de bactéries : *E. coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* et *Enterococcus faecalis*. Toutes les souches étudiées ont montré une sensibilité à l'extrait méthanolique.

Mots clés:

Balanites aegyptiaca, *Zygophyllaceae*, Polyphénols/ flavonoïdes, activité biologique

المخلص

كانت دراستنا مبنية على دراسة فيتوكيميائية وبعض الأنشطة البيولوجية لمستخلص ثمار نبات بالانيتس ايجبتياكا من عائلة الزيغوفيليا .

تم تحضير عينة الدراسة والحصول على المستخلص الميثانولي، مع تقدير كمية البوليفينولات التي تم تقديرها بـ $(23.346 \pm 0.295 \text{ مل جرام مكافئ حمض الغاليك / جرام})$ والفلافونويدات بـ $(15.342 \pm 0.790 \text{ مل جرام مكافئ كويرسيتين / جرام})$ والتانينات في المستخلص بـ $(12.828 \pm 0.521 \text{ مل جرام مكافئ كاتشين / جرام})$.

وبناءً على نتائج تقييم النشاط المضاد للأوكسدة للمستخلص الميثانولي باستخدام اختبار DPPH واختبار FRAP، أظهرت النتائج أن قيمة IC50 للمستخلص كانت مقدرة بـ $(0.6654 \pm 0.0006 \text{ مل/مجم})$ و EC50 بـ (3.91 مل/مجم) . (ثم، قمنا بدراسة النشاط المضاد للبكتيريا للمستخلص الميثانولي على 4 أنواع من البكتيريا : *Staphylococcus aureus*،

E. coli، *Enterococcus faecalis*، *Pseudomonas aeruginosa*،

أظهرت جميع السلالات المدروسة حساسية للمستخلص الميثانولي.

الكلمات المفتاحية : *Zygophyllaceae*، *Balanites aegyptiaca*، متعدد فينول، فلافونويد، النشاطية

البيولوجية.

Liste des Figures

Figure	Titre	N°
1	Arbre de <i>Balanites aegyptiaca</i>	6
2	Fruits de <i>Balanites aegyptiaca</i>	6
3	Structure phénolique	11
4	Squelett de base des flavonoïdes	12
5	Cartegéographique de l'Algérie montrant la zone de récolte de plante étudiée Adrar	19
6	Phase d'adaptation et suivides rattes	20
7	l'extrait méthanolique de la <i>Balanites aegyptiaca</i>	23
8	Différentes étapes du dosage des flavonoïdes (FV) d'extrait	26
9	Différentes étapes du dosage des polyphénols totaux (PPT) d'extrait	27
10	Administration de extrait aqueux par voie orale à l'aide d'une seringue de gavage	28
11	Réaction de test DPPH (2.2 Diphenyl 1 picryl hydrazyl)	29
12	Réduction d'un complexe tripyridyltriazineferrique[Fe(III)-TPTZ] ₂ en un complex et ripyridyltriazineferreux[Fe(II)-TPTZ] ₂ par un antioxydant (AH)	31
13	Mesure du diamètre de gonflement de la patte à l'aide d'un pied de micromètrédigital	35
14	Schéma récapitulatif les étapes de l'activité anti-inflammatoire in vivo de l'extraitMéthanolique	38

15	Images illustrant les résultats du test de détection qualitative des composés phytochimique	42
16	Courbe d'étalonnage standard de l'acide gallique pour le dosage des phénols	43
17	Courbe d'étalonnage standard de l'acide quercétine pour le dosage des flavonoïde	45
18	Courbe d'étalonnage standard de l'acide cathéchine pour le dosage des tanins condensés	47
19	Courbe de IC50 d' extrait de <i>Balanite aegyptiaca</i> de standard	51
20	Courbe de pourcentages d'inhibition %I dans en fonction des concentration	51
21	Résultats de l'absorbance 0.5 de l'extrait aqueux B.A par le test du pouvoir réducteur FRAP	54
22	Évolution du poids (g) des rattes lors d'une étude et suivi toxicité de l'extrait de <i>Balanite aegyptiaca</i>	56
23	Histogrammes représentant le pourcentages d' inhibition de dénaturation de l'albumine d'oeuf de l'extrait aqueux et d'acide acétylsalicylique	57

24	Histogrammes représentant le pourcentages de l'activité antibactérienne	60
----	--	----

Liste des tableaux

Tableaux	Titre	N°
1	Matériel utilisés lors des expérimentations	21
2	Produits chimique utilisés lors de l'expérimentation	21
3	Réactifs et indicateurs du métabolites secondaires	25
4	Caractéristiques de l'extrait végétal et son rendement	40
5	Test phytochimique d'extrait aqueux de <i>Balanite aegyptiaca</i>	41
6	Valeur représente les quantités des composés phénoliques présents dans l'extrait méthanolique de <i>B.aegyptiaca</i>	44
7	Valeur représente les quantités de flavonoïdes présents dans l'extrait méthanolique de <i>B.aegyptiaca</i>	46
8	Valeur représente les quantités de tanins présents dans l'extrait méthanolique de <i>B.aegyptiaca</i>	48
9	Résultats de la teneur totale en phénols et flavonoïdes et tanins	49
10	Valeurs IC50 DPPH pour l'extrait méthanolique de <i>Balanite aegyptiaca</i> et l'acide ascorbique	52
11	Résultats de l'absorbance 0.5 de l'acide ascorbique et de l'extrait aqueux par le test du FRAP	53
12	Activité antibactérienne de l'extrait des fruits	55

13	Concentration et dénaturation (%) de l'albumine d'oeuf de l'extrait aqueux et d'acide acétylsalicylique	57
14	Résultats d'activité anticoagulante de <i>Balanite aegyptiaca</i>	59
15	Effet des extraits méthanolique et des anti-inflammatoires de référence utilisés dans la présente étude sur l'oedème plantaire induit par la carraghénine chez les rats	62

Liste des abréviations

Liste des abréviations

Abs: Absorbance

AG: Acide Gallique

AE: Absorbance de l'extrait

AI: Anti-inflammatoires

AC : Absorbance du contrôle

AT : Absorbance de l'extrait

APR: Pouvoir anti-radicalaire

B. aegyptiaca: *Balanites aegyptiaca*

DPPH: 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl

EC₅₀: Concentration effective à 50%

IC₅₀: Concentration inhibitrice

PR: Pouvoir Réducteur

FeCl₃: Trichloride de Fer

FRAP: Ferric Ion Reducing Antioxidant Power

FV: Flavonoïdes

G/L: Gramme par Litre

I%: Pourcentage d'inhibition

K₃[Fe(CN)₆]: Ferricyanure de potassium

PEB: Poids de l'Extrait Brut

PMV: Poids de matière végétale

PPT: Polyphénols totaux

R: Rendement

RLO: Radicaux Libres d'oxygène

UV: Ultra-violet

%: Pourcentag

Mg EAA / g MS : milligramme équivalent d'acide ascorbique par gramme de matière sèche

Mg EAG/ g MS : milligramme équivalent d'acide gallique par gramme de matière sèche.

Mg EC / g MS : milligramme équivalent de catéchine par gramme de matière sèche.

Mg QER / g MS: milligramme équivalent de quercétine par gramme de matière sèche.

Sommaire

Résumé.....	7
Liste des Figures	8
Liste des tableaux	11
Liste des abréviations	13
Sommaire.....	14
INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	1
Première partie: Étude bibliographique	4
Chapitre 01: <i>Balanites aegyptiaca</i>	5
1. Définition	6
2. Systématique	6
3. Description	8
4. Utilisation traditionnelle	9
Chapitre 02: Etude phytochimique et Activités biologiques	10
1. Constituants phytochimiques	11
1.1. Polyphénols	11
1.2. Flavonoïdes.....	12
1.3. Tanins	13
1.4. Saponines.....	13
1.5. Alcaloïdes.....	14
1.6. Composition nutritionnelle	14
2. Activités biologiques	14
2.1. Activité antioxydante.....	14
2.2. Activité antimicrobienne.....	14
2.3. Activité anti-inflammatoire	14
2.4. Autres activités.....	15
Deuxième Partie: Étude expérimentale	16
Chapitre 03: Matériaux et méthodes	17
1. Matériel d'étude.....	18
1.1. Matériel biologique.....	18
1.2. Matériel végétal.....	18
1.3. Matériel animal.....	20

1.4. Matériel de laboratoire	21
2. Méthode d'étude	22
2.1. Préparation de l'extrait méthanolique par macération.....	22
2.2. Calcul du rendement de <i>Balanites aegyptiaca</i> en extrait sec.....	23
2.3. Tests phytochimiques.....	23
2.4. Analyse quantitative des composés phénoliques.....	25
2.5. Étude de la toxicité d'extrait méthanolique de <i>Balanites aegyptiaca</i>	27
2.6. Étude des l' activité biologiques de l'extrait méthanolique du <i>Balanites aegyptiaca</i> in vitro.....	28
2.6.1. Evaluation de l'activité antioxydante.....	28
2.6.2. Evaluation de l'activité anti-bactérienne.....	32
2.6.3 Evaluation de l'activité anticoagulante.....	33
2.6.4. Evaluation de l'activité anti-inflammatoire.....	34
Chapitre 04 : Résultats et Discussion.....	39
1. Rendement de l'extraction	40
2. Résultats de l'étude du activités biologiques in vitro	41
2.1.Evaluation du l'activité de teste phytochimique.....	41
2.2.Evaluation et détermination du l'activité composes bioactifs.....	43
2.3.Détermination des teneurs des composés bioactifs.....	48
2.4.Evaluation du l'activité antioxydante de <i>Balanite aegyptiaca</i>	50
2.4.1.Résultats de test piégeage du radical libre DPPH*.....	50
2.4.2.Résultats de test du FRAP (Ferric reducing antioxydant power).....	52
2.5. Evaluation du l'activité antibactérienne de <i>Balanite aegyptiaca</i>	55
2.5.Evaluation du l'activité anti-inflammatoire in vitro de <i>Balanite aegyptiaca</i>	57
2.6.Evaluation du l'activité anticoagulante de <i>Balanite aegyptiaca</i>	58
3. Résultats de l'étude du activités biologiques in vivo	60
3.1.Résultats du test toxicité de <i>Balanite aegyptiaca</i>	60
3.2.Evaluation du l'activité anti-inflammatoire in vitro de <i>Balanite aegyptiaca</i> 62.....	62
Conclusion	65
Références Bibliographiques	67
Annexes.....	80

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Introduction générale

Depuis la dernière décennie, les composés chimiques extraits des plantes et d'algues présentent un intérêt primordial en tant que sources de nouvelles bioactivités potentielles. Une grande variété d'activités biologiques à partir de plantes médicinales ont été récemment rapportées, en plus de leurs effets médicinaux traditionnels. Les médicaments à base de plantes ont suscité un intérêt considérable en tant que remèdes alternatifs contre le cancer en raison de leur faible toxicité et de leur faible coût **(Boual et al., 2015)**.

De l'antiquité, l'homme essaie de trouver des moyens efficaces contre les maladies à partir son environnement. Les extraits des plantes étaient, déjà, connus et utilisés par les égyptiens, les romains et les grecs, pour leurs propriétés odorantes et médicinales **(Diallo et Diouf., 2000)**.

L'utilisation des plantes médicinales pour le traitement des maladies vient habituellement de la croyance qu'elles présentent une très faible toxicité du fait de leur origine naturelle. Selon l'organisation mondiale de la santé, autour de 80% de la population du monde emploie la médecine traditionnelle pour le soin de santé **(Gomes et al., 2012)**.

Les fonctions corporelles sont liées aux processus d'oxydation et de réduction qui conduisent à la production d'espèces réactives de l'oxygène et à des antioxydants naturels. L'équilibre entre la production de ces molécules et leur élimination garantit le maintien des fonctions physiologiques normales du corps. Cependant, une surproduction entraîne des dommages au niveau moléculaire, endommageant les tissus et causant de nombreuses maladies. Le corps peut être protégé contre les dommages de ces molécules par des antioxydants, largement utilisés comme additifs alimentaires ou sous différentes formes pharmaceutiques

Ainsi, l'effet des extraits végétaux sur la croissance des micro-organismes et l'activité biologique, ainsi que les antioxydants naturels et leur activité chimique, sont des sujets de recherche pour exploiter les composés secondaires, notamment les polyphénols et les flavonoïdes, qui ont des propriétés antioxydantes et une activité biologique.

Les plantes médicinales sont considérées comme la principale source de composés phénoliques en tant que produits secondaires. Cependant, il existe une variation et une

Introduction générale

différence dans l'efficacité de ces composés d'une plante à l'autre, ce qui entraîne une efficacité différente (**Imane., 2015; Ben merache., 2012**).

L'Algérie possède une flore végétale riche et diversifiée. Parmi les plantes médicinales qui constituent le couvert végétal, il existe la famille des zygophyllaceae, cette dernière est largement distribuée dans les régions sahariennes. De nombreuses espèces de cette famille sont utilisées en médecine traditionnelle parce qu'elles renferment plusieurs molécules douées d'activités thérapeutiques, parmi les espèces les plus connues se trouve *Balanites aegyptiaca* largement utilisé pour traiter plusieurs maladies. (**Amas, 1997; Jaun et al., 2005**)

Pour compléter les recherches précédentes dans ce domaine, nous avons étudié la phytochimie et certaines activités biologiques d'un extrait végétal de la famille des Zygophyllaceae et du genre Fagonia.

Quelles sont les caractéristiques de cette plante ?

Quels sont ses composés actifs?

Quelle est leur activité biologique et chimique avec différents extraits?

Pour répondre à toutes ces questions, ce travail a été réalisé, consistant à étudier l'activité biologique et la phytochimie d'une plante de la famille des Zygophyllaceae et du genre Fagonia. Cette recherche a été divisée en deux parties principales: une introduction générale

Partie théorique composée de **deux chapitres** :

- **Le premier chapitre:** généralités sur la plante *Balanites aegyptiaca*.
- **Le deuxième chapitre:** étude phytochimique et activités biologiques.

Partie pratique comprend:

- Méthodes et matériaux de recherche, comprenant des analyses chimiques en laboratoire.
- Discussion des résultats.

En conclusion, nous avons terminé cette recherche en résumant les points essentiels abordés et en résumant les résultats pratiques obtenus.

Première partie:
Étude bibliographique

Chapitre 01:

Balanites aegyptiaca

1. Définition

Le dattier de désert également connu sous le nom *Balanites aegyptiaca*, appartient de la famille des Zygophyllaceae qui contient 25 genres et 500 espèces (**Ozenda, 2004**) et se trouve plus dans les régions tempérées chaudes et les plus séchés surtout en Afrique et aussi dans les régions tropicales (**Chapagain et al., 2007**).

Balanites aegyptiaca pousse dans la région du Sahel où il est confronté à de multiples défis environnementaux, en particulier la désertification, et il joue un rôle multifonctionnel dans la vie quotidienne des populations locales (**Sgna et al., 2014**).



Figure 01: Arbre de *Balanites aegyptiaca* (**Tesfaye, 2015**)



Figure 02: Fruits de *Balanites aegyptiaca* (**Originale,2024**)

Cette plante est connue sous plusieurs noms dans les différentes régions du monde selon le pays, Par exemple, les noms arabes: Heglig (arbre), lalob (fruit); nom commercial: zachun ou zaccone, datte du désert (fruits secs); en Inde: elle s'appelle Hingot, en Éthiopie, le nom amharique est Bedeno et son nom anglais est thorn tree/desert date (**Rathore et al., 2005**).

2. Systématique

🌿 Famille:

Cette famille comprend environ 25 genres et 500 espèces; elle est représentée dans tous les continents mais principalement dans les régions arides: ainsi au Sahara on observe 7

genres et 27 espèces, c'est-à-dire que les Zygophyllacées forment plus de 3% de la flore de notre désert.

Parmi ces Zygophyllacées sahariennes, plus du tiers des espèces et de nombreuses variétés sont des endémiques du Sahara; c'est, sous le rapport de l'endémisme, le groupe le plus intéressant de toute la flore nord-africaine (**Ozenda, 2004**).

Les Zygophylloideae regroupées en quatre genres:

- *Augea* (monotypique)
- *Tetraena* (monotypique)
- *Fagonia* (30 espèces)
- *Zygophyllum* (150 espèces)

A côté des quatre autres sous-familles:

Larreoideae, Morkillioideae, Seetzenioideae et Tribuloideae (**Ayad, 2008**).

Depuis de nombreuses années, il y a des conflits pour la position familiale des *Balanites*, alors que certains auteurs ont reconnu les *Balanites* comme un membre de la famille des Zygophyllaceae, d'autres botanistes ont reconnu les Balanitacées comme une famille monotypique) (**Rojas-Sandoval, 2016**).

Dans la dernière classification révisée et mise à jour des familles d'angiospermes, le genre *Balanites* est classé dans la famille des Zygophyllaceae, sous-famille des Tribuloideae. Actuellement, le genre *Balanites* comprend 9 espèces, dont sept se trouvent en Afrique et les deux autres en Asie (**Rojas-Sandoval, 2016**).

Espèce

L'espèce de *Balanites aegyptiaca* L a été plantée en Egypte depuis plus 4000 ans. Plusieurs synonymes peuvent aussi être rencontrés pour le désigner [*Ximenia aegyptiaca* L. (*Balanites roxburghii* Planch), *Agialida senegalensis* Van Tiegh., *Agialida barteri* Van Tiegh., *Agialida tombuctensis* Van Tiegh., *Balanites ziziphoides* Milbr et Schlechter, *Balanites latifolia* Van Tiegh] (**Diedhiou, 2017**).

Noms vernaculaires:

- Dattier du désert, Balanite ou Hagueleg en Français
- Desert date, Soapberry tree, Thorn tree en Anglais

- Soump en Wolof (langue nationale sénégalaise) (**Diedhiou, 2017**).

Position systématique

Domaine: Eukaryota

Royaume: Plantae

Embranchement: Spermatophyta

Subphylum: Angiospermae

Classe: Dicotyledonae

Sous-classe: Geraniales

Famille: Balanitacées

Genre: *Balanites*

Espèce: *Balanites aegyptiaca* (**Rojas-Sandoval, 2016**).

3. Description

Balanites aegyptiaca est un arbre épineux à plusieurs branches mesurant atteindre 7 à 8 mètres de haut, très ramifié, avec de jeunes rameaux allongés et tomenteux. Ses feuilles sont alternes, sont composées de deux folioles ovales-lancéolées et portent à leur base des épines pouvant atteindre 7 cm (**Ozenda, 2004**).

La plante est pourvue d'épines simples, vertes et rigides, et ses fleurs sont petites. Le fruit est une drupe ovoïde, trouvée sur une tige courte et épaisse mesurant entre 2 et 5,6 centimètres de longueur, légèrement cannelée. Le fruit mûr est brun ou brun pâle. (**Yadav et al., 2010**).

Il produit 5 à 8 fleurs subsessiles. Les sépales, au nombre de 5, sont pubescents, les pétales, également au nombre de 5, sont linéaires, et il compte 5 étamines (**Quézel, 1963**). Le fruit du dattier du désert se compose d'un épicarpe, d'un mésocarpe (la pulpe), d'un endocarpe et d'un noyau (amande) (**Mohamed, 2002**).

Le fruit est une drupe de la taille d'une prune et légèrement striée, composée d'un épicarpe (5% à 9%), d'un mésocarpe (28% à 33%), d'un endocarpe (49% à 54%) et d'un noyau (8% à 12%). Les fruits immatures sont verts et pubescents, devenant jaunes à brunâtres et glabres après maturation, avec un goût doux-amer.

4. Utilisation traditionnelle

Les utilisations de l'espèce *Balanites aegyptiaca* sont nombreuses dans les pays africains, selon la partie de plante utilisée on distingue:

Les graines: sont utilisées comme expectorant et fébrifuge, antibactérienne et antifongique. L'huile de graines est utilisée pour traiter les tumeurs et les plaies, et pour traiter les maux d'estomac, l'ictère, la fièvre jaune, la syphilis et l'épilepsie.

Les fruits: sont utilisés dans la coqueluche, également dans la leucodermie et d'autres maladies de la peau. En médecine populaire égyptienne, les fruits sont utilisés comme hypoglycémiant oral et antidiabétique.

Dans la médecine populaire soudanaise l'extrait aqueux du mésocarpe de fruit est utilisé dans le traitement de l'ictère. Le fruit entre aussi dans les préparations alimentaires et pour traiter la dysenterie et la constipation aussi les maladies du foie. **(Chothani et Vaghasiya, 2011).**

L'arbre est très apprécié dans tout le Sahel et le Sahara régions pour ses bois (propices à la cuisson), ses fruits comestibles (mésocarpe sucré et huile de noyau nutritive), valeur de l'alimentation animale, ombre et abri et nombreuses utilisations ethnomédicinales **(Abdelaziz et al., 2020).**

5. Métabolites secondaires

Balanites aegyptiaca contient des nombreux métabolites secondaires, tels que: des stéroïdes, des alcaloïdes, des flavonoïdes, des coumarines et en particulier des saponines **(Mohamed et al., 2002).**

Le noyau du fruit contient une quantité considérable de huile nutritive (40% à 51%) composée de 11 acides gras différents comprenant à la fois des acides gras saturés (principalement palmitiques et stéarique) et insaturé (principalement oléique et linoléique). Le noyau du fruit est également riche en protéines (26,1% à 34,3%) et contiendrait une quantité variable de polyphénols (47,8 à 117,5 mg / 100 g).

Cependant. Les saponines, appelées balanitinis. Autres composés bioactifs tels que les alcaloïdes, les flavonoïdes, les tanins et les vitamines ont été signalés dans le fruit ainsi que dans les feuilles, les branches et les racines de la datte du désert **(Abdelaziz et al., 2020).**

Chapitre 02:
Etude phytochimique et
Activités biologiques

1. Constituants phytochimiques

Balanites aegyptiaca contient une gamme variée de métabolites secondaires, elle est riche en polyphénols tels que les flavonoïdes, les acides phénoliques et coumarines, des alcaloïdes, des stéroïdes, des saponines (saponines de spirostanol, saponines de furostanol et saponines stéroïdiennes à chaîne ouverte) et des glycosides de prégnane, isolés à travers des tissus végétaux, sous forme de fruits, de feuilles, de graines, de racines et de galles ou d'écorce de tige (Murthy et al., 2021).

1.1. Polyphénols

Les polyphénols naturels sont généralement présents dans les végétaux supérieurs complexes de métabolites secondaires, ils sont solubles dans l'eau, et même possèdent des masses moléculaires relatives comprises entre 500 et 3 000 (Edwin et al., 2015).

Ce sont des composés qui peuvent s'accumuler dans plusieurs parties de la plante comme les feuilles, les fruits, les racines et les tiges, ils contiennent plusieurs fonctions biologiques. Ils sont nécessaires à la vie végétale, ils peuvent fournir une défense contre les attaques microbiologiques et rendre les aliments désagréables pour les prédateurs et autres herbivores (Bavaresco, 2003 ; Vogt, 2010).

Certaines études épidémiologiques ont montré qu'une consommation régulière des aliments riches en composés phénoliques permet de prévenir certain pathologie comme les maladies cardiovasculaires, neuro-dégénératives, certain cancer (Hung, 2004). Les composés phénoliques présentent une grande diversité de structures, plusieurs milliers de composés différents ont été identifiés dans la nature (Bruneton, 2009). Ce sont des composés organiques avec un ou plusieurs groupes hydroxyle attachés à un cycle phényle (Gulluce et al., 2003 ; Cui et al., 2012).

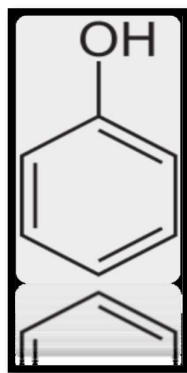


Figure 03: Structure phénolique (Sarni-Manchado et al., 2006)

❖ Classification des polyphénols

La famille des polyphénols contient l'une des molécules les plus abondantes et les plus étudiées naturellement présentes dans le règne végétal les polyphénols (Collin et al., 2011). Le terme « phénol » englobe environ 10000 composés naturels identifiés (Martin et al., 2002 ; Druzyńska, 2007).

L'élément structural principal qui contient au moins un noyau phénolique à 6 carbones, lié d'un groupe hydroxyle (OH) libre ou engagé dans une autre fonction : ester, éther (Bruneton, 1999 ; Balasundram, 2006).

Les polyphénols sont caractérisés par la présence de différents groupements phénoliques dans leur structure. Ils sont répartis en différents groupes caractérisés en fonction de la structure de leur squelette carboné exemple: flavonoïdes (C6-C3-C6) » et acides phénoliques (C6-C1 ou C6-C3) (Manach et al., 2004).

Les Polyphénols peuvent être classés en deux groupes: Les composés flavonoïdes et les composés non flavonoïdes.

1.2. Flavonoïdes

Les flavonoïdes généralement sont des composés phénoliques qui représentent des constituants essentiels de la partie non énergétique de l'alimentation humaine (Martínez-Flórez et al., 2011). Ainsi que, sont les composés polyphénoliques les plus abondants contenus dans les végétaux. Sa structure comprend un squelette composé de deux cycles aromatiques (A et B) porteurs de plusieurs fonctions phénol et comprend une chaîne de trois atomes de carbone (Stoclet et al., 2011).

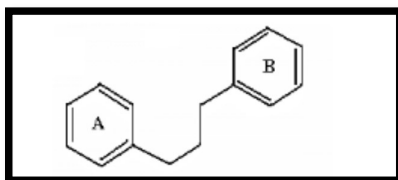


Figure 04: Squelette de base des flavonoïdes (Rijke, 2006).

❖ Classes de flavonoïdes

Flavanones Ce sont des composants qui ne contiennent pas des groupements OH en position 3, et présentent de fortes similitudes de structures avec les flavonols, ce sont des flavonoïdes responsables de la saveur amère de certaines pamplemousses, citrons, orange: la naringine (Alais et al., 1997).

Flavones existent dans toutes les principales lignées de plantes terrestres. Les espèces végétales productrices de flavones appartiennent à plus de 70 familles différentes au sein du règne végétal (**Harborne et al., 1999**).

Flavonols probablement considèrent comme: 3-hydroxyflavones et les flavones, à l'inverse, comme des 3-désoxy-flavonols (**Herrmann, 1979**). Les flavonols et précisément la quercétine, sont pleinement distribués dans les plantes et sont présents en quantités considérables dans les fruits et légumes (**Perez-Vizcaino et al., 2010**).

Chalcones sont des dérivés des flavonoïdes ils ont une grande variété d'effets pharmacologiques, y compris activités antiprolifératives et anticancéreuses, l'un des mécanismes de l'action anticancéreuse l'activité des chalcones peut être la suppression de l'anxiogènes (**Hsu, 2004**).

Isoflavones On dit que les isoflavones affectent la liaison, l'entrée, la réplication, la traduction des protéines virales et la formation de certains complexes de glycoprotéines d'enveloppe virale (**Andres, 2009**).

1.3. Tanins

Les tanins, sont des composés polyphénoliques amplement présents dans la plante Royaume (Quideau, 2011), Ce sont essentiellement des métabolites secondaires produits par les plantes pour leur adaptation et leur protection aux stress abiotiques (**Xia, 2010**).

Ils sont divisés en deux parties:

Tanins condensés:

Les tanins condensés sont généralement plus importants que les tanins hydrolysables mais leur connaissance est beaucoup moins avancée, Les tanins condensés d'un tissu végétal sont constitués par un mélange de plusieurs polymères (**Opet, 2012**).

Tanins hydrolysables:

Les tanins hydrolysables (THs) sont des oligo- ou poly-esters d'un sucre, en général le glucose, et de molécules d'acide-phénol (**Salminen et al., 2011**).

Ils sont classés selon la nature de l'acide-phénol: les tanins galliques possèdent un acide gallique (**Hagerman, 2012**).

1.4. Saponines

Les saponines sont des constituants bio organique qui ont une structure triterpénoïde ou stéroïdien Glycosylé, ces composés ayant de diverse propriétés biologiques antimicrobiennes, anti-inflammatoires, et anticancéreuses (**El Aziz et al., 2019**).

1.5. Alcaloïdes

Les alcaloïdes sont des métabolites secondaires qui contiennent des atomes d'azote basiques et présentent plusieurs activités biologiques, En particulier leur efficacité dans le traitement du cancer (Roberts et al., 1998).

1.6. Composition nutritionnelle

Le fruit de *Balanites aegyptiaca* contient de protéines, glucides, lipides aussi il est riche en vitamines dont la pro-vitamine A et en minéraux (le magnésium, le calcium, Le fer, le phosphore, le potassium et le sodium, le manganèse, le cuivre, le plomb, le chrome, le cobalt, et le sélénium) (Murthy et al., 2021).

2. Activités biologiques

2.1. Activité antioxydante

Il a été déterminé que les noix et les fruits mineurs possèdent d'abondants des composés phytochimiques antioxydants et qu'ils sont bénéfique pour la santé (Murthy et al., 2020).

Les extraits aqueux de fruits ont été démontré plusieurs types de stress physiques et physiologiques conduisent à la surproduction dans le corps humain, et qui aboutient à des dommages oxydatifs à l'ADN, aux protéines et lipides, qui sont responsables de certains troubles de santé tels que les maladies cardiovasculaires, le cancer et le vieillissement cellulaire (Khalil et al., 2016).

2.2. Activité antimicrobienne

Le fruit, les feuilles, l'écorce de racine et de tige sont des parties de la plante *Balanites aegyptiaca* qui présentent des activités antibactériennes et antifongiques qui ont été déterminés par plusieurs études (Doughari et al., 2007).

2.3. Activité anti-inflammatoire

L'activité anti-inflammatoire a été évaluée dans des extraits méthanoliques et éthanoliques de l'écorce dans deux modèles animaux différents, l'oedème induit par le carraghénane chez le rat et le test de contorsion induit par l'acide acétique chez la souris.

L'extrait éthanolique de parties aériennes de *Balanite aegyptiaca*, lorsque administré par voie orale sous forme de suspension à 300 mg/kg de poids corporel par jour, a réduit le volume de la patte de 55,03 %, alors que dans le cas de l'administration de 600 mg/kg de

poids corporel par jour, il était de 65,54 %, ce qui indique que l'effet était dose-dépendant **(Speroni et al., 2005)**.

Les composés phytochimiques responsables de ces activités se sont avérés être des flavonoïdes, des saponines B1 et B2 isolées de l'écorce et des parties aériennes de la plante **(Speroni et al., 2005 ; Gaur et al., 2008)**.

2.4. Autres activités

La plante de dattier de désert aussi présente d'autres activités biologiques qui lui donner une importance médicinale tels que des propriétés anticancéreuse, antibactérienne, Antifongique, activité molluscicide, activité insecticide **(Yadav, 2010)**.

Deuxième Partie:

Étude expérimentale

Chapitre 03:

Matériaux et méthodes

CHAPITRE 03 : Matériel et méthodes

Dans le présent chapitre, nous nous traitons du principe adopté, des matériaux utilisés et des méthodes d'étude de l'extrait méthanolique de fruit la plante spontanée médicinale *Balanites aegyptiaca*.

Dans le but d'identifier et d'évaluer leurs activités antidiabétiques, leurs activités anti-inflammatoires in vivo et in vitro et leurs activités anti oxydantes in vitro.

Notre travail de recherche a été réalisé au sein du la boratoire pédagogique qui fait partie de faculté des sciences de la nature et de la vie de l'Université Echahid Hamma Lakhdar d'EL Oued, au niveau du laboratoire de l'hôpital de Guemar.

1. Matériel d'étude

Le matériel d'étude regroupe les appareillages de laboratoire, équipements et les produits chimiques en plus du matériel biologique.

1.1. Matériel biologique

Il est représenté par l'espèce végétale choisie et le modèle animal adopté.

1.2. Matériel végétal

L'espèce végétale utilisée dans cette étude expérimentale est *Balanites aegyptiaca* (Coss et Dur) Benth et Houk appartenant à la famille des Apiaceae, et sa taxonomie, sa phytochimie, son activité et toutes les données qui la concernent ont été précédemment signalées. L'échantillon de plante a été choisi pour cette étude sur la base de son utilisation courante en médecine traditionnelle pour le traitement du diabète (**Hammiche et al., 2006**) et de son effet antioxydant (**Khettaf et al., 2016**) et anti-inflammatoire, et son importance a été reconnue par (**Ozenda, 1958 ; Quézel et Santa, 1963**) et sont souvent rencontrées dans les régions arides ou désertiques.

La partie aérienne (les fruits) a été choisie pour réaliser les expérimentations de cette étude car c'est à son niveau que se trouve la majorité des substances actives, c'est-à-dire qu'elle est le lieu de synthèse et de la mise en réserve temporaire des principaux composés du métabolisme primaire et secondaire.

A. Récolte, Séchage et broyage *Balanites aegyptiaca*

La plante *Balanites aegyptiaca* a été récolté en Mars 2022 auprès du la Wilaya d'Adrar en Algérie située à 267 km au sud-ouest de Ghardaïa, et placés à l'intérieur de sacs en tissus puis immédiatement transportés pour être séchés.

Les fruits de la plante sont soumis à un rinçage à l'eau du robinet pour éliminer les impuretés puis étalées en minces couches, après séchage à température ambiante et à l'abri de la lumière et d'une bonne aération, elles sont coupées et partiellement broyées par un moulin électrique pour obtenir de la poudre de plante, conservés dans des bocaux hermétiquement fermés et placés dans un endroit sec à l'abri de la lumière et de la chaleur (GAO et al., 2015) jusqu'au début de l'expérience.

B. Répartition géographique de la zone derécolte de *Balanites aegyptia*

Wilaya d'Adrar, d'où les parties aériennes de la plante *Balanites aegyptiaca* ont été récoltées, est situé dans le sud de l'Algérie et se caractérise par un climat désertique, sécheresse et manque de précipitations. Altitude au-dessus du niveau de la mer à environ 380 mètres. Elle est bordée au nord par : wilaya de El Bayadh, Ghardaïa, à l'est : la wilaya de Tamanrasset, au sud: Mauritanie et Mali , à l'ouest: Béchar

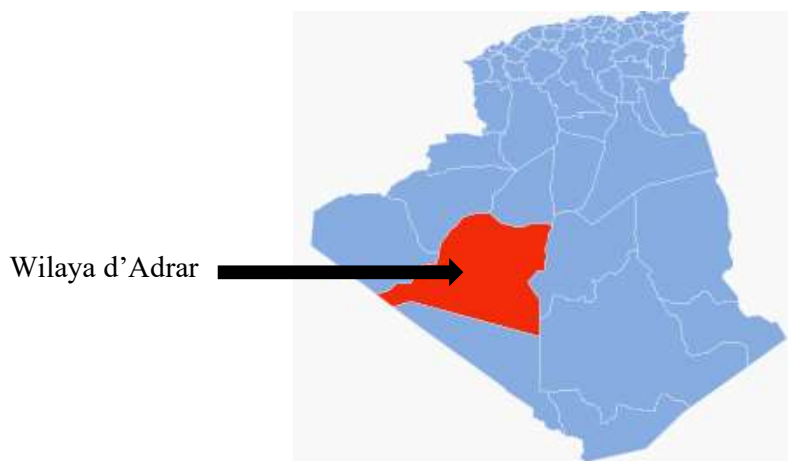


Figure 05: Cartegéo graphique de l'Algérie montrant la zone de récolte de plante étudiée
Adrar

1.3. Matériel animal

Notre étude a été réalisée sur 5 ratte blanche femelle de la souche *Wistar Albinos* âgées de 9 à 11 semaines et pesant entre 183 g et 245 g. Ces animaux ont été amenés de l'Institut Pasteur d'Alger, et élevés dans une animalerie de la faculté de sciences de la nature et de vie de l'université d'El-oued.

A. Elevage

Les ratte sont élevées dans des cage en plastique après ont été nettoyées. Quatre ratte sont répartis dans chaque cage munie d'étiquettes qui distinguent les lots selon l'étude, et afin de suivre chaque ratte pendant la période de traitement, ils sont numérotés au feutre permanent (**Figure 06**). Ces cage contiennent de sciure de bois qui est changée trois fois par semaine jusqu'à la fin de l'expérimentation.

Les ratte sont gardées en phase d'adaptation pendant deux semaines avant le début de l'expérimentation sous des conditions de lumière et de température contrôlées (12 heures d'éclairage /Température de 24 °C) où elles ont un accès libre à l'eau et à la nourriture standard. Toutes les ratte sont traitées et manipulées selon les normes dictées dans les manuels sur le soin et l'utilisation des animaux d'expérimentation (CCPA, 1984). Pour suivre l'évolution pondérale des ratte, des mesures ont été effectuées régulièrement deux fois par semaine à l'aide d'une balance électronique.

B. Régime alimentaire

Le régime utilisé dans notre expérience est commercialisé sous le nom d'EIALF bétails, sous forme de mélange de différents produits broyé, cette alimentation est composée d'orge, de maïs et de son (**Southon et al., 1984**).

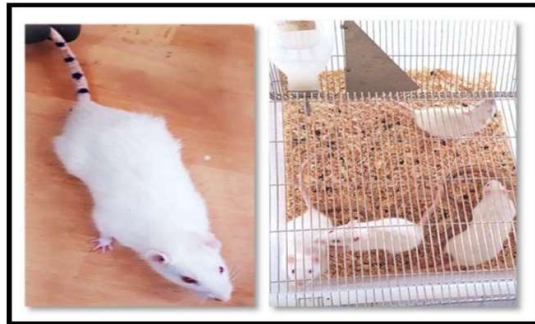


Figure 06 : Phase d'adaptation et suivi des ratte (**Originale, 2024**)

1.4. Matériel de laboratoire

A. Appareil et équipements

Les équipements utilisés sont regroupés dans le tableau suivant (**Tableau 01**) :

Tableau 01 : Matériel utilisés lors des expérimentations

Appareil	Équipements de laboratoires
Spectrophotomètre UV-Vis+Cuves	Seringue+Gavage
Bain-marie	En tonnoiren verre+Papierfiltre
Centrifugeusehorizontale	Tubesàessaienverre+support
Étuve	Bécher+Cristallisoir
Agitateurmagnétique+barreauaimanté	Micropipettes+Pipettegraduée
Centre d'inclusion de paraffinemo dulaire	Pissette
Glucomètre+bandelettes	Spatule+Règle
	Lames et lamelles
	Cassettes à inclusion histologique
	Flaconenverre
	Seringue insuline 1ml

B. Réactifs et Produits chimiques

Plusieurs réactifs et produits chimiques ont été utilisés dans ce travail, parmi ces produits (**Tableau 02**).

Tableau 02: Produits chimique utilisés lors de l'expérimentation

Réactif de Drajendorf	DPPH
RéactifdeMayer	Acide ascorbique
HCL	Tampon phosphate de sodium(pH6.6)
Magnésium(Mg)	Fer ricyanure de potassium (K ₃ [Fe(CN) ₆])(1%)
Chlorured'hydrogèneFeCl ₃ (à0.1%)	Acide trichloracétique(TCA)(10%)
Méthanol	Chlorured'hydrogèneFeCl ₃ (0.1%)
Chloroforme	Tamponphosphatedesodium(pH6.4)
Anhydride acétique	Acide acétyl salicylique(Aspirine)
Acide sulfurique H ₂ SO ₄	Albumine d'œuf
Folin-Ciocalteu	Alloxane
Bicarbonatedesodium Na ₂ CO ₃ (7.5%)	Sérum de glycosyle
Acide gallique	Carragénine
Quercetine	Sérum de salée(eau physiologique)
Chlorure d'aluminium AlCl ₃ (2%)	Formol
Eaudistillé	TubesHéparinés
Ethanol	Eosineaqueux
Xylène	Hémataxyline

En plus d'un kits de réactifs pour l'analyse en laboratoire: les kits de réactifs de cholestérol et triglycéride, et glucose oxydase, les kits de réactifs de l'urée et créatinine, les kits des réactifs de TGP et TGP.

2. Méthode d'étude

2.1. Préparation de l'extrait méthanolique par macération

Traditionnellement, l'extraction de l'eau est déjà la méthode la plus utilisée en médecine traditionnelle. Cette méthode offre simplicité et confort, avec quelques modifications en fonction de l'herbe et de la méthode.

Ce type d'extraction a été réalisé selon la méthode (Majhenic et al., 2007; Bougandoura et Bendimerad, 2012), avec quelques modifications la plantes de *Balanites*

aegyptiaca. Cette méthode était faite en versant 10 grammes de la poudre des fruits de la plante *Balanites aegyptiaca* dans 100 ml d'eau distillée et placée sur l'agitateur pendant 21 heures Traditionnellement, l'extraction de l'eau est déjà la méthode de la plus utilisée en médecine traditionnelle.

Cette méthode offre simplicité et confort, avec quelques modifications en fonction de l'herbe et de la méthode, puis l'extrait était macéré pendant 3 heures puis on procédait à une filtration à l'aide de papier filtre pour obtenir notre extrait. Après filtration, il est séché en étuve à une température ne dépassant pas 50°C. On obtient alors un extrait sous forme d'un film mince solide à grattée par une spatule plate et stocké ensuite au réfrigérateur à 4 C° dans des flacons en verre fermés couverts avec le papier d'aluminium jusqu'à utilisation (Figure 07).



Figure 07 : l'extrait méthanolique de fruit la *Balanites aegyptiaca* (Originale,2024)

2.2. Calcul du rendement de *Balanites aegyptiaca* en extrait sec

Le rendement de la plante en extrait est le rapport entre le poids de l'extrait et le poids de la plante à traiter (Truong et al., 2019). Le rendement qui est exprimé en pourcentage a été calculé par la formule suivante :

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

Où:

R: est le rendement en %.

PEB : Poids de l'Extrait Brut(g)

PMV : Poids de matière végétale(g)

2.3. Tests phytochimiques

Les tests phytochimiques qualitatifs qui ont été réalisés sur l'extrait aqueux de *Balanites aegyptiaca*, permettent de détecter les différentes familles des métabolites secondaires qui y sont présents à travers un ensemble de réactions chimiques, de réactions de coloration ou de précipitation par des réactifs chimiques spécifiques réalisée sur l'extrait (**Himour et al., 2016 ; Batah et al., 2016**). On peut citer les métabolites secondaires principaux : les polyphénols (flavonoïdes, tannins), les sucres réducteurs, les alcaloïdes, les saponosides.

A. Test des polyphénols

Le 0,1g de chaque extrait a été dissout dans 3ml de solvant (chaque extrait est dissous dans son solvant d'origine) et 5 gouttes de FeCl₃ à 2% y ont été ajoutées. La présence des composés phénoliques a été marquée par l'apparition de la couleur bleue-verdâtre (**Rosine et Momo, 2009**).

B. Test des flavonoïdes

Ils sont mis en évidence de la réaction à laou (réaction de Shibata) a été utilisée 2ml d'extrait a été repris dans 5 ml d'alcool chlorhydrique. En ajoutant 2 à 3 copeaux de magnésium, la présence des flavonoïdes est révélée par l'apparition d'une couleur rouge orangé ou violacée (**Lahmer et Messai, 2017**).

C. Test des tannins

La présence des tanins catéchiques et galliques est mise en évidence à l'aide du chlorure ferrique. Dans un tube à essai, on ajoute à 2 ml d'extrait a analysée avec 2 à 3 gouttes d'une solution aqueuse de FeCl₃ à 1%. En présence de tanins galliques, on observe une coloration bleue noire, alors qu'en présence de tanins catéchiques cette coloration est brune verdâtre (**Lahmer et Messai, 2017**).

D. Test des sucres réducteurs

Les sucres réducteurs ont été mis en évidence dans les extraits végétaux par le réactif de Fehling. Pour 5 ml d'extrait brut sont additionnés 5 ml de liqueur de Fehling. La formation

CHAPITRE 03: Matériaux et méthodes

d'un précipité rouge brique après 2-3 min de chauffage au bain-marie à 70°C indique une réaction positive (Békro et al., 2007).

E. Test des alcaloïdes

Dans deux tubes à essai, introduire 1 ml d'extrait à analyser. Acidifier le milieu par quelques gouttes de HCl et de réactif de Mayer dans le premier tube (Kanoun, 2011) et 2 gouttes de réactif de Dragendorff (réactif à l'iodobismutate de potassium) dans le deuxième tube. L'apparition d'un précipité blanc ou brun-rougeâtre, respectivement révèle la présence des alcaloïdes (Bagre et al., 2007).

F. Test des saponosides

Les saponosides sont détectés par agitation manuelle du tube à essais contenant 1 ml d'extrait végétale dans le sens de la longueur du tube pendant 15 secondes. puis laissé au repos pendant 15 min. la hauteur de mousse supérieure à 1cm indique la présence des saponosides (Bidie et al., 2011).

G. Test des Terpénoïdes (Test de Slakowski)

A 5 ml d'extrait sont ajoutés 2 ml de chloroforme et 3 ml d'H₂SO₄. Le test positif est indiqué par l'apparition de deux phases avec formation d'un anneau marron-rouge à l'interface (Khan et al., 2011)

Tableau 03: Réactifs et indicateurs du métabolites secondaires (Harchaoui, 2019)

Groupe schimiques	Réactifs d'identification	Indicateurs
Flavonoïdes	Alcool chlorhydrique Copeaux de magnésium	Coloration rouge-orangée ou violacée
Tanins galliques	Chlorure ferrique	Coloration bleue noire
Tanins catéchiques	Chlorure ferrique	Coloration brune verdâtre
Sucres réducteurs	Liqueur de Fehling	Précipité rouge brique

Alcaloïdes	Mayer	Précipité blanc
	Drajendorf	Précipité ou coloration brun-rougeâtre
Saponosides	Hauteur de mousse	Apparition d'une mousse persistante

2.4. Analyse quantitative des composés phénoliques

A. Dosage des polyphénols totaux

❖ Principe

Principe de cette méthode repose sur la réduction des réactifs acides phosphotungstique (H3PW12O40) ou réactif de Folin-ciocalteu dans une solution alcaline. Lors de l'oxydation, il est réduit en un mélange d'oxyde bleu : oxyde bleu de tungstène (W8O23), la couleur obtenue dont l'absorption maximum à environ 760-765 nm est proportionnelle à la quantité de polyphénols qu'il contient extrait qui a été analysé (**Kessimi, 2006**).

❖ Mode opératoire

Les polyphénols ont été quantifiés en utilisant le réactif de Folin. Ciocalteu en prenant 200µl d'extrait et en mélangeant dans 1ml de réactif ciocalteu-Folin, attendre 5 minutes puis ajouter 800 µl de carbonate de sodium Na2CO3 (7.5%) et placés dans l'obscurité pendant 2 heures, puis mesurés l'absorbance de la solution préparée à une longueur d'onde de 765 nm à l'aide d'un spectrophotomètre (**Figure 08**).

La courbe d'étalonnage a été réalisée par l'acide gallique à différentes concentrations (0.187 - 3mg/ml), dans les mêmes conditions et les mêmes étapes de dosage. Les résultats sont ainsi exprimés en mg équivalent d'acide gallique par mg d'extrait sec (mg d'EAG/mg) (**Normala et Mardhiah, 2010**).

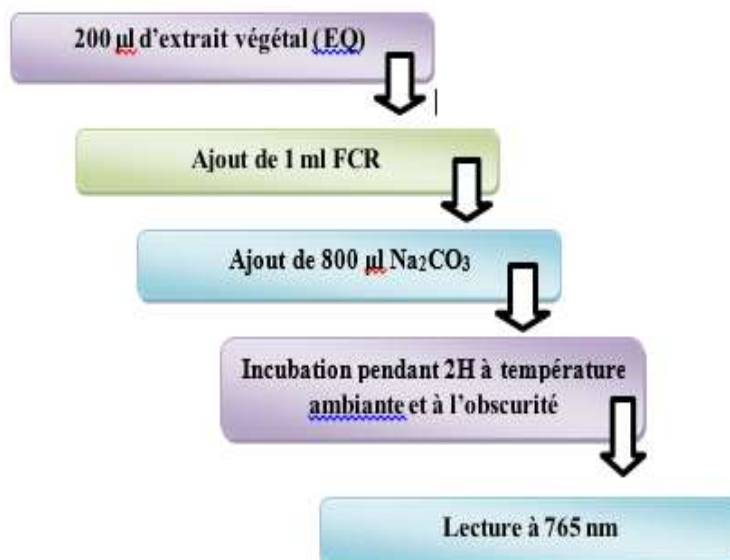


Figure 08 : Différentes étapes du dosage des polyphénols totaux (PPT) d'extrait

B. Dosage des flavonoïdes

❖ Principe

Les flavonoïdes contiennent un groupement hydroxyle libre en position 5 qui est capable de donner un composé jaunâtre en chélatant les ions, en présence de chlorure d'aluminium Al^{+3} . La coloration jaune produite est proportionnelle à la quantité de flavonoïdes présente dans l'extrait (Basli et al., 2012).

❖ Mode opératoire

La détermination des flavonoïdes totaux a été effectuée : 1 ml eau distillée est ajouté à 1 mg d'échantillon à analyser est ajoutés à 1 ml de la solution d' $AlCl_3$ (0,2% dissous au méthanol). Lire les absorbances à l'aide d'un spectrophotomètre UV-visible à 420nm, après son départ incubé 1 heure à température ambiante (Ghedadba et al., 2015 ; Lahmer et Messai, 2017) (Figure 09).

La concentration des flavonoïdes contenus dans les extraits végétaux a été calculée en se référant à la courbe d'étalonnage à base de quercétine comme standard (0,187- 3 mg/ml), Les résultats ont été exprimés en mg d'équivalents de la quercétine par mg d'extrait (mg EQ/mg) (Mbaebie et al., 2012). Les flavonoïdes contiennent un groupement hydroxyle libre en position 5 qui est capable de donner un composé jaunâtre en chélatant les ions, en présence de chlorure d'aluminium Al^{+3} .

La coloration jaune produite est proportionnelle à la quantité de flavonoïdes présente dans l'extrait (Basli *et al.*, 2012).



Figure 09: Différentes étapes du dosage des flavonoïdes (FV) d'extrait méthanolique

2.5. Étude de la toxicité d'extrait méthanolique de *Balanites aegyptiaca*

A. Animaux de tests de toxicité

L'étude de la toxicité aiguë est une analyse qualitative et quantitative de l'altération irréversible des fonctions vitales après administration unique d'une substance dans un délai quelques jours (Ruckebusch, 1981).

La toxicité aiguë de *Balanites aegyptiaca* a été évaluée chez 15 rattes Wistar (male) répartis au hasard en 3 lots de 5 rattes chacun, après soumises à un jeûne de 16 heures sauf l'eau, chaque groupe reçoit quotidiennement une dose unique de l'extrait aqueux de la plante à testés (500 ou 1000 mg/kg p.c.) par voie orale à l'aide d'une seringue de gavage, gardés dans des mêmes conditions.

Les signes de toxicité et le poids des rattes ont été enregistrés pendant la durée de l'expérimentation (7 jours) selon la méthode (Pissang *et al.*, 2022), avec quelques modifications.

Les groupes des animaux:

Groupe 01: Rattes recevant eau distillée (lots témoins).

Groupe 02: Rattes recevant l'extrait méthanolique de *Balanites aegyptiaca* 500 mg/kg p.c.

Groupe 03: Rattes recevant l'extrait méthanolique de *Balanites aegyptiaca* 1000 mg/kg p.c.

Groupe 04: Rattes recevant l'extrait méthanolique de *Balanites aegyptiaca* 1500 mg/kg p.c.

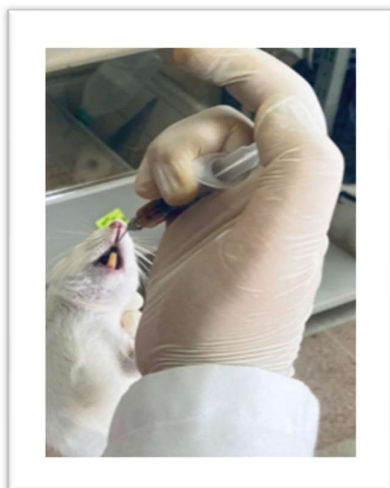


Figure 10: Administration de extrait méthanolique par voie orale à l'aide d'une seringue de gavage (Originale, 2024)

2.6. Étude des l'activité biologiques de l'extrait méthanolique du *Balanites aegyptiaca* in vitro

2.6.1. Evaluation de l'activité antioxydante

La capacité d'un extrait ou d'un composé végétal à l'élimination des radicaux libres sont estimés de plusieurs manières, dont les plus importantes sont : test d'inhibition des radicaux libres " DPPH " ou test de la réduction du fer " FRAP ".

A. Test du piégeage du radical libre (DPPH)

❖ Principe

Méthode de test d'inactivation des radicaux libres le DPPH dépend de la capacité des extraits de plantes (antioxydants) à donner un atome d'hydrogène à partir de groupes hydroxyles phénoliques et à modifier le radical libre DPPH, et cela se traduit par la disparition de la couleur violette de la racine de DPPH* et sa transformation en DPPH-H jaune (**Figure 11**) à la suite de sa conversion en un composé stable (2, 2-diphényl-1-picrylhydrazine) (Colak et al.,2017). Afin de suivre coloriquement cette interaction, un spectrophotomètre est utilisé à une longueur d'onde de 517 nm.

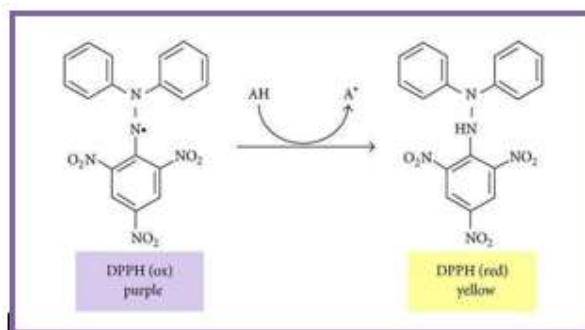


Figure 11 : Réaction de test DPPH (2.2 Diphenyl 1 picryl hydrazyl)
(Yacooba et al., 2018)

❖ **Mode opératoire**

✓ Préparation du réactif DPPH

- 4 mg de DPPH* sont dissous complètement dans le méthanol dans une fiole de 100 ml
- Cette solution est mise dans le frigo (elle doit être protégée de l'air et de la lumière)

✓ Préparation des extraits

Préparez la solution originale en prenant 12 mg de l'extrait et nous le dissolvons dans 2 ml de méthanol pour que la concentration de la solution d'origine devienne 6 mg/ml, et sur la base de cette concentration, nous préparons le reste des dilutions.

Prélever 200 µl de l'extrait dissous dans du méthanol et ajouter 800 µl de la solution DPPH (3 itérations), homogénéiser la solution, incuber les tubes à l'obscurité pendant 30 minutes, puis mesurer l'absorbance des solutions préparées à une longueur d'onde de 517 nm par un spectrophotomètre (Dziri et al., 2012; Azouaou et al., 2020).

Pour la comparaison positive du pourcentage d'inhibition des radicaux libres DPPH nous utilisons de l'acide ascorbique dont l'absorbance a été mesuré dans les mêmes conditions que les échantillons et pour chaque concentration.

❖ **Pourcentage d'inhibition**

En suite, la courbe exprimant résultats en tant qu'activité de piégeage des radicaux libres ou activité d'inhibition des radicaux libres en pourcentages (I%) en fonction des concentrations (µg/ml) des différentes solutions est tracée à l'aide de la formule suivante (Trabsa, 2015).

$$I\% = [(AC-AE)/AC] \times 100$$

Avec :

I % : Pourcentage d'inhibition

AC : Absorbance du contrôle (DPPH)

AT : Absorbance de l'extrait (Trabsa, 2015)

❖ Calcul de la concentration inhibitrice de 50% (IC50)

Graphiquement les IC50 sont calculées par les régressions linéaires des graphes tracés ; pourcentages d'inhibition en fonction de différentes concentrations de fraction testée. IC50 ou concentration inhibitrice de 50% (aussi appelée EC50 pour Efficient concentration 50), est la concentration de l'échantillon testé nécessaire pour réduire 50% du radical DPPH (Mekhadmi., 2021).

B. Test de la réduction du fer FRAP (Ferric Reducing-Antioxidant Power)

❖ Principe

L'activité du pouvoir réducteur est déterminée selon la méthode (Oyaizu, 1986 ; Benzie et Strain, 1996). L'activité réductrice d'un extrait est évaluée par la réaction oxydoréduction entre l'extrait à testés et les ions métalliques de transition ; notamment le fer, le Fe³⁺ participe à la formation du radical hydroxyle par la réaction de Fenton.

La méthode FRAP est basée sur réduire le fer ferrique (Fe³⁺) présent dans le complexe K₃Fe(CN)₆ en fer ferreux (Fe²⁺) (Khadhri et al., 2013) par le pouvoir réducteur est l'aptitude des antioxydantes (AH) présents dans l'extrait de plante à donner un électron (Li et al., 2009), dans un milieu acidifié par l'acide trichloroacétique (TCA) pour maintenir la solubilité du fer (Luqman et al., 2012; Sushma et al., 2013).

En effet, le système FeCl₃/K₃Fe(CN)₆ permet de détermination des concentrations des antioxydants, qui participent à la réaction redox (Amarowicz et al., 2004). La forme réduite de ce complexe se traduit par le changement de la couleur jaune vers une couleur bleue (Chung et al., 2006), ce qui permet de la quantifier par spectrophotométrie UV-Vis et une augmentation de l'absorbance correspond à une augmentation du pouvoir réducteur des extraits testés (Halliwell, 2006).

❖ Calcul de la concentration inhibitrice de 50% (IC50)

Graphiquement les IC50 sont calculées par les régressions linéaires des graphes tracés ; pourcentages d'inhibition en fonction de différentes concentrations de fraction testée. IC50 ou concentration inhibitrice de 50% (aussi appelée EC50 pour Efficient concentration 50), est la concentration de l'échantillon testé nécessaire pour réduire 50% du radical DPPH (Mekhadmi., 2021).

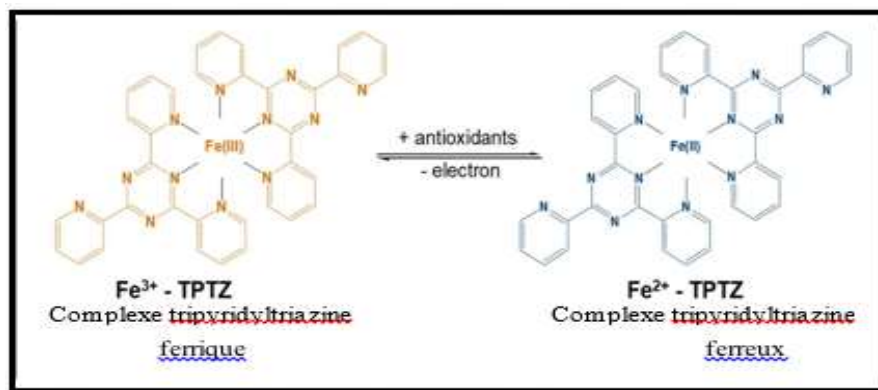


Figure 12: Réduction d'un complexe tripyridyltriazine ferrique [(Fe(III)-TPTZ)₂] en un complexe tripyridyltriazine ferreux [(Fe(II)-TPTZ)₂] par un antioxydant (AH) (Anh-Dao *et al.*, 2022)

❖ **Mode opératoire**

- Le pouvoir réducteur des extraits méthanolique de *Balanites aegyptiaca* est déterminé par la méthode (Oyaizu, 1986) avec quelques modifications.
- On prépare le réactif de FRAP par les mélanges suivants: dans des tubes à essai en verrecont en ant 0.25 ml de l'extrait aqueux delaplante étudiée à différentes concentration sentre(0,0625et 1 mg/ml),ontété ajoutés 0.625 ml d'une solution tamp onphosphate des odium (0,2M,pH= 6,6)puis 0.625 ml d'une solution de ferricyanide de potassium [K₃Fe (CN)₆] 1% dans l'eau distillée,l'ensemble des tubes à essaie stincubé au bainmarie à50 ° Cpendant20 min. Ensuite, on ajout.5ml d'acide trichloracétique (TCA) à 10% sont a ajoutés afin d'arrêter la réaction. Alors, Les tubes sont centrifugés à 3000 rpm pendant10 min.
- Prendre 0.625 ml des urnageant ettrans féré dans un autre tube auquelont été a ajoutés 0.625ml d'eau distillée et 0.125 ml de d'une solution de chlorure ferrique FeCl₃ 0.1% fraîchement préparé dans de l'eau distillée.
- La lecture de l'absorbance du milieuréactionnel est à 700 nm contreun blancs emblable mentpréparé, en remplaçant l'extraitpar de l'eau distillée pour permettre de calibrer l'appareil (Spectrophotomètre UV VIS). Le contrôle positif est représent éparun 'acide ascorbique est utilisé comme standard d'un antioxydant dans cette expérience dans les mêmes conditions opératoires. Le test est répété 3 fois.

2.6.2. Evaluation de l'activité anti-bactérienne

L'activité antibactérienne de l'extrait méthanolique de notre plante *Balanite aegyptiaca* est déterminée selon la méthode décrite par Baydar *et al.* (2004).

Ce test est effectué par la méthode de diffusion de disque stériles dans la gélose nutritive. Quatre bactéries pathogènes ont été testées *Bacillus subtilis* ATCC 10845, *Staphylococcus aureus* ATCC 65403, *Escherichia coli* ATCC 25922 et E... ATCC 42532. Toutes les souches ont été cultivées sur Gélose nutritif (GN) à 37°C pendant 24h avant tout test antibactérien (**Tableau 12**).

Un volume de 1ml de chaque souche a été ensemencé par inondation dans les boîtes de pétri coulées de milieu gélosé Muller Hinton à une épaisseur de 4mm. L'excès est récupéré à l'aide d'une micropipette, et les boîtes sont mises à sécher pendant 15 minutes. Des disques en papier wattman, (5 mm de diamètre) stériles seront imprégnés avec un volume de 20µl de chaque échantillon et les disques témoins seront imprégnés dans l'eau distillée représentant les témoins négatifs.

A l'aide d'une pince les disques sont déposés à la surface d'un milieu ensemencé (étalée) par une suspension microbienne d'une densité optique de 0,5 Mc Ferland. Les boîtes de Pétri sont mises au réfrigérateur à 4 °C pendant trois heures pour une pré diffusion. Après 18 à 24 heures d'incubation, le diamètre de chaque zone d'inhibition sera mesuré en mm et noté. Les mesures peuvent être prises avec une règle sur le fond de la boîte sans enlever le couvercle. Plus la zone d'inhibition est grande, plus le germe est sensible (**Kuś et al., 2014**).

2.6.3. Evaluation de l'activité anticoagulante

L'activité anticoagulante des polysaccharides issus des noyaux de datte est évaluée in vitro vis-à-vis de la voie endogène sur un pool des plasmas normaux des plaquettes et à l'aide de test global chromométrique le temps du céphaline-kaolin activé (TCK).

Le pool plasmatique pauvre en plaquette est un mélange de plasmas de 10jeunes adultes comme volontaires sains non traités, dont les TCK sont normaux et comparables. Le sang de chaque volontaire est prélevé par ponction veineuse dans un tube en plastique sur une solution anticoagulante de citrate de sodium à 3.2 % et à raison de 1 volume pour 9 volumes du sang.

Le sang est ensuite centrifugé pendant 10mn à 3000 rpm pour obtenir un plasma pauvre en plaquettes. Le plasma standard obtenu est conservé à basse température (100) jusqu'à son utilisation (**Athukorala et al., 2007**).

A. Temps de céphaline kaolin activé (TCK)

❖ Principe

Cet examen consiste à activer la voie intrinsèque de la coagulation par différentes substances le Kaolin, ou plus souvent la silice micronisée ou l'acide ellagique. Dans ce test, la céphaline est un phospholipide qui remplace les plaquettes.

Le TCK n'est donc pas modifié en cas de thrombopénie ou de thrombopathie. Chez l'adulte, la valeur normale moyenne du TCK est de 30 à 34s habituellement. Un laboratoire doit donc toujours rendre un temps témoin pour permettre l'interprétation du test. Pour que le Temps de Céphaline Kaolin soit normal, il faut que les facteurs de coagulation de la voie intrinsèque soient normaux : facteur du système contact (facteur XII et XI, kininogène de haut poids moléculaire, prékallitréine), complexe anti-hémophilique (facteur IX, facteur VIII), composés de la prothrombinase (facteur X, facteur V) prothrombine (facteur II), fibrinogène (facteur I) à l'exception des plaquettes (Athukorala et al., 2007). La mesure du TCK est utilisée principalement pour la surveillance des traitements par l'héparine.

Le réactif HIO CK permet la recalcification du plasma en présence d'une quantité standardisée de céphaline (substitut des plaquettes et d'un activateur du facteur XII (Kaolin)). Le kaolin présente le double avantage d'une lecture aisée et d'un temps de lecture plus court (Athukorala et al. 2007).

❖ Mode opératoire

La procédure suivie dans la réalisation de ce test est celle pratiquée par ATHUKORALA et ses collaborateurs avec modification.

Une quantité de 10µl d'extrait polysaccharidique de 0.1% est ajoutée à 90µl de plasma normal. Le mélange est incubé à 37°C pendant 10min, puis on ajoute 100µl du réactif céphaline kaolin, on laisse le mélange 1min suivi d'une addition de 100 µl de CaCl₂ pour une recalcification du plasma.

Ainsi le temps d'incubation est mesuré à l'aide d'un coagulomètre de type biomérique, les résultats sont exprimés par le temps de coagulation en seconde (Athukorala et al., 2007).

2.6.4. Evaluation de l'activité anti-inflammatoire

L'étude de l'activité anti-inflammatoire, *in vitro*, de l'extrait des polysaccharides a été effectuée selon deux méthodes : l'inhibition de la dénaturation thermique des protéines, et la stabilisation membranaire des globules rouges.

A. Inhibition de dénaturation des protéines

❖ Principe de méthode

L'inhibition de dénaturation des protéines a été effectuée selon deux méthodes : l'ovalbumine extraite du blanc d'oeuf et celle de l'albumine bovine sérique (BSA).

❖ Matériel

Centrifugeuse réfrigérée, Incubateurs, Balance électronique, Plaque chauffante.

❖ Réactifs

Blancs d'œuf, Acétone, HCl, L'acide acétylsalicylique, BSA : albumine bovine sérique, Diclofénac du sodium, Tompan phosphate saline.

B. Méthode de l'ovalbumine

❖ Mode opératoire

L'activité anti-inflammatoire de l'extrait a été évaluée par la méthode de dénaturation des protéines. Le diclofénac sodique, un puissant anti-inflammatoire non stéroïdien, a été utilisé comme médicament standard. Le mélange réactionnel constitué de 2 ml de différentes concentrations de l'extrait (100-500 µg / ml) ou le diclofénac sodique standard (100 et 200 µg / ml) et 2,8 ml de solution saline tamponnée au phosphate (pH 6,4) ont été mélangés avec 2 ml d'albumine d'oeuf (d'œuf de poule frais) et incubés à (27; 1) ° C pendant 15 min. La dénaturation a été induite en maintenant le mélange réactionnel à 70 ° C dans un bain d'eau pendant 10 minutes. Après refroidissement, l'absorbance a été mesurée à 660 nm en utilisant de l'eau bidistillée comme blanc. Chaque l'expérience a été faite en triple et la moyenne a été prise (ALHAKMANI *et al.*, 2013).

Le pourcentage d'inhibition de la dénaturation des protéines a été calculé comme suit :

$$\% \text{ Inhibition de la dénaturation} = (At - Ac / Ac) \times 100$$

Où :

Ac: est l'absorbance de l'échantillon.

At: est l'absorbance sans échantillon (contrôle négatif). (Alhakman *et al.*, 2013).

C. Méthode de la BSA

L'activité anti-inflammatoire d'extrait de polysaccharides a été effectuée selon la méthode suivante qui consiste à préparer quatre solutions :

✓ La solution d'essai (0,5 ml) composé de 0.45 ml de la solution aqueuse de sérum bovine albumine (BSA) 5% et 0.05 ml d'extrait aqueux avec une concentration de 250 µg/ml.

CHAPITRE 03: Matériaux et méthodes

✓ La solution contrôle test (0.5 ml) composé de 0.45 ml de la solution aqueuse BSA 5% et 0.05 ml d'eau distillé.

✓ La solution contrôle produit (0.5 ml) composé de 0.45 ml d'eau distillé et 0.05 ml d'extrait aqueux avec une concentration de 250 µg/ml.

✓ La solution standard test (0.5 ml) composé de 0.45 ml de la solution aqueuse BSA 5% et 0.05 ml du solution standard Diclofénac sodique avec une concentration de 250 µg/ml **(KAR et al., 2012)**.

Tous les solutions au-dessus ont été ajustées à pH6.3 par une solution d'HCl:

Acide chloridrique (1N), les échantillons ont été incubés à 37°C pendant 20 min, ensuite la température était augmentée pour garder les échantillons à 57°C pendant 3 min, après refroidissement des tubes, 2.5 ml de la solution tampon phosphate salin (pH6.3) a été ajoutée aux solutions ci-dessus, l'absorbance a été lue par le spectrophotomètre UV- visible à 416 nm, et le pourcentage d'inhibition de la dénaturation des protéines a été calculé comme suit:

$$\% \text{ d'inhibition} = 100 - \frac{\text{D.O solution test} - \text{D.O solution contrôle produit}}{\text{D.O solution contrôle test}} \times 100$$

(D.O: Densité optique).

Le contrôle représente 100% des protéines dénaturées; et les résultats sont comparés avec le Diclofénac du sodium (250 µg/ml) **(Kar et al., 2012)**.

❖ Principe

Le principe de cette technique est basé sur la capacité d'extrait à empêcher la dénaturation thermique de protéine **(CHANDRA et al., 2012)**.

❖ Mode opératoire

L'inhibition de la dénaturation des protéines a été déterminée selon la méthode décrite par Gunathilake **(Gunathilake et al., 2018)**.

Le mélange réactionnel contient 2,5 ml du PBS (pH 6.4), 450 µl de solution de BSA 1% et 50 µl de l'extrait à différentes concentrations (100, 250, 500 µg/ml). Après une incubation de 15 min à température ambiante, le mélange est réincubé à 70 °C pendant 5 min. Après refroidissement à température ambiante, l'absorbance a été lue à 600 nm. Un blanc a été préparé dans les mêmes conditions et le diclofenac de sodium a été utilisé comme traitement de référence

Le pourcentage d'inhibition de la dénaturation des protéines a été calculé comme suit

$$\% \text{ d'inhibition (Ac-At)/Ac} \times 100$$

CHAPITRE 03: Matériaux et méthodes

Ac : absorbance du contrôle (blanc).

At : absorbance de l'échantillon (test)

❖ Protocole expérimental

- Les souris ont jeûné pendant 16 heures avant le traitement. Ensuite, reçu les produits à tester par voie intra-gastrique
- En suite effectuée qui suit sur des groupes de rats:
 - **Lotté moine (n=5)**: Les rats de ce lot reçoivent par voie orale 0,1 ml d'eau physiologique.
 - **Lot de référence (n=5)**: Les rats de ce lot ont été traités par voie orale avec 100 mg/kg PC d'un anti-inflammatoire de référence (Diclofénac), et d'autres lots (**n=5**) ont été traités avec l'aspirine à la même dose.
 - **Lottest (n=5)**: Les rats de ce lot ont été traités par voie orale d'extrait à la dose 500 mg/Kg par poids corporelle (PC).
 - **Lottest (n=5)**: Les rats de ce lot ont été traités par voie orale d'extrait à la dose 250mg/Kg par poids corporelle (PC).
- 30 min après les différents traitements, 100 µl d'une solution de carraghénane (1%) a été injecté à chaque souris sous le coussinet plantaire de la patte postérieure gauche. Cependant, la patte arrière droite n'a subi aucun traitement (un contrôle). Cette technique inspirée de celles décrites par **Winter et al. (1962)**. Cité par (**Cadiet al., 2011; Amezoua et al., 2013**) (**Figure 13**).
- Mesure de l'œdème

L'évaluation de l'œdème a été suivie par l'enregistrement du diamètre de la patte enflammée 0, 1, 2, 3, 4 et 5 heures (**Amezoua et al., 2013; Ferhat et Meyach, 2016**) après l'injection de l'agent phlogogène par un micromètre redigital (**Figure 13**).



Figure 13: Mesure du diamètre de gonflement de la patte à l'aide d'un pied de micromètre redigital (**Originale, 2024**)

❖ Calcul du pourcentage d'inhibition de l'œdème

L'activité anti-inflammatoire a été aussi évaluée par le calcul du pourcentage d'inhibition (taux d'inhibition %) de l'œdème selon la formule (Amezoua *et al.*, 2013):

$$\% \text{ I œdème} = [(D_n - D_0)_{\text{témoin}} - (D_n - D_0)_{\text{traité}}] / (D_n - D_0)_{\text{témoin}} \times 100$$

Avec:

D_n: le diamètre de la patte au temps *t* après l'injection de la carragénine

D₀: le diamètre initial de la patte avant de provoquer l'œdème

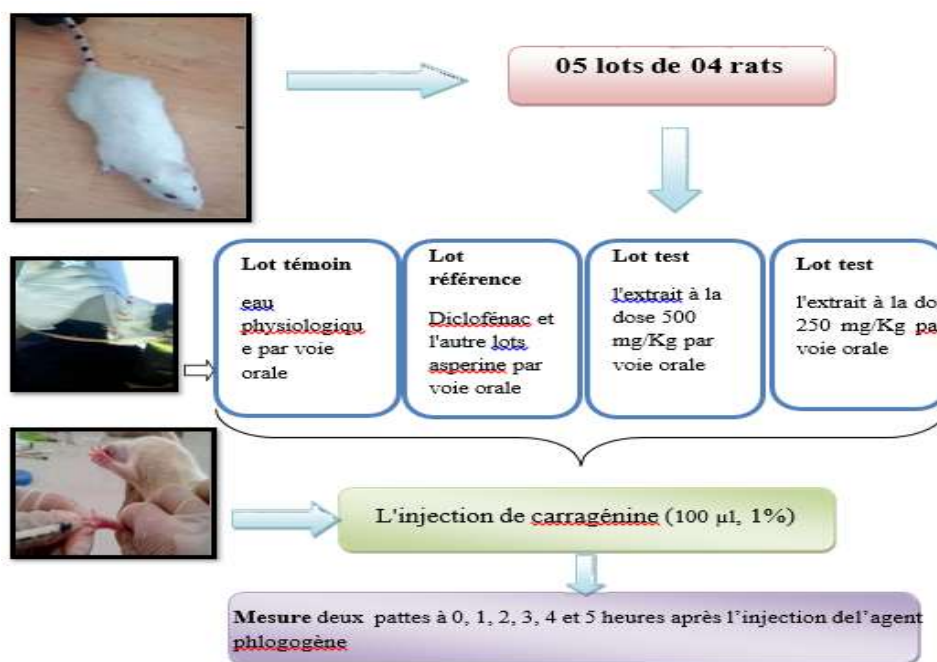


Figure 14: Schéma récapitulatif les étapes de l'activité anti-inflammatoire in vivo de l'extrait méthanolique.

Chapitre 04 :

Résultats et Discussion

1. Rendement de l'extraction

Le processus de macération a été réalisée sur la poudre végétale des fruits de *Balanite aegyptiaca* de l'eau distillée.

Après extraction de 30 g de l'échantillon et évaporation des filtrats, nous avons obtenu un extrait sec pesant 3.924g, ce qui correspond à un rendement de 39.24%.

Elles ont une couleur marron clair et aspect poudré avec une forte odeur caractéristique. Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 04 : Caractéristiques de l'extrait végétal et son rendement

Extrait	Aspect de l'extrait	Couleur de l'extrait	Rendement
Eau distillée + méthanol + échantillon	Poudre	Marron clair	39.24 %

Ce rendement de notre plante est proche de celui obtenu par **Mohamed (2002)** avec de 20%, et est supérieur de celui obtenu par **Yadav et al (2010)**, soit 10 % et aussi par **Kolo et al. (2010)**. La différence de rendement d'extraction est due à de nombreux facteurs d'influence dont les plus importants sont : l'origine de récolte de l'espèce, la saison de récolte, la partie de la plante utilisée, la méthode d'extraction la durée, température et lieu de séchage (**Abdelaziz et al; 2020**).

Rendement dépend également situation géographique, moment de la récolte de la plante, âge de la plante (**Akrouf et al., 2010**). En plus des facteurs géographiques qui affectent de manière significative la couverture végétale, tels que le climat (précipitations, chaleur, vents, Humidité), en plus du sol (**Beniston, 1984**).

Effectivement, le rendement d'extraction de *Balanites aegyptiaca* peut varier considérablement selon différentes études. Des recherches antérieures ont montré des résultats divers en termes de pourcentage de rendement. Par exemple, certaines études ont rapporté des rendements plus élevés, tandis que d'autres ont obtenu des rendements plus faibles.

Ces variations peuvent être dues à plusieurs facteurs, tels que les méthodes d'extraction utilisées, les conditions de récolte et de traitement des plantes, ainsi que les différences dans les procédures analytiques. Par conséquent, il est important de prendre en compte ces facteurs lors de l'évaluation et de la comparaison des rendements d'extraction de *Balanites aegyptiaca* dans différentes études.

2. Résultats de l'étude du activités biologiques in vitro

2.1. Evaluation du l'activité de teste phytochimique

Ce teste consiste à détecter différents composés chimiques actifs existants dans les fruits de *Balanite aegyptiaca* par des réactions qualitatives de caractérisation.

Ces réactions sont basées sur des phénomènes de précipitation ou de coloration par des réactifs spécifiques. Ces dernières permettent de définir la présence ou non de certains métabolites secondaires.

Les résultats des tests de détection qualitative des composés phytochimique sont présentés dans le tableau cidessous.

Tableau 05: Test phytochimique d'extrait de fruit *Balanite aegyptiaca*

Métabolites secondaires	Résultats des réactions	Observation
Polyphénol	+++	Coloration bleu-vert clair
Tanins catéchiques	+	Coloration brune verdâtre clair
Flavonoïdes	++	Coloration rouge-orangée
Sucres réducteurs	+++	Précipité rouge brique
Alcaloïdes	+++	Précipité ou coloration brun-rougeâtre
Saponines	+++	Apparition d' une mousse persistante
Téropènes	+++	Apparition anneau brun rougeâtre

(+): Test faiblement positif, (++): Test positif, (+++): Test fortement positif.

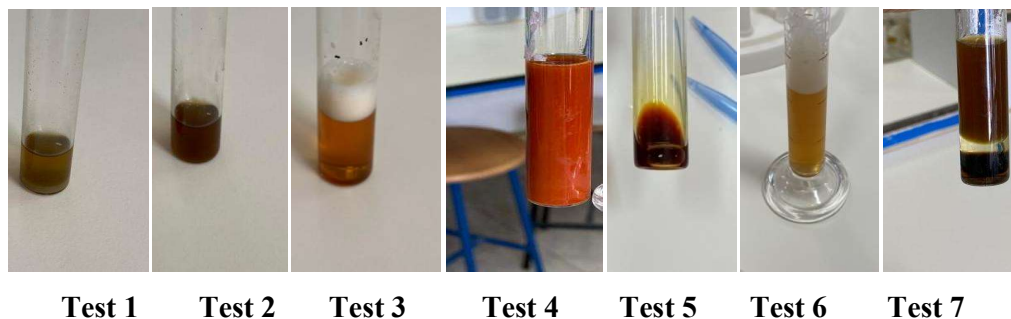


Figure 15: Images illustrant les résultats du test de détection qualitative des composés phytochimique

A travers les résultats présentés dans le (**Tableau 02**), qui mettent en évidence les résultats de la détection chimique des métabolites secondaires de fruit de l'espèce *Balanite aegyptiaca*. Basé sur les résultats obtenus, on peut dire que la plante étudiée contient une gamme de substances actives à des proportions variables, comme suit :

- La plante contient une quantité considérable des Polyphénols, des Sucres réducteurs, des Saponosides, des Alcaloïdes et des Térpènes .
- La plante contient des Flavonoïdes à un taux moyen.
- La plante contient des Tanins catéchiques à un taux faible.

Ces résultats nous donnent de bonnes prévisions pour l'activité biologique de la plante, bien que générales, elles restent encourageantes, notamment parce que ces composés sont connus pour participer à de nombreuses activités biologiques, notamment antifongiques, antivirales et antioxydantes.

Ont confirmé que parmi les facteurs importants influençant la richesse et la diversité de la composition chimique de la plante figure la différence de l'environnement dans lequel la plante se trouve (de sol et le climat de la région), la saison de récolte de l'échantillon, l'âge de la plante, ainsi que les méthodes de séchage, stockage et d'extraction.

Résultats de l'analyse phytochimique effectuée sur l'extrait aqueux de *Balanite aegyptiaca*, ont montré la présence de certains composés bioactifs. Les flavonoïdes et les tanins, ces composés chimiques, peuvent jouer un rôle dans l'effet biologique de cette plante, peuvent contribuer à améliorer la sensibilité à l'insuline et à réduire l'élévation des taux de glucose dans le sang après les repas, ce qui contribue à réguler les niveaux de sucre dans le sang.

2.2. Evaluation et détermination de l'activité des composés bioactifs

2.2.1. Estimation et dosage quantitatif des polyphénols

❖ Traçage de la courbe standard de l'acide gallique.

Les valeurs d'absorbance sont consignées dans le (Annexe 01). À partir des résultats consignés dans le tableau, nous dessinons la courbe standard de l'acide gallique, qui montre la variation de l'absorbance en fonction de la concentration (Figure 16).

A. Dosage de polyphénols totaux

Le dosage des phénols totaux a été effectué par la méthode spectrophotométrique adaptée de Wong *et al.*, (2006) avec le réactif de Folin-Ciocalteu.

Les résultats obtenus sont exprimés en mg équivalent d'acide gallique par gramme de l'extrait (mg EAG/g).

Cette teneur est calculée en utilisant l'équation de la régression linéaire de la courbe d'étalonnage tracée de l'acide gallique (Figure 16).

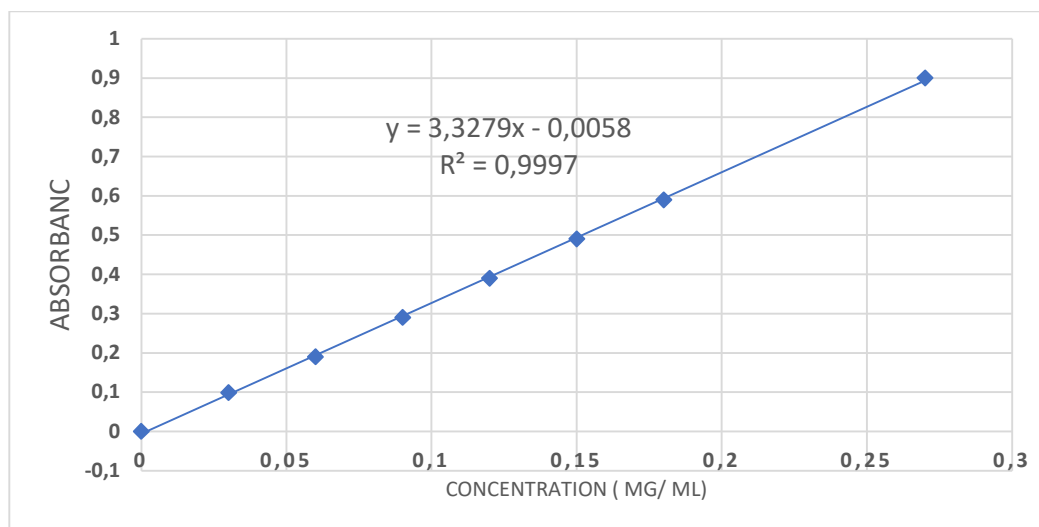


Figure 16: Courbe d'étalonnage standard de l'acide gallique pour le dosage des phénols

❖ Résultats de la quantité des composés phénoliques.

Tableau 06: Valeur représente les quantités des composés phénoliques présents dans l'extrait méthanolique de *B.aegyptiaca*

Extrait	Total des composés phénoliques l'extrait (mg Eq EAG/g)
Méthanol de <i>Balanite aegyptiaca</i> brut	23.346 ± 0.295

À partir des résultats obtenus, on peut dire que les composés phénoliques sont présents en quantités considérables au niveau de la plante de *Balanite aegyptiaca*, atteignant 23.346 ± 0.295 mg Eq EAG/g.

Les polyphénols sont des constituants actifs de nombreuses plantes médicinales, et ils ont la capacité de moduler l'activité de nombreuses enzymes et de certains récepteurs cellulaires (Luchese et al., 2017). Les résultats obtenus indiquent la teneur en polyphénols est égale 23.346 ± 0.295. Cette donnée est supérieure à celles obtenues par Dekkar et Kalaidji. (2022), sur des extraits de *Balanite aegyptiaca* algériens récoltés dans la région de la wilaya d'Adrar (22, 35 ± 1,73 mg EAG/g de M.S).

Cependant, il semble que nos résultats soient nettement inférieurs à ceux trouvés par Bouvourné et al. (2022), *Balanites aegyptiaca* des extraits du collectés dans la division de Mayo-Oulo (Garoua, région du Nord, Cameroun) en 2018, (78.13 ± 0.70 mg EAG/ g) et par Abdallah et al. (2012) sur des extraits de *Balanite aegyptiaca* récoltés dans la région de Sudan (212 ± 2.6 mg EAG/ g).

Nos recherches indiquent que des extraits de *Balanite aegyptiaca* contient une quantité élevée de polyphénols, ce qui est confirmé par l'étude de Mohamed et al. (2015), révélant la présence de polyphénols dans le fruit de *Balanites aegyptiaca*, notamment dans la partie pulpe, en grande quantité (77,5 mg EAG/g).

La présence des flavonoïdes dans le fruit de *Balanites aegyptiaca* a été confirmé par des études précédentes (Bouvourné et al. 2022; Dekkar et Kalaidji. 2022; Mohamed et al. 2015; Abdallah et al. 2012).

La plante *B.aegyptiaca* contient une gamme importante des composés polyphénoliques non flavonoïdes tels que l'acide caféique; l'acide vanillique, l'acide férulique, l'acide gentisique, l'acide p-coumarique, l'acide sinapic, l'acide syringique, 2-méthoxy-3(-2propényl)-phénol, le 2-méthoxy-4-vinylphénol, 2,6-diméthoxyphénol 2-méthoxy-4-(1-propényl)-phénol, 2,4-di-tert-butyl-phénol, 2,6-di-tert-butyl-phénol et 3-hydroxy-1-(4-hydroxy-3-méthoxyphényl)-lpropanone (Sarker et al., 2000; Kusch et al., 2011; Meda et al., 2011).

2.2.2. Estimation et dosage quantitative des flavonoïdes

❖ Traçage de la courbe standard de l'acide quercétine.

Les valeurs d'absorbance sont consignées dans le (Tableau 07).(Annexe 02). À partir des résultats consignés dans le tableau, nous dessinons la courbe standard de l'acide quercétine, qui montre la variation de l'absorbance en fonction de la concentration (Figure 17).

A. Dosage des flavonoïdes

Le dosage des flavonoïdes a été réalisé par la méthode colorimétrique décrite par BAHORUN *et al.*, (1996).

Les résultats obtenus sont exprimés en mg équivalent de quercétine par gramme de l'extrait (mg QER /g).

Cette teneur en des flavonoïdes dans l'extrait a également été calculée à partir de l'équation linéaire de la courbe d'étalonnage de quercétine, (Figure 17).

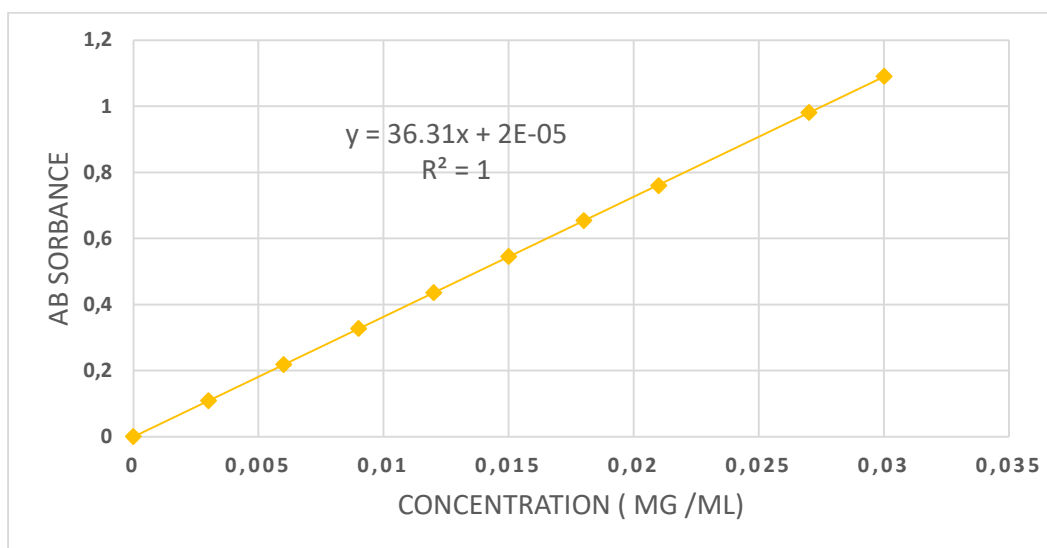


Figure 17 : Courbe d'étalonnage standard de l'acide quercétine pour le dosage des flavonoïde

❖ Résultats de la quantité de flavonoïdes.

Tableau 07: Valeur représente les quantités de flavonoïdes présents dans l'extrait méthanolique de *B.aegyptiaca*

Extrait	Total des flavonoïdes présents l'extrait (mg Eq QER/g)
Méthanol de <i>Balanite aegyptiaca</i> brut	15.342 ± 0.790

À partir des résultats, nous concluons que la plante de *Balanite aegyptiaca* contient des flavonoïdes en quantité significative, atteignant 15.342 ± 0.790 mg Eq QER /g.

Les flavonoïdes sont des substances chimiques phénoliques de faible poids moléculaire qui confèrent au miel son parfum et ses propriétés antioxydantes. Ils sont reconnus comme des piègeurs de radicaux libres en raison de leur activité pharmacologique élevée. L'intérêt récent pour ces substances a été motivé par leurs avantages potentiels pour la santé résultant de leurs activités antioxydantes et de piégeage des radicaux libres dans les maladies coronariennes et le cancer (Vela et al., 2007; Moniruzzaman et al., 2013).

Les résultats obtenus indiquent la teneur en flavonoïdes est égale 15.342 ± 0.790 (mg Eq de QER/g MS). Cette donnée est supérieure à celles obtenues par Abdallah et al. (2012), sur des extraits de *Balanite aegyptiaca* récoltés dans la région de Sudan (11.5 ± 1.3 mg QER /g), et celles trouvés par obtenues par Dekkar et Kalaidji. (2022), sur des extraits de *Balanite aegyptiaca* récoltés dans la région de la wilaya d'Adrar (3,07 mg QER / g de M.S).

Cependant, il semble que nos résultats soient nettement inférieurs à ceux trouvés par Bouvourné et al. (2022). *Balanites aegyptiaca* des extraits du collectés dans la division de Mayo-Oulo (Garoua, région du Nord, Cameroun) en 2018, (48.73 ± 0.05 mg QER /100 g).

La présence des flavonoïdes dans le fruit de *Balanites aegyptiaca* a été confirmé par des études précédentes (Bouvourné et al. 2022; Dekkar et Kalaidji. 2022; Abdallah et al. 2012). *Balanites aegyptiaca* contient une diversité des composés bioactifs dont les flavonoïdes, à savoir, la quercétine-3-rutinoside; 3-glucoside, 3- rutinoside, la quercétine 3- glucoside 3-7- diglucoside et 3- rhamnogalactoside d'isorhamnetinide (furostanol glycoside) et 6 méthyl-diosgénine, balanitine-3 (spirostanol glycoside), balanitine-6 et -7 diosgényl (Tsfaye, 2015).

Plus précisément le fruit de *Balanites aegyptiaca* présente des différentes molécules tels que Quercétine; Isorhamnétine; Quercétine 3-rutinoside (rutine); isorhamnétine-3-Oglucoside; isorhamnétine 3-rutinoside; Épicatéchine O-glucoside (Farag et al., 2015; Shafik et al., 2016).

2.2.3. Estimation et dosage quantitative des tanins

❖ Traçage de la courbe standard de l'acide cathéchine.

Les valeurs d'absorbance sont consignées dans le (Tableau 07).(Annexe 03). À partir des résultats consignés dans le tableau, nous dessinons la courbe standard de l'acide cathéchine, qui montre la variation de l'absorbance en fonction de la concentration (Figure 18).

A. Dosage des tanins condensés

La quantification des tanins a été effectuée par une méthode adaptée par SCHOFIELD et al., (2001).

Les résultats obtenus sont exprimés en mg équivalent de catéchine par gramme de l'extrait (mg EC /g).

Cette teneur en des tanins dans l'extrait a également été calculée à partir de l'équation linéaire de la courbe d'étalonnage de catéchine, (Figure 18).

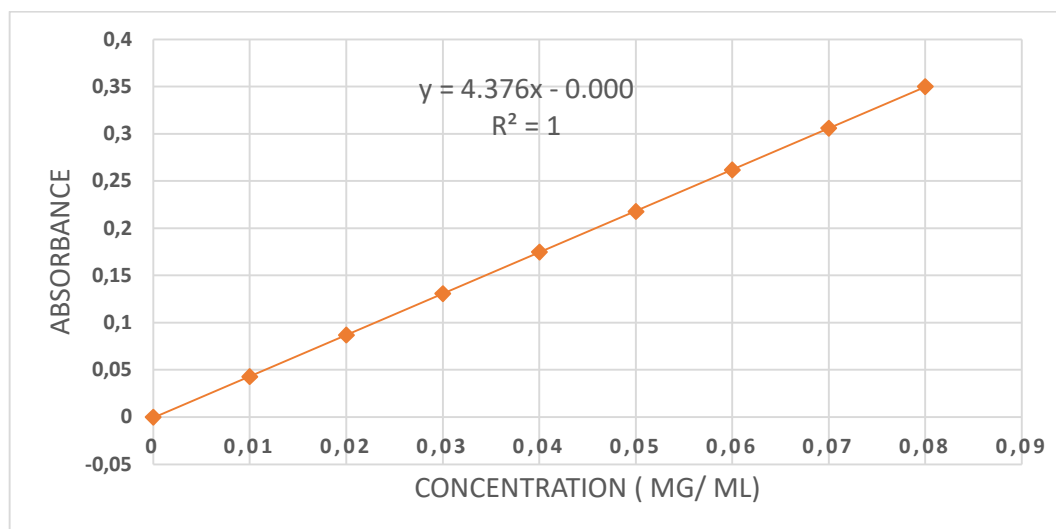


Figure 18: Courbe d'étalonnage standard de l'acide cathéchine pour le dosage des tanins condensés

❖ Résultats de la quantité des composés phénoliques.

Tableau 08: Valeur représente les quantités de tanins présents dans l'extrait méthanolique de *B.aegyptiaca*

Extrait	Total des tanins présents l'extrait (mg EC /g)
Méthanol de <i>Balanite aegyptiaca</i> brut	12.828 ± 0.521

À partir des résultats obtenus, on peut dire que les tanins sont présents en quantités considérables au niveau de la plante de *Balanite aegyptiaca*, atteignant 12.828 ± 0.521 mg Eq EC/g.

Les résultats obtenus indiquent la teneur en tanins est égale 12.828 ± 0.521 (mg Eq de EC /g MS). Cette donnée est supérieure à celles obtenues par **Dekkar et Kalaidji. (2022)**, sur des extraits de *Balanites aegyptiaca* des algériens récoltés dans la région d' Adrar ($2,78 \pm 0,1$ mg EC/g MS).

Pendant, nos résultats semblent être inférieurs à ceux trouvés par **Bouvourné et al. (2022)**. *Balanites aegyptiacades* extraits de collectés dans la division de Mayo-Oulo (Garoua, région du Nord, Cameroun) en 2018, (19.23 ± 0.06 mg EC/100 g DW).

Sur la base de ces deux études (**Bouvourné et al. 2022; Dekkar et Kalaidji. 2022**), nous avons confirmé que le fruit du *Balanites aegyptiaca* est plus riche en tanins en comparaison.

2.3. Détermination des teneurs des composés bioactifs

L'étude quantitative d'extrait aqueux, préparés à partir des parties aériennes *Balanite aegyptiaca* au moyen des dosages spectrophotométriques à 765 nm et 420 nm avaient, pour objectif la détermination de la teneur des polyphénols totaux et des flavonoïdes successivement.

La raison principale pour le choix de ces substances réside dans le fait que la majorité des effets pharmacologiques des plantes leur sont attribués. La teneur en composés phénoliques d'extrait a été calculée à partir l'équation linéarité de la courbe d'étalonnage de l'acide gallique, (**Figure 16**) exprimée en mg d'acide gallique/g d'extrait sec. La teneur en des flavonoïdes dans l'extrait a également été calculée à partir de l'équation linéaire de la courbe d'étalonnage de quercétine, (**Figure 17**) exprimée en mg de quercétine/g d'extrait sec.

CHAPITRE 04 : Résultats et Discussion

La teneur en des tanins dans l'extrait a également été calculée à partir de l'équation linéaire de la courbe d'étalonnage de catéchine, (**Figure 18**) exprimée en mg de catéchine /g d'extrait sec.

Les dosages spectrophotométriques avaient pour objectif de déterminer la teneur des polyphénols totaux, flavonoïdes et des tanins condensés.

❖ Les valeurs obtenues pour les teneurs en phénols et en flavonoïdes sont résumées dans (**Tableau 09**).

Tableau 09: Résultats de la teneur totale en phénols et flavonoïdes et tanins

Teneurs Plante	Polyphénols(mg Eq d'EAG/g MS)	Flavonoïde (mg Eq de QER/g MS)	Tanine (mg Eq de Catechine/g MS)
Extrait aqueux de <i>Balanite aegyptiaca</i>	23.346 ± 0.295	15.342 ± 0.790	12.828 ± 0.521

D'après le (**Tableau 09**), les résultats obtenus montrent. On constate que notre extrait contient des polyphénols, à raison de 23.346 ± 0.295 mg Eq EAG/g. Il contient également une quantité de flavonoïdes estimée à 15.342 ± 0.790 mg Eq EQ/g. Il contient des tanins, à raison de 12.828 ± 0.521 mg Eq Catechine /g.

✚ Néanmoins, le dosage des polyphénols totaux par le test Folin-Ciocalteu, implique que toutes les molécules réductrices, comme les sucres réducteurs ou la vitamine C, sont dosées, ce qui par conséquent rend ce dosage non sélectif vis-à-vis des polyphénols (**Fukushima et al., 2009**).

La quantité des composés phénoliques des extraits éthanoliques des plantes étudiées dépend essentiellement: de leur origine (**Ebrahizadeh et al., 2008**), la variété, la saison de récolte, les conditions climatiques et environnementales, la localisation géographique, les différentes maladies qui peuvent affecter la plante, la maturité de la plante (**Park et Cha, 2003**) et la durée de sa conservation (**Özguven et Tansi, 1998**).

✚ **Cette différence de résultats est due à plusieurs facteurs internes et externes:**

Les méthodes d'extraction et les solvants utilisés jouent un rôle important dans la modification de la quantité de phénols. Lorsque le méthanol est fourni extraire son plus haut parmi les solvant, ceci a été confirmé par (**Bouaziz et al., 2009**).

Ainsi, la différence des valeurs des phénols d'un extrait à l'autre est due aux différents composés phénoliques et leurs proportions, leur comportement diffère en fonction de la différence de leur structure chimique et du milieu dans lequel ils se trouvent (acide-base) **(Hayouni et al., 2007)**.

Folin-Ciocalten peut provoquer une différence dans les valeurs des polyphénols dus aux proportions différentes de ces composés dans chaque extrait **(Grossi et al., 2015)**. La quantité de phénols extraits de la plante est affectée par le changement d'emplacement, de climat et d'environnement de la plante, et aussi par le temps de cueillette et le mode de conservation **(Rebiai et al., 2013)**.

2.4. Evaluation de l'activité antioxydante de *Balanite aegyptiaca*

Les antioxydants de l'extrait jouent un rôle vital dans la destruction des radicaux libres dans le corps et dans la prévention de la dégradation oxydative et inhibent également la formation d'espèces réactives de l'oxygène catalysées par des ions métalliques tels que le fer et le cuivre qui sont encagés par les flavonoïdes et autres composés polyphénoliques présents dans les plantes *Balanite aegyptiaca*.

Un manque d'antioxydants dans le corps peut entraîner un phénomène appelé stress oxydatif. Ce dernier est impliqué dans plusieurs maladies cardiovasculaire, neurodégénératif de certains cancers et autres maladies chroniques comme le diabète et l'ostéoporose **(Normala et al., 2010)**

Deux essais ont été réalisés pour la mesure de l'activité antioxydante d'extraits de la plante investiguée, y compris le test de DPPH* (2,2-diphenyle-1-picrylhydrazyle), le test de FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power).

2.4.1. Résultats de test piégeage du radical libre DPPH*

Afin d'estimer l'activité antioxydante d'extrait de la plante en utilisant les radicaux libres DPPH, fait utilisation de l'acide ascorbique comme composé de référence et mesure de l'absorbance d'extrait par un spectrophotomètre avec un phénomène de changement de couleur de la solution du violet au jaune clair **(Majhenic et al., 2007)**.

L'activité antioxydante de notre extrait est exprimée en IC50 **(Figure 19)**, ce paramètre a été défini comme une concentration efficace du substrat qui cause la perte de 50% de l'activité de DPPH (couleur).

Ces IC50 sont déterminés graphiquement, dont l'abscisse représente la concentration de l'extrait et l'ordonnée l'activité antioxydante en pourcentage.

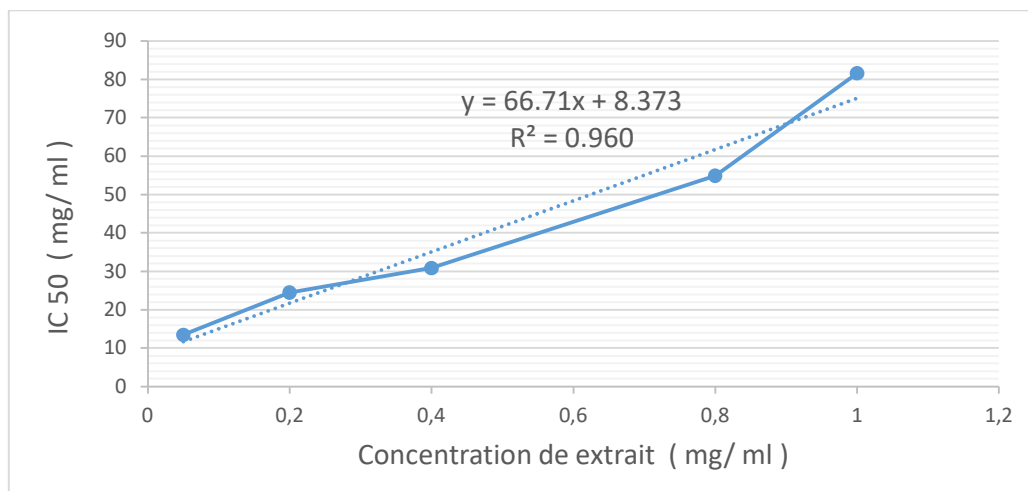


Figure 19: Courbe de IC50 d'extrait de *Balanite aegyptiaca* de standard

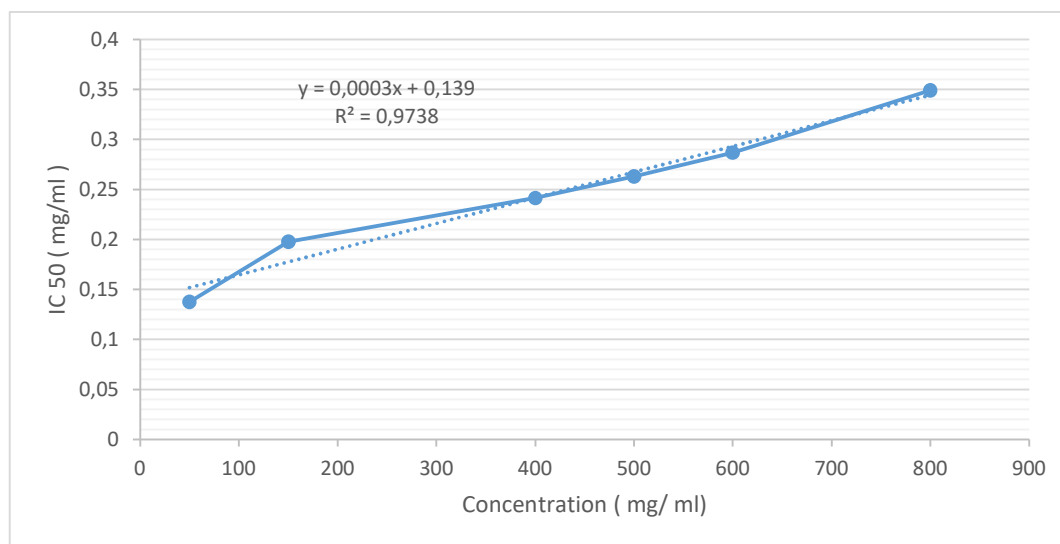


Figure 20: Courbe de pourcentages d'inhibition %I dans en fonction des concentration

Nous constatons que l'acide ascorbique n'a pas montré une activité antioxydante très faible avec une valeur d' IC50 de 0.0098 ± 0.0006 mg/ml, tandis que l'activité antioxydante de notre extrait est d'environ 0.6654 ± 0.0006 mg/ml. Plus la valeur de l' IC50 est faible, plus l'extrait est considéré comme un antioxydant puissant. Nous notons que la valeur obtenue par notre extrait est supérieure à celle de l'acide ascorbique. (Tableau 10)

Notre extrait a montré une activité antioxydante plus important que l'extrait aqueux de Dekkar et Kalaidji.(2022), qui ont l'activité anti-radicalaire du DPPH IC50= 3,91 mg/mL,

Dans une autre étude, l'extrait méthanolique de *Balanite aegyptiaca*, notre extrait a montré une plus forte activité antioxydante, car l'IC₅₀ de l'extrait méthanolique était 330.84 ± 16.23 µg AAE/g **Nitiema et al., (2009)**.

La présence de la capacité inhibitrice d'extrait s'explique par le fait qu'ils contiennent des substances actives capables de restaurer la racine ou le capter Cette efficacité est due au fait que la plante de *Balanite aegyptiaca* contient diverses substances phénoliques (flavonoïdes, Tanins..).

Des études confirment l'existence d'une corrélation directe entre la teneur en flavonoïdes et capacité antioxydante (**Mohammedi, 2011**). Les différences d'activité antioxydante peuvent également être dues aux méthodes de séchage des extraits et des cultivars affectés par la composition chimique des plantes testées (**Đorđević et al., 2019**).

Comparaison de l'efficacité antioxydante

Comparaison de l'efficacité antioxydante du extrait méthanolique étudié en termes de valeur IC₅₀ avec les extraits méthanolique de *Balanite aegyptiaca* et de l'acide ascorbique dans le test DPPH à partir de la courbe ci-dessus et du tableau suivant.

Tableau 10: Valeurs IC₅₀ DPPH pour l'extrait méthanolique de *Balanite aegyptiaca* et l'acide ascorbique

Extrait	Valeur IC ₅₀ DPPH (mg/ ml)
Extrait méthanolique de <i>B.A</i>	0.6654 ± 0.0006
Acide ascorbique	0.0098 ± 0.0006

La capacité antioxydante augmente à mesure que la valeur de IC₅₀ diminue et de là, nous pouvons conclure que l'activité antioxydante de l'extrait n'est pas similaire à celle du l'extrait méthanolique de *BA* et du Acide ascorbique.

2.4.2. Résultats de test du FRAP (Ferric reducing antioxidant power)

L'activité antioxydante des extraits aqueux de la plante a été évaluée en utilisant la méthode de FRAP.Cette dernière est rapide, reproductible, et facile à exécuter (**Bougandoura et Bendimerad, 2012**) qui permet de mesurer la capacité des extraits testés à

réduire le fer ferrique (Fe^{3+}) présent dans le complexe ferricyanide $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})$ en fer ferreux (Fe^{2+}) (donner des électrons dans une réaction d'oxydoréduction) (Bentabet et al., 2014).

Celui-ci se traduit par le changement de la couleur jaune de complexe $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})$ vers une couleur bleue verdâtre dans un milieu acidifié par l'acide trichloracétique, dont l'intensité de la couleur dépend du pouvoir réducteur peut être évalué en mesurant et en en suivant l'augmentation de la densité de cette couleur dans le milieu réactionnel à 700 nm (Ribeiro et al., 2008).

Dans notre travail, l'extrait aqueux de la partie aérienne de la plante étudiée a été testé et l'acide ascorbique a été testé comme étalon de référence avec différentes concentrations de chacun. Les valeurs $A_{0.50}$ correspondants à la concentration d'un composé en mg/ml qui donne de 0,50 d'absorbance, ont été calculées à partir des équations de graphique d'absorbance en fonction de la concentration de d'extrait aqueux et d'acide ascorbique (Figure 21), afin de comparer les données d'activité.

Plus la valeur de l' $A_{0.50}$ est petite plus la capacité de l'antioxydant est meilleure, c'est-à-dire qu'elle est inversement proportionnelle au pouvoir réducteur (Ardestani et Yazdanparast., 2007). Ces observations sont similaires à celles de (Dridi., 2018) et (Seladji, 2013).

Les résultats de notre extrait et de standard sont présentés comme suit:

Tableau 11: Résultats de l'absorbance 0.5 de l'acide ascorbique et de l'extrait méthanolique par le test du FRAP

	Acide ascorbique	Extrait méthanolique
Abs 0.5 (mg/ml)	0.1666 ± 0.0002	1.5692 ± 0.2693

On remarque que l'extrait méthanolique de fruit *Balanite aegyptiaca* de possèdent un potentiel réducteur inférieur (1.5692 ± 0.2693 mg/ml), à celui de l'acide ascorbique standard (0.1666 ± 0.0002 mg/ml) déterminé par la valeur de $A_{0.5}$. Il apparaît clairement que notre extrait a une valeur de pouvoir réducteur considérable modeste. On pourrait expliquer cet écart par la variation des composés phénoliques présents dans notre extrait (Tableau 11).

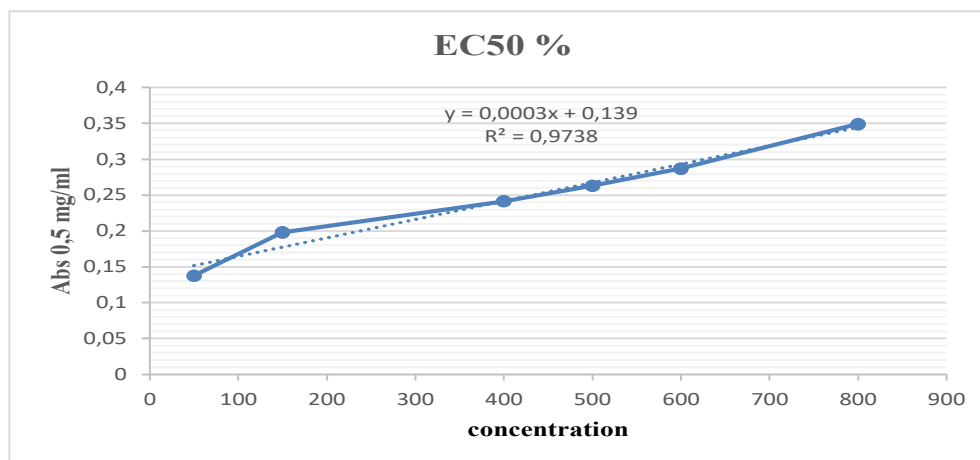


Figure 21: Résultats de l'absorbance 0.5 de l'extrait aqueux B.A par le test du pouvoir réducteur FRAP

Le pouvoir réducteur de notre extrait est dû à la présence de composés actifs qui sont des polyphénols (tanins, flavonoïdes..) qui contiennent groupement hydroxyle pouvant servir comme donneur d'électrons. Par conséquent, les antioxydants peuvent être considérés comme des réducteurs et inactivateurs des oxydants (Siddhuraju et Becker, 2007).

Beaucoup d'études antérieures ont également montré que le pouvoir réducteur d'un composé peut servir comme indicateur significatif potentielle de son potentiel **antioxydant** (Jeong et al., 2004; Fabri et al., 2009; Bougandoura et Bendimerad, 2012). L'efficacité de la réduction du fer de notre plante est supérieure à celle obtenue par (Nitiema, 2020) est un ($EC_{50} = 3211.11 \pm 52.24 \mu\text{g AAE/g}$). Alors que (Dekkar et Kalaidji, 2018), lors de l'utilisation d'un solvant méthanologique du même espèce pour la plante étudiée pendant deux périodes de phase de croissance, la mesure EC_{50} a été trouvée pour les extraits obtenus, de 3,91 mg/ml, ce qui signifie que sa capacité à réductrice le fer était supérieure à celle que nous obtenions dans notre plante.

Cet écart entre les extraits dans l'activité antioxydante a été expliqué par les chercheurs dans plusieurs facteurs : différence de solvant utilisé avec une différence d'âge de la plante. Ce processus d'autoxydation dépend de multiples paramètres tels que la concentration de l'ion métallique et du polyphénol, la température, le pH, la présence d'agents complexants (Ghedadba et al., 2015).

Les polyphénols sont les principaux composés végétaux ayant une activité antioxydante. Les groupements fonctionnels présents dans les composés phénoliques qui jouent un rôle

important dans l'adsorption et la neutralisation des radicaux libres, l'extinction de l'oxygène singulet et triplet ou la décomposition des peroxydes (Amarowicz et al., 2004).

L'activité antioxydante est liée à la structure et à la nature des composés contenus dans l'extrait (Baghiani et al., 2018). Les composés phénoliques peuvent être des accepteurs de radicaux libres ou des donneurs d'hydrogène ou en cédant facilement un électron ou un proton (Yordi, 2012).

La différence de comportement des antioxydants phénoliques lorsqu'ils interagissent avec les radicaux libres, dont certains forment un complexe avec les ROS et produisent des substances stables, et certains d'entre eux rompent la liaison du composé phénolique (Herrera et Barbas, 2001).

2.5. Evaluation de l'activité antibactérienne de *Balanite aegyptiaca*

L'activité antibactérienne l'extrait des fruits de la plante *Balanite aegyptiaca* a été évaluée par la méthode des disques sur quatre souches bactériennes. L'estimation de la sensibilité ou de la résistance des espèces bactériennes l'extrait testées est basée sur la détermination du diamètre des zones d'inhibition. La Gentamicine GEN a été utilisée comme témoin positif, alors que le DMSO est utilisé comme témoin négatif.

L'extrait des fruits de la plante *Balanite aegyptiaca* montre une bonne activité sur les bactéries Gram positif et Gram négatif, les diamètres des zones d'inhibition varient selon les souches testées et les dilutions des huiles utilisées (Tableau 12). Le meilleur résultat obtenu est celui observé contre la souche *Pseudomonas aeruginosa* qui présente une grande sensibilité avec un diamètre d'inhibition de $27,66 \pm 0,67$ mm, à la concentration de 1/1 (v/v).

Tableau 12 : activité antibactérienne de l'extrait des fruits

	<i>E. coli</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Enterococcus</i>
D1	14 ± 0 ^{A, B}	27,66 ± 0,57 ^A	17 ± 0 ^A	13,83 ± 0,29 ^B
D2	11,66 ± 0,57	12,66 ± 1,15 ^C	12,2 ± 1,05 ^C	9 ± 0,55 ^C
D3	10 ± 0 ^C	6 ± 0	11 ± 0 ^C	6 ± 0
Gen	27 ± 0 ^A	28 ± 0 ^A	22 ± 0 ^A	18 ± 0 ^C
Amo	26,66 ± 0,29 ^C	0	31 ± 0,28 ^C	0

P < 0,001

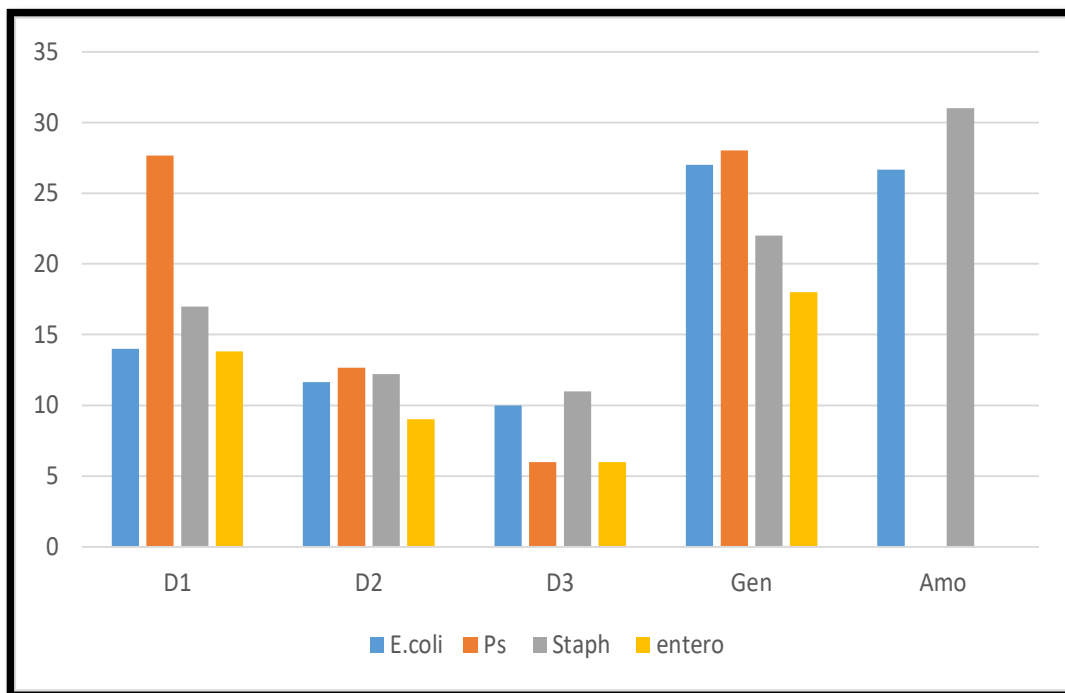


Figure 22 : Histogrammes représentant le pourcentage de l'activité antibactérienne

L'effet de L'extrait des fruits de la plante *Balanite aegyptiaca* au niveau des trois facteurs (doses et bactéries) ainsi que les interactions entre eux est hautement significative ($P < 0,001$) (Tableau 12).

L'activité antibactérienne de L'extrait testées, peut être expliquée par la nature de la composition chimique, les groupes fonctionnels et même l'effet synergique entre les différents composés majoritaires des huiles essentielles (Abu-Darwish et al., 2000 ; Dorman et Deans, 2000 ; Oussalah et *al.*, 2006).

2.6. Evaluation du l'activité anti-inflammatoire in vitro de *Balanite aegyptiaca*

La capacité de l'activité anti-inflammatoire de *Balanite aegyptiaca* est évaluée in vitro par pourcentage d'inhibition la dénaturation des protéines et in vivo par pourcentage d'inhibition le volume de l'oedème.

Pour l'activité anti-inflammatoire in vitro, par la méthode de la dénaturation thermique des protéines du blanc d'oeuf, Les résultats de l'activité anti-inflammatoire indique un pourcentage d'inhibition égal à 98.57% avec des concentrations de 10 mg/ml de l'extrait , alors que l'acide acétylsalicylique présentait un pourcentage d'inhibition de la dénaturation thermique des protéines du blanc d'oeuf de 98.40% à une même concentration acétylsalicylique (**Tableau 13**) et (**Figure 23**).

Tableau 13 : Concentration et dénaturation (%) de l'albumine d'oeuf de
L'extrait méthanolique et d'acide acétylsalicylique

C mg/ml	Pourcentage d'inhibition % D'Acide acétylsalicylique	Pourcentage d'inhibition % D'Extrait méthanolique
1.75	93.21	0.523
2.5	96.36	27.99
5	97.62	96.16
10	98.40	98.57

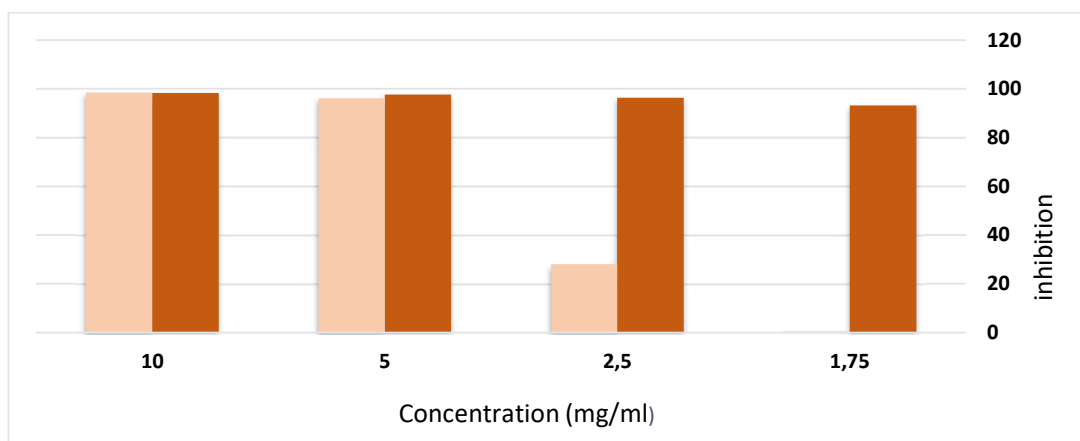


Figure 23 : Histogrammes représentant le pourcentage d'inhibition de dénaturation de l'albumine d'oeuf de l'extrait méthanolique et d'acide acétylsalicylique

Notez les rapports d'inhibition de la dénaturation thermique des protéines du blanc d'œuf augmentent avec l'augmentation des concentrations d'extrait méthanolique de *B. aegyptiaca*. Ces résultats comparés à ceux de l'acide acétylsalicylique qui est un anti-inflammatoire révèlent que l'effet inhibiteur d'extrait méthanolique est dose dépendant. En conséquence, l'extrait méthanolique présente une forte action anti-inflammatoire en raison de sa capacité à empêcher la dénaturation thermique des protéines du blanc d'œuf.

L'activité anti-inflammatoire de l'extrait est car il peut contenir des groupes de vitamines B, en particulier la vitamine B6, qui a des propriétés anti-inflammatoires, et la vitamine B12 (Hosseinzadeh et al., 2012; Moshiri et al., 2018), qui fournit protection anti-dénaturation thermique des protéines du blanc d'œuf ou celle-ci pourrait être due à la richesse de l'extrait

de *B.aegyptiaca* en composés bioactifs, principalement les flavonoïdes qui exercent une forte inhibition sur la cyclooxygénase (COX) et la lipoxygénase (Kim et al.,1998).

Il existe un manque d'études et de références traitant de l'activité anti-inflammatoire de la plante *B.aegyptiaca*, mais les résultats que nous avons obtenus montrent une activité prometteuse. Ces résultats pourraient constituer un point de départ solide pour de futures études et servir de base solide pour celles-ci.

2.7. Evaluation de l'activité anticoagulante de *Balanite aegyptiaca*

Le pouvoir anticoagulant des extraits du *B.aegyptiaca* a été évalué *in vitro* vis-à-vis de la voie endogène et la voie exogène de la coagulation en utilisant trois tests chronométriques, à savoir le test TCK, le test TQ et le niveau de fibrinogène respectivement.

- ❖ Le test TCK est activée par le contact entre le facteur XII et la surface électronégative de l'activateur qui est le kaolin (substitut du collagène et de tissu conjonctif *in vivo*). Cette interaction induit l'activation du facteur XII et par conséquent l'activation séquentielle des facteurs XI, IX, X et la thrombine (facteur II) (**Gerotziafast, 2007**).

Les temps de TCK sont $23,7 \pm 1,17s$ pour les extraits de *B.aegyptiaca*.

- ❖ Le test de Quick (TQ) ou le taux de prothrombine (TP) est le test qui permet d'explorer globalement la voie exogène de la coagulation où le facteur tissulaire est le déclencheur de cette voie (**Tripodi, 2009**). Le TQ normal est compris entre 12 et 14 secondes selon les réactifs utilisés (**Caquet, 2004**) et un allongement par rapport au contrôle négatif traduit une activité anticoagulante du matériel testé vis-à-vis de la voie exogène de la coagulation.

Le temps de TQ est $15,23 \pm 0,7s$.

- ❖ L'activation du test de niveau de fibrinogène est généralement réalisée en ajoutant un réactif spécifique à l'échantillon à tester. Ce réactif spécifique active le fibrinogène pour le convertir en fibrine. Cette conversion est généralement réalisée en ajoutant de la thrombine, une enzyme clé dans le processus de coagulation sanguine. Après activation, le temps nécessaire à la formation du caillot ou à la conversion du fibrinogène en fibrine est mesuré à l'aide de méthodes telles que les tests colorimétriques ou turbidimétriques. Ce temps reflète le niveau de fibrinogène dans l'échantillon testé, où un temps plus court indique un niveau de fibrinogène plus élevé.

Les temps de Fibrinogene sont $3,35 \pm 1,17(g/l)$ pour les extraits de *B.aegyptiaca*.

Globalement, l'évaluation de la capacité anticoagulante des extraits du *Balanite aegyptiaca* établie par les deux tests chronométriques d'exploration de la coagulation, le TCK et le TQ et le Fibrinogene démontre que ces extraits n'exercent pas une activité anticoagulante importante vis-à-vis des deux voies de la coagulation.

Selon **Sakthipriya et Vidhya (2015)** *Balanite aegyptiaca* présente une bonne activité anticoagulante qui peut être la présence des tanins, polyphénol, flavonoïdes des alcaloïdes, des saponines et d'autres composés actifs en quantités variables. Récemment la découverte des plantes médicinales ayant une activité thrombotique est rare (**Rahman et al., 2013**), parmi lesquelles: Par exemple les extraits de polyphénols d'olive *Olea europaea* famille des Oleaceae (**Manallah, 2012**).

L'attribution exacte de l'activité biologique à un composé, ou un petit groupe de composants dans un extrait de plante est une tâche difficile, puisque l'activité efficace dépend de plusieurs facteurs:

- Concentration et l'interaction synergique avec d'autres composants (**Almela et al.,2006**).
- Périodes de récolte (**Celiktas et al., 2007**).
- Méthodes d'extraction (**Kosar et al., 2005**).

Tableau 14: Résultats d'activité anticoagulante de *Balanite aegyptiaca*

	TP (second)	TCK (second)	Fibrinogene (g/l)
Extrait	15,23± 0,7	23,7± 1,17	3,35± 1,17
Control	11,22± 1,16	29,2± 0,03	2,54± 0,03

3. Résultats de l'étude du activités biologiques in vivo

3.1. Résultats du test toxicité de *Balanite aegyptiaca*

Administration orale de l'extrait aqueux de la partie aérienne de *Balanite aegyptiaca* aux doses de 500 et 1000 et 1500 mg/ Kg p.c aux ratte n'a induit aucun signe de toxicité aiguë au cours des 14 jours d'observation, peau, cheveux, yeux, comportement, activité somato motrice, sommeil étaient normaux, Aucun mortalité n'a été enregistré au cours du suivi et ils n'ont pas de diarrhée.

Alors qu'une évolution de la croissance du corps a été observée (**Figure 24**). On a aussi remarqué une évolution de la croissance du corps en enregistrant les mesures à l'aide de la balance.

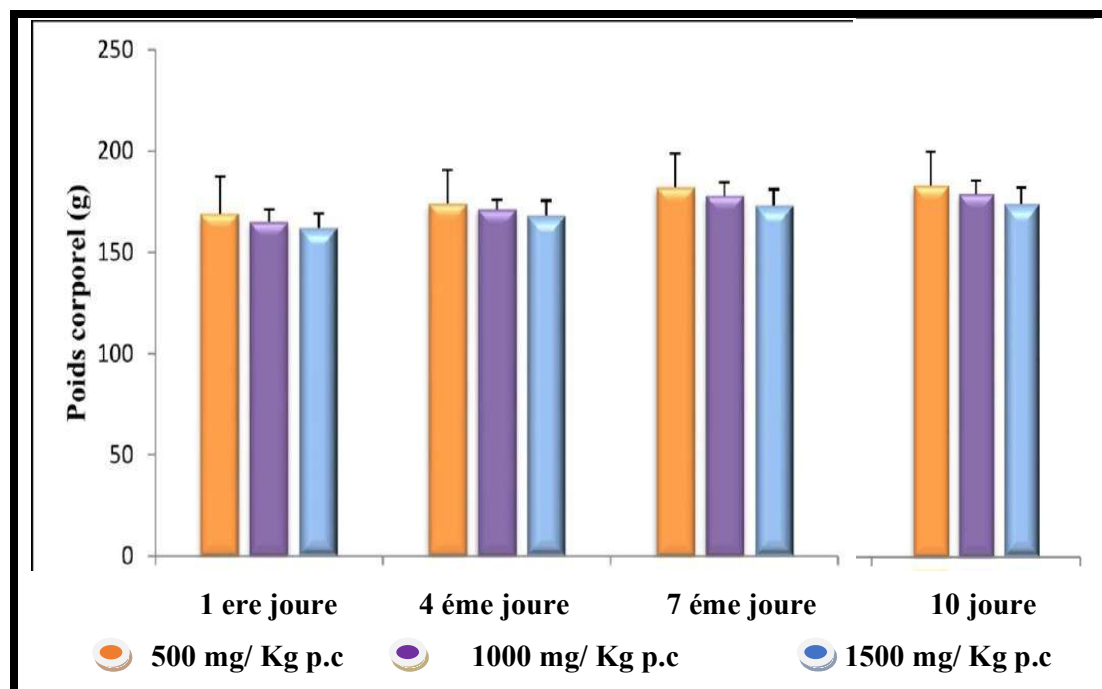


Figure 24: Évolution du poids (g) des rattes lors d'une étude et suivi toxicité de l'extrait méthanolique de *Balanite aegyptiaca*

Les résultats obtenus ci-dessus montrent une étude de l'évolution du poids corporel des rattes pendant 10 jours afin de tester la toxicité de l'extrait aqueux de *Balanite aegyptiaca* par administration orale à l'aide de gavage.

Nous avons observé une augmentation naturelle du taux de croissance pour chaque des deux lots traités avec une dose de 500 mg/kg p.c et 1000 mg/kg p.c et 1500 mg/kg p.c par rapport au lot témoin. N'a aucun signe de toxicité: n'observe aucune dommage à l'organisme ou mortalité dans tous les lots lors d'un suivi minutieux, cela indique que ces doses sont non toxiques, bien qu'elles soient très élevés, et de nombreuses études ont confirmé non résultat, ce qui permet d'étudier l'activité antidiabétique et anti-inflammatoire in vivo.

Observations les rattes ont été suivis attentivement et régulièrement durant pendant les premières 24 heures, surtout les premières 4 heures, puis quotidiennement pendant la durée de l'expérimentation (7 jours) après l'administration de la solution.

Les observations visuelles comprenaient la motilité modifications de la peau, des poils, des yeux et de l'activité somato-motrice et du comportement, des diverses manifestations de diarrhée, léthargie, sommeil. Le nombre de survivants a été enregistré. La mesure du poids de chaque animal doit être réalisée peu de temps avant l'administration de l'extrait à testés et ensuite une fois par jour.

Les variations de poids sont calculées et enregistrées (**El Kabbaoui, 2019**). Ce test a été réalisé conformément à la directrice Organisation Mondiale de la Santé pour l'évaluation de l'innocuité et de l'efficacité des médicaments à base de plantes (O.M.S., 2000).

La voie d'administration choisie est la voie orale pour plusieurs raisons: C'est la voie d'utilisation des plantes en médecine traditionnelle et d'un point de vue pharmacologique, c'est la voie la plus couramment utilisée. C'est aussi une voie d'administration physiologique, efficace et de commodité pour éviter les risques éventuels d'intoxication.

De plus cette voie ne nécessite aucun matériel particulier, il est généralement, bien accepté par les patients (**Bourine et Jolliete, 1999**).

3.2. Evaluation de l'activité anti-inflammatoire in vitro de *Balanite aegyptiaca*

L'étude de l'activité anti-inflammatoire d'extrait aqueux de *B. aegyptiaca*, est réalisée par la mesure du diamètre de l'oedème induit par la carraghénine chez 4 lots de rattes (témoin, essai et référence) en absence et en présence d'un traitement anti inflammatoire.

Les résultats représentée l'évolution de l'inflammation pour les différents groupes sont dans le (**Tableau 15**) ci-dessous d'après on constate que l'inflammation provoquée par la carraghénine augmente en fonction du temps et atteint un maximum de 6.9 mm à la première heure. On note également que l'effet de la molécule de référence (acide acétylsalicylique) entraîne une diminution progressive de l'oedème.

L'Acide acétyl-salicylique (100 mg/kg PC) n'agit qu'à partir de la 30 minute et atteint son maximum d'activité à la 2 heure, où tu deviens presque une patte normale, comme si elle n'avait pas reçu d'injection de carraghénine. (**Tableau 15**)

Tableau 15: Effet des extraits méthanolique et des anti-inflammatoires de référence utilisés dans la présente étude sur l'oedème plantaire induit par la carraghénine chez les rats

Groupes et doses (mg/kg)	Temps (h) et diamètre de la patte (mm)			
	Avant l'injection	30 min	1 h	2 h
Témoin	2.3	6.8	6.9	6.8
Aspirine	2.6	6.7	4	3
Extrait aqueux 100 mg/kg	2.4	6.6	5.3	4
Extrait aqueux 250mg/kg	2.4	7	5.1	3.3
Extrait aqueux 500mg/kg	2.6	7.1	4.7	2.8

A partir de la première heure, les extraits méthanolique représentent une inhibition hautement significative de l'inflammation de la patte dont le diamètre est réduit à 5.3 mm pour la dose d'extrait 100 mg/kg PC et 5.1 mm pour la dose d'extrait 250 mg/kg PC et 4.7 mm pour la dose d'extrait 500 mg/kg PC.

A ce temps, l'analyse statistique montre que les extraits aqueux (500 mg/kg P.C), il semble que l'effet soit légèrement inférieur à celui de l'aspirine 4 mm dans les mêmes conditions.

Le suivi de la progression de la cinétique d'inhibition de l'oedème de la patte montre que les deux extraits ont un effet anti inflammatoire considérable et expriment à la 5h un effet très proche (c'est-à-dire quelque peu égal) (**Tableau 15**).

Les résultats montrent également que l'efficacité de l'aspirine dans l'inhibition de l'oedème plantaire chez les rats. On peut alors déduire l'ordre de cette inhibition comme suit : Aspirine > Extrait (500 mg/ kg PC) > Extrait (250 mg/ kg PC) > Extrait (100 mg/ kg PC).

L'inhibition de l'oedème plantaire chez le rat indique la présence des molécules bioactives (composés phénolique en particulier les flavonoïdes et les tanins) dans l'extrait de plante qui

CHAPITRE 04 : Résultats et Discussion

agisse potentiellement comme d'anti-inflammatoires non stéroïdiens en inhibant l'activité enzymatique de cyclooxygénase (COX) et lipoxygénase (LOX) et permet ainsi de réduire la quantité de médiateurs pro-inflammatoires produits lors de ce processus immunitaire. De plus, les flavonoïdes sont un groupe de polyphénols qui contiennent la biosynthèse des prostaglandines (**Abedayo et al., 2015**).

Conclusion

Conclusion

Avec le développement en cours, il est devenu impératif de suivre l'intérêt pour les plantes médicinales en explorant ses aspects les plus importants en menant des études sur l'efficacité biologique et chimique des plantes présentes dans le désert.

À travers des études réalisées sur une plante du *Balanite aegyptiaca* famille des Zygophyllaceae, il a été démontré que cette plante possède une efficacité biologique et chimique. Sur cette base, une plante du *Balanite aegyptiaca* a été choisie pour étudier son efficacité biologique et chimique, ainsi que sa description morphologique et sa distribution géographique.

En ce qui concerne les tests d'efficacité biologique, l'étude a porté sur l'effet de l'extrait méthanolique de l'extrait aqueux à différentes concentrations et a été testée sur 4 types de bactéries : B actéries pathogènes *E. coli* et *Pseudomonas aeruginosa* et *Staphylococcus aureus* et *Enterococcus*.

Quant à l'efficacité chimique, une méthode d'inhibition de l'activité de la racine de curcuma a été utilisée, et une estimation quantitative des polyphénols et des flavonoïdes a également été réalisée DPPH et le test du FRAP et le test anti-inflammatoire et le test anticoagulante.

En conclusion, nous espérons quantification des polyphénols qui a été estimée à $(23.346 \pm 0.295 \text{ mgEq EAG/g})$, des flavonoïdes à $(15.342 \pm 0.79015.342 \pm 0.790 \text{ mg EqEQ/g})$ et des tanins dans l'extrait à $(12.828 \pm 0.521 \text{ mg Eq EC /g})$.

D'après les résultats de l'évaluation de l'activité antioxydante de l'extrait méthanolique à l'aide du test DPPH et du test FRAP, les résultats ont montré que la valeur IC₅₀ de l'extrait était estimée à $(0.6654 \pm 0.0006 \text{ mg/ml})$ et l'EC₅₀ à $(3,91 \text{ mg/ml})$.

L'activité antibactérienne de l'extrait méthanolique sur 4 types de bactéries : *E. coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* et *Enterococcus faecalis*. Toutes les souches étudiées ont montré une sensibilité à l'extrait méthanolique.

Avoir réussi à atteindre les objectifs souhaités, à savoir l'étude biologique et chimique de cette plante ou du moins avoir suscité des questions sur un aspect important des sujets actuels de médecine alternative, afin que nous et d'autres puissions examiner de plus près pour enrichir le corpus scientifique dans ce domaine et approfondir ses aspects.

Nous espérons également avoir ouvert la voie aux chercheurs pour poursuivre la recherche dans ce domaine.

Références

Bibliographiques

Références bibliographiques en français

1. **Normala H., et Mardhiah-Hayati A. H. 2010.** Determination and Evaluation of Antioxidative Activity in Red Dragon Fruit (*Hylocereus undatus*) and Green Kiwi Fruit (*Actinidia deliciosa*). *American Journal of Applied Sciences*, 7 (11) : 1432-1438.
2. **Abdallah Emad M., Ben Hsouna A. Al-Khalifa and Khalifa S. 2012.** Antimicrobial, antioxidant and phytochemical investigation of *balanites aegyptiaca* (L.) del. Edible fruit from Sudan. Center of Biotechnology of Sfax, P. O. Box 1177, 3018 Sfax, Tunisia.
3. **Abdelaziz S.M, Mohamed Lemine F.M, Ould Tfeil H, Filali-Maltouf A and Salem Boukhary A.O.M. (2020).** Phytochemicals, Antioxidant Activity and Ethnobotanical Uses of *Balanites aegyptiaca* (L.) Del. Fruits from the Arid Zone of Mauritania, Northwest Africa. *Plants* 2020, 9, 401; doi:10.3390/plants9030401: Pp9-11.
4. **Abdelaziz, S. M., Sabra, A. N. A., Hafez, A. A., & Emara, M. M. 2020.** Nutritional value and chemical composition of *Balanites aegyptiaca* (L.) Del. fruits. *Bulletin of Faculty of Pharmacy, Cairo University*, 58(2), 163-169.
5. **Adebayo S., Jean D., Leshweni S., Jacobus E. 2015.** The anti-inflammatory and antioxidant activity of 25 plant species used traditionally to treat pain in southern African. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, , 15:159.
6. **Akrout, A., El Jani, H., Amouri, S., & Neffati, M. 2009.** Screening of antiradical and antibacterial activities of essential oils of *Artemisia campestris* L., *Artemisia herba alba* Asso, and *Thymus capitatus* Hoff. et Link. growing wild in the Southern of Tunisia. *Recent Research in Science and Technology*, 2(1), 23-39.
7. **Alais C., Linden G., 1997.,** *Abrégé de biochimie alimentaire*. Masson (Paris) France p 247.
8. **Alhakmani F, Kumar S, Khan S.A. 2013.** Estimation of total phenolic content, in-vitro antioxidant and antiinflammatory activity of flowers of *Moringa oleifera*. *The Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*; 3(8): 623-627. Doi: 10.1016/S2221-1691(13)60126-4, Pp 623-627.
9. **ALMELA L., SANCHEZ-MUNOZ B., FERNANDEZ-LOPEZ J.A., ROCA M.J. et RABE V., 2006-**Liquid chromatographic- mass spectrometric analysis of phenolics and free radical scavenging activity of rosemary extract from different raw material. *J. Chromatography A*. 1120 : 221-229.
10. **Amarowicz, R., Pegg, R. B., Rahimi-Moghaddam, P., Barl, B., & Weil, J. A. 2004.** Freeradical scavenging capacity and antioxidant activity of selected plant species from the Canadian prairies. *Food chemistry*, 84(4), 551-562.

Références bibliographiques

11. **Amas. (1997).** Food and Agricultural Research Council, Réduit, Mauritius.
12. **Andres A., Donovan S.M., Kuhlenschmidt M.S. 2009.** Soy isoflavones and virus infections. *Journal of nutritional biochemistry* 563/569.
13. **Anh-Dao, L. T., Nhon-Duc, L., Cong-Hau, N., & Thanh-Nho, N. 2022.** Variability of total polyphenol contents in ground coffee products and their antioxidant capacities through
14. antioxidants activities of aqueous stem bark extract of *Schotia latifolia* Jacq. *Asian Pacific*
15. **Ayad R. (2008).** Recherche et Détermination structurale des métabolites secondaires de l'espèce: *Zygophyllum cornutum* (zygophyllaceae) Mémoire de magister en chimie organique. Université Mentouri de constantine, faculté des sciences exactes, 15 p.
16. **Azouaou K., Touazi K., Ayadi B., Seddaoui., 2020.** Contribution a l'étude de la phytothérapie traditionnelle dans la région de Tizi-ouzou et a l'étude d'*Asphodelus tenuifolius*
17. **Baghiani, A., Boumerfeg, S., Belkhiri, F., Khennouf, S., Charef, N., Harzallah, D., & Mosaad Attia, A. W. 2018.** Antioxidant and radical scavenging properties of *Carthamus caeruleus* L extracts grow wild in Algeria flora. *Comunicata Scientiae*, 1, 28-13
18. **Bagre, I., Bahi, C., Gnahoue, G., Djaman, A.J., Guede, G.F. J., 2007.** Composition phytochimique et evaluation in vitro de l'activité antifongique des extraits des feuilles de *morinda morindoides* (baker) *milne-redhead* (rubiaceae) sur *aspergillus fumigatus* et *candida albicans*. *sci. pharm. biol.*, 8, n°1, pp.15-23. En ligne : http://www.ufrspb.ci/cf/doc2_31.pdf.
19. **BAHORUN T., GRESSIER B., TROTIN F., BRUNET C., DINE T., LUYCKX M., VASSEUR J., CAZIN M., CAZIN J. C. et PINKAS M., 1996-**Oxygen species scavenging activity of phenolic extracts from hawthorn fresh plant organs and pharmaceutical preparations. *Journal of Arzneimittel-Forschung*. 46 : 1086-1089.
20. **Balasundram N., Sundram K. Et Samman S., 2006.** Phenolic compounds in plants and Agriindustrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chemistry*. 99:191–203.
21. **Basli A., Chibane K., Madani N. O., 2012.,** Activité antibactérienne des polyphénols extraits d'une plante médicinale de la flore d'Algérie: *Origanum glandulosum* Desf.?, *Phytothérapie*, 10(1), pp. 2–9. doi: 10.1007/s10298-012-0683-9.
22. **Batah S, Saaidia M, Yousfi S. 2016.** Etude de l'effet antimicrobien de l'extrait méthanolique de l'ail « *Allium sativum* L ». Université 8 Mai 1945 Guelma.p30.
23. **Bavaresco L. 2003.** Role of viticultural factors on stilbene concentrations of grapes and wine. *Drugs under Experimental and Clinical Research*, 29:181-187.

Références bibliographiques

24. **Beniston NT et WS., 1984-** FLEUR D'ALGERIE, Ed: entreprise nationale du livre Alger, N°d'édition: 1822/84. 359p.
25. **Boual Z, 2009.** Contribution à l'étude des polysaccharides de quelques plantes spontanées à caractère médicinal de la région de Ghardaïa (Sahara septentrional Est algérienne). Mémoire de magister, Université Kasdi Merbah Ouargla, Algérie,
26. **Boual, Z., Pierre, G., Delattre., C. 2015.** Mediterranean semi-arid plant *Astragalus armatus* as a source of bioactive galactomannan. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 2015, vol. 5, no 1: Pp 10-18.
27. **Bouaziz, M., Dhouib, A., Loukil, S., Boukhris, M., & Sayadi, S. 2009.** Polyphenols content, antioxidant and antimicrobial activities of extracts of some wild plants collected from the south of Tunisia. *African journal of biotechnology*, 8(24): 7017-7027.
28. **Bougandoura N., et Bendimerad N., 2012.** Effet antifongique des extraits aqueux et méthanolique de *Satureja calamintha* ssp. (*Nepeta*) briq. *Revue des Bio Ressources*, 2:1-7.
29. **Bourine , M ., Jolliete, P. 1999.** pharmacologie général et pratique. Ed ellipse. Paris,142 p.
30. **Bouvourne. P. , Beppe. G, Ponka. R , Ngatanko Abaïssou. H, Kamleu .K. B, Camdi Woumitna . G, Sotoing Taiwe G., 2022.,** Antioxidant and Anticholinesterase Properties of the Aqueous Extract of *Balanites aegyptiaca* L. Delile Fruit Pulp on Monosodium Glutamate-Induced Excitotoxicity in Swiss Mice. University of Maroua, P.O. Box 814, Maroua, Cameroon. Hindawi. Page 5
31. **Brown, C., & Green, D. 2022.** Phytochemicals and Their Pharmacological Effects. Academic Press.
32. **Bruneton j. 2009.** Pharmacognosie Phytochimie, Plantes médicinales. 4 E éd.Paris: Tec & Doc Éditions Médicales internationales; [revue Et augmentée.
33. **Bruneton j., 1999.** Phytochimie. Plantes medicinales. Pharmacognosie. 3eme édition, Paris, France. pp : 125-165.
34. **Cadi E.M ., Mqkram S., Ansar M ., Khabbal Y., Alaoui K ., Faouzi M.A., . Cherrah Y et Taoufik J. 2011.-** Activité anti-inflammatoire des extraits aqueux et éthanolique de *Zygophyllumgaetulum*,vol.70:113.116(<https://daneshyari.com/article/preview/2478194.pdf>
35. **Cadi E.M ., Mqkram S., Ansar M ., Khabbal Y., Alaoui K ., Faouzi M.A., . Cherrah Y et Taoufik J. 2011-** Activité anti-inflammatoire des extraits aqueux et éthanolique de *Zygophyllumgaetulum*,vol.70:113116(<https://daneshyari.com/article/preview/2478194.pdf>
36. **Caquet R., 2004-250** examens de laboratoire : prescription et interprétation. 9ème Ed., MassonParis. pp : 388-389.

37. **CELIK TAS O.Y., HAMES KOCABAS E.E., BEDIR E., VARDAR SUKAN F., OZEK T. et BASER K.H.C., 2007**-Antimicrobial activities of methanol extracts and essential oils of *Balanites aegyptiaca* , depending on location and seasonal variations. *Food Chem.* 100 : 553- 559.
38. **Chapagain B.P. and Wiesman Z. 2007.** Determination of saponins in the kernel cake of *Balanites aegyptiaca* by hplc-esi/ms. *Phytochemical Analysis. Agric. Food chem*, 18: 354–362.
39. **Chothani D.L and Vaghasiya H.U. 2011.** A review on *Balanites aegyptiaca* Del (desert date): phytochemical constituents, traditional uses, and pharmacological activity. *Pharmacognosy Reviews*: Pp 1-3.
40. **Collin S., Counet C., Callemien D., Jerkovic V. 2011.** polyphénols et procédés .page 5
41. **Collin S., Crouzet J. 2011.** Polyphénols et procédés. Paris: Tec & Doc;. p. 1-37.
combinations of phytochemicals. *Am. J. Clin. Nutr.*78: 517-520.
42. **Cui Y., Oh Yj ., Lim J., Youn M ., Lee I ., Pak Hk ., Park W., Jo W., Park S.(2012).** AFM study of the differential inhibitory effects of the green tea polyphenol .*Food Microbiology.* Vol 29. 80-87.
43. **Dekkar. M et Kalaidji.Y., 2022.,** Évaluation de l'activité antioxydante des composés phénoliques de *Balanites aegyptiaca*. Mémoire de Master. Université ABOUBEKR BELKAID – TLEMCEM.
44. **Diallo B. et Diouf A. 2000.** Etude de l'activité analgésique du *Pilostigma reticulatum* (Nguiguiguis). *Odonto-Stomatologie, Tropicale*, N°92.
45. **Diedhiou M.D. 2017.** Fractionnement analytique de la graine de neem (*Azadirachta indica* A. Juss.) et de la graine de dattier du désert (*Balanites aegyptiaca* L.) Valorisation des constituants de la graine de neem par bioraffinage. Doctorat de l'université de toulouse, 130p.
46. **Dorderic, 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.<http://dx.doi.org/10.1016/j.jfda.2013.11.001>.
47. **Druzyńska B., Stepniowska A. et Wolosiak R., 2007.,** The influence of time and type of solvent on efficiency of the extraction of polyphenols from green tea and antioxidant properties obtained extracts. *Acta sci. pol. technol alimentaria*.6:27-36.

Références bibliographiques

48. **Dziri S., Hassen I., Fatnassi S., Mrabet Y., Casabianca H., Hanchi B., Hosni K., 2012.** Phenolic constituents, antioxidant and antimicrobial activities of rosy garlic (*Allium roseum* var. *odoratissimum*). *Journal of Functional Foods*. Vol. 4: 423- 432.
49. **El Aziz., M.M.A., Ashour A.S., Melad A.S.G. 2019.** A review on saponins from medicinal plants: Chemistry, isolation, and determination. *Journal of nanomedicine research*, 282–288.
50. **Ghedadba, N., Hambaba, L., Ayachi, A., Aberkane, M. C., Bousselsela, H., & Oueld- Mokhtar, S. M. 2015.** Polyphénols totaux, activités antioxydante et antimicrobienne des extraits des feuilles de *Marrubium deserti* de Noé. *Phytothérapie*, 13(2), 118-129.
51. **Ghedadba, N., Hambaba, L., Ayachi, A., Aberkane, M. C., Bousselsela, H., & Oueld- Mokhtar, S. M. 2015.** Polyphénols totaux, activités antioxydante et antimicrobienne des
52. **Gomes C, Lourenc E.L.B, Liuti E.B, Duque A.O, Nihi, F, Lourenc A.C, Mendes T.C, Junior A.G and Dalsenter P.R. 2012.** Evaluation of subchronic toxicity of the hydroethanolic extract of *Tropaeolum majus* in Wistar rats. *Journal of Ethnopharmacology* 142: Pp 481-487.
53. **Gomes C, Lourenc E.L.B, Liuti E.B, Duque A.O, Nihi, F, Lourenc A.C, Mendes T.C, Junior A.G and Dalsenter P.R. 2012.** Evaluation of subchronic toxicity of the hydroethanolic extract of *Tropaeolum majus* in Wistar rats. *Journal of Ethnopharmacology* 142: Pp 481-487.
54. **Gulluce M., Sokmen M., Daferera D., Agar G.O., zkan H., Kartal N., Polissiou M., Sokmen A., Sahin F. 2003.** In Vitro Antibacterial, Antifungal, and Antioxidant Activities of the Essential Oil and Methanol Extracts of Herbal Parts and Callus Cultures of *Saturejahortensis* L. *Agric Food Chem*. Vol. 51. 3958–3965.
55. **Hagerman A. 2012.** Fifty years of polyphenol-protein complexes. In: *Recent advances in polyphenol research*. 1st Edition. Cheynier, V; Sami-Machado, P.; Quideau, S. Eds. Publisher: Wiley-Blackwell & sons, Oxford, UK. Vol. No. 3. 364 pp.
56. **Halliwell, B. 2006.** Reactive species and antioxidants. Redox biology is a fundamental theme of aerobic life. *Plant physiology*, 141(2), 312-322. <https://doi.org/10.1104/pp.106.077073>.
57. **Hamliche, V., & Maiza, K. 2006.** Traditional medicine in Central Sahara: pharmacopoeia of Tassili N’ajjer. *Journal of ethnopharmacology*, 105(3), 358-367.

Références bibliographiques

58. **Harborne J.B., Baxter H., 1999.**, Handbook of natural flavonoids, Wiley, Chichester vol.2.
59. **Harchaoui L., 2019.** Etude biotechnologique ,biochimique de *Deverra scoparia*, plante endémique de Tamanrasset .Recherche de quelques activités biologiques .These de doctorat, Université des sciences et de la technologie Houari Boumediene USTHB/Alger.p43.
60. **Herrera, E., & Barbas, C. 2001.** Vitamin E: action, metabolism and perspectives. Journal of physiology and biochemistry, 57, 43-56. <https://doi.org/>
61. **Herrmann., 1976.** Flavonols and flavones in food plants: areview. FdTechnol. Vol .11, 433-448.
62. **Himour S., Yahia A., Belattar H. et Bellebeir L., 2016.** Etude phytochimique des feuilles d'*Olea europaea* L. var Chemlel d'Algérie. Journal of Bioresources Valorization, 1(1), 34.
63. **Hsu YL, Kuo PL, Chiang LC. , Lin CC. 2004.** Isoliquiritigenin inhibits the proliferation and induces the apoptosis of human non-small cell lung cancer A549 cells. ClinExp Pharmacol Physiol vol.31:414–8.
64. **Hung H.C., Joshipura K.J., Jiang R., Hu F.B., Hunter D., Smith-Warner S.A. 2004.** Fruit and Vegetable Intake and Risk of Major Chronic Disease. J Natl Cancer Instvol.96:1577–1584.
65. **Jeun J.M, Annie F et Chrystian J.L. 2005.** Les composés phénoliques des végétaux, Pp 203- 204.
66. **Kar B, Kumar RB. S, Karmakar I, Dolai N, Bala A, Mazumder U.K, Haldar P.K. 2012.** Antioxidant and in vitro anti-inflammatory activities of *Mimusops elengi* leaves. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine 2012, Pp 976-980.
67. **Khadhri, A., Mokni, E.R and Smiti, S.; 2013.** Composes phénoliques et activitésantioxydantes de deux extraits de chardon à glu : *Atractylisgummifera*. Sci Nat. 39 :44- 52.
68. **Khan Y., Panchal S., Vyas N., Butani A. et Kumar V., 2007.** *Olea europaea*: a. Journal of Tropical Biomedicine, p 118-124
69. **Khettaf, A., Belloula, N., & Dridi, S. 2016.** Antioxidant activity, phenolic and flavonoid contents of some wild medicinal plants in southeastern Algeria. African Journal of Biotechnology, 15(13), 524-530.
70. **Kim, S. H., Hyun, S. H., & Choung, S. Y. 2006.** Anti-diabetic effect of cinnamon extracton blood glucose in db/db mice. Journal of ethnopharmacology, 104(1-2), 119-123.

Références bibliographiques

71. **Kolo, I., Lamien-Meda, A., Guissou, I. P., & Nacoulma, O. G. 2010.** Evaluation of the diuretic activity of the hydroethanolic extract of the stem bark of *Balanites aegyptiaca* (L.) Del. (Balanitaceae) in Wistar rats. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 7(1), 32-37.
72. **KOSAR M., DORMAN H.J.D. et HILTUNEN R., 2005**-Effect of an acid treatment on the phytochemical and antioxidant characteristics of extracts from selected Lamiaceae species. *Food Chem.* 91 : 525-533.
73. **Kusch P., Deininger S., Specht., Maniako S., Haubrich R., Pommerening S., T. Lin, P.K.T. Hoerauf A., Kaiser A. 2011** .In vitro and in vivo antimalarial activity of seeds from *Balanites aegyptiaca*: Compounds of the extract show growth inhibition and activity against plasmodial amino peptidase. *J. Parasitol Res.*, 368-692.
74. **Lahmer N et Messai S., 2017.** Étude phytochimique et biologique des extraits aqueux et méthanolique des écorces des racines du *Zizyphus lotus* (L). Université des Frères Mentouri
75. **Li R.H., 2003.** Health benefits of fruit and vegetables are from additive and synergistic
76. **Majhenic, L., Kerget, M.S. & Knez, Z. 2007.** Antioxidant and antimicrobial activity of guarana seed extracts. *Food Chemistry*. Vol. 104(3): 1258-1268.
77. **Manach C., Scalbert A., Morand C., Rémésy C., Jiménez L., 2004.** Polyphenols: food sources and bioavailability. *The American Journal of Clinical Nutrition*. Vol79.727-747.
78. **MANALLAH A., 2012**-Activités antioxydante et anticoagulante des polyphénols de la pulpe d'olive *Olea europaea* L. Mémoire de Magister. Université de Sétif. 122p.
79. **Martin S. et Andriant sitohaina R. 2002.** Cellular mechanism of vasculo-protection induced by polyphenols on the endothelium. *Annales de Cardiologie et d'Angiologie*. Vol.51. 304-315.
80. **Martínez-Flórez S., González-Gallego J., Culebras J. M., Tuñón M.J., 2011.** Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes ; 271-278.
81. **Mbaebie B. O., Edeoga H. O., et Afolayan A. J., 2012.** Phytochemical analysis and
82. **Meda R.N.T., Vlase L., Lamien-Meda A., Lamien C.E., Muntean, D., Tipericiu B., Oniga I., Nacoulma O.G. 2011.** Identification and quantification of phenolic compounds from *Balanites aegyptiaca*(L.) Del (Balanitaceae) galls and leaves by HPLCMS. *Nat.vol* .25. 93–99.
83. **Mekhadmi NE., 2021.** Etude Phytochimique et Activités Biologiques des Huiles Essentielles

Références bibliographiques

84. **Mohamed A.M, Wolf W. and Spie W. E. L. 2002.** Physical, morphological and chemical characteristics, oil recovery and fatty acid composition of *Balanites aegyptiaca* Del. Kernels: 2-4..
85. **Mohamed F.Z., Fahmi A-A., Saad A.M., Fathy M , Ahmed E-E., Badawy M . 2015.** Biochemical and phytochemical studies on balanites aegyptiaca fruits. Scientific research & studies center-faculty of science zagazig university Egypt. Vol 10(2), pages 13-26.
86. **Mohamed, A. H. A. 2002.** Physico-chemical characteristics of *Balanites aegyptiaca* (L.) Del. seed oil and its potential use in soap making. *Bioresource Technology*, 85(1), 17-20.
87. **Mohammedi Z., 2013.** Etude phytochimique et activités biologiques de quelques plantes médicinales de la région nord et sud ouest de l'algérie. Thèse doctorat. Tlemcen: Université Abou Bekr Belkaid, , 170 p .
88. **N. G. Baydar, G. Özkan, et O. Sağdıç, 2004.** « Total phenolic contents and antibacterial activities of grape (*Vitis vinifera* L.) extracts », *Food Control*, vol. 15, n° 5, p. 335-339, juill.
89. **Normala H., et Mardhiah-Hayati A. H., 2010.** Determination and Evaluation of Antioxidative Activity in Red Dragon Fruit (*Hylocereus undatus*) and Green Kiwi Fruit (*Actinidia deliciosa*). *American Journal of Applied Sciences*, 7 (11) : 1432-1438.
90. **Opet E., 2012.,** Mise au point et validation d'une méthode de dosage des tanins condensés. Chimie.. hal-02961850.
91. **Oyaizu, M. 1986.** Studies on Products of Browning Reactions: Antioxidative Activities of Product of Browning Reaction Prepared from Glucosamine. *Japan Journal of Nutrition*, 44,307-315.<http://dx.doi.org/10.5264/eiyogakuzashi.44.307>.
92. **Ozenda P. 1958.** Flore du Sahara. Ed. CNRS, Paris, France.
93. **Ozenda P. 2004.** Flore et végétation du Sahara. CNRS, Alger, Pp 309-310.
94. **Chapagain B.P. and Wiesman Z. 2007.** Determination of saponins in the kernel cake of *Balanites aegyptiaca* by hplc-esi/ms. *Phytochemical Analysis. Agric. Food chem*, 18: 354–362.
95. **P. M. Kuś, F. Congiu, D. Teper, Z. Sroka, I. Jerković, et C. I. G. 2014.** Tuberoso, « Antioxidant activity, color characteristics, total phenol content and general HPLC fingerprints of six Polish unifloral honey types », *LWT - Food Science and Technology*, vol. 55, n° 1, p. 124-130, janv..

Références bibliographiques

96. **Perez-Vizcaino F., Juan Duarte. 2010.** Molecular aspects of medicine. Journal homepage: www.elsevier.com/locate/mam .478-494. Pp 30-37.
97. phytopharmacological review. *Pharmacognosy Reviews*, 1(1), 114-118.
98. **Pissang, P., Koukoura, K. K., Gbekley, E. H., Hoekou, Y., Effoe, S., & Tchacondo, T., 2022.** Toxicité aigüe de *Pteleopsis suberosa* Engl. & Diels: effet sur les paramètres sanguins chez le rat albinos de la souche Wistars. *Afrique SCIENCE*, 21(4), 82-87.
99. Product of Browning Reaction Prepared from Glucosamine. *Japan Journal of Nutrition*, 44,307-315. <http://dx.doi.org/10.5264/eiyogakuzashi.44.307>
100. **Quézel P, Santa S et collaboration d'O. Schotter. 1963.** Nouvelle Flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Edition du centre national de la recherche scientifique, Alger, 591p.
101. **Quézel P. Santa, S., 1963.** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales .Ed .C.N.R.S, Paris, 117 P.
102. **RAHMAN M.A., SULTANA R., BIN EMRAN T., ISLAM M.S., RAHMAN M.A., CHAKMA J.S., RASHID H.U. et HASAN C.M., 2013-**Effects of organic extracts of six Bangladeshi plants on *in vitro* thrombolysis and cytotoxicity. *BMC Complementary and Alternative Medicine*. 30(13) : 13-25.
103. **Rathore M., R.Arya R.K., Meena, and. Kumar H. 2005.** AFRI Darpan (Hindi) vol2.12-13.
104. **Rijke E., Out P., Niessen W M A., Ariese F., Gooijer C., Brinkman U A T., 2006.** Analytical separation and detection methods for flavonoids. *Journal of chromatography A* 1112: 31 - 63.
105. **Rojas-Sandoval J. 2016.** *Balanites aegyptiaca* (simple-thorned torchwood). Invasive Species Compendium Detailed coverage of invasive species threatening livelihoods and the environment worldwide, Pp 1-4.
106. **Ruckebusch, Y., 1981.** Physiologie, pharmacologie, thérapeutique animales, 2ème Ed. Maloine S.A. Paris, 46-79
107. **Sagna M.S, Niang K.S, Guisse A, Goffner D. 2014.** *Balanites aegyptiaca* (L.) Delile: geographical distribution and ethnobotanical knowledge by local populations in the Ferlo (north Senegal). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, Pp 1-3.
108. **SAKTHIPRIYA P. et VIDHYA R., 2015-**Phytochemical and in-vitro thrombolytic activity of *Balanites aegyptiaca* (forsk.) stem. *World Journal of Pharmaceutical Research*. 4(5) : 1325- 1337.
109. **Salminen J.P., Karonen M., 2011.,** Chemical ecology of tannins and other phenolics: We need a change in approach. *Funct. Ecol.*, 25, 325.

Références bibliographiques

110. **Sarker S.D., Barholomew B., Nash R.J. 2000.** Alkaloids from *Balanites aegyptiaca*. *Fitoterapia*, vol .71, 328–330.
111. **Sarni-Manchado P Et Cheynier V. 2006.** Les polyphénols en agroalimentaire. Ed Tec.
112. **Smith, J., & Jones, A. 2014.** Flavonoids and tannins: Potential role in hypoglycemic effect of *Balanite aegyptiaca*. *Journal of Medicinal Plants Research*, 10(5), 123-135.
113. **Southon, S., Gee, J. M., & Johnson, I. T. 1984.** Hexose transport and mucosal morphology in the small intestine of the zinc-deficient rat. *British Journal of Nutrition*, 52(2), 371-380.
114. **Stoclet J.C ., Schinikerth V. 2011.** Flavonoïdes alimentaires et santé humaine Dietary flavonoids and humanhealth. Vol 69. 78-90.
115. **Taylor, E. 2008.** Role of Flavonoids and Tannins in the Hypoglycemic Effect of *Balanite aegyptiaca*. Thèse de doctorat, Université de Paris.
116. **Tesfaye A. 2015.** *Balanites (balanite aegyptiaca) del.*, Multipurpose tree a prospective review , Biodiversity research Center, Arba Minch University, Arba Minch, Ethiopia , 2(3), 189-194, Teucrium poliumon in vitro protein glyc oxidation, *Food and Chemical Toxicology*, 45,2402–2411.
117. **Trabsa H., 2015.** Activité antioxydante et anti-inflammatoire des fractions des plantes médicinales : *Sedum sediforme* et *Lycium arabicum* Université Farhat Abbas 1 . 100p.
118. **TRIPODI A., 2009-**Tests of Coagulation in Liver Disease. *Clin Liver Dis.* 13 : 55-61.
119. **Winter, C. A., Risley, E. A &Nuss, G. W., 1962.** Carrageenan-induced edema in hind paw of the rat as an assay for anti-inflammatory drugs. *ProcSocExp Bio Med* 111:545-547.
120. **WONG C.C., LI H.B., CHENG K.W. et CHEN F., 2006-**A systematic survey of antioxidant activity of 30 Chinese medicinal plants using the ferric reducing antioxidant power assay. *Food Chem.* 97 : 705-711.
121. **Xia E.-Q., Deng G.-F., Guo Y.-J., Li H.-B. 2010.** Biological activities of polyphénols from grapes.*Int. J. Mol. Sci.*, vol.11, 622–646.
122. **Y-A., Békro, J. A., Boua, B. B., Tra Bi, F. H. et Ehilé, E. E. 2007.** Étude ethnobotanique et screening phytochimique de *Caesalpinia benthiana* (Baill.) Herend. Et *Zarucchi* (Caesalpinaceae). *Sciences & Nature* Vol. 4 N°2 : 217 – 225.
123. **Yadav J.P., Panghal M. 2010.** *Balanites aegyptiaca* (L.) Del. (Hingot): A review of its traditional uses, phytochemistry and pharmacological properties, Department of Genetics, M.D. University, Rohtak - 124 001, Haryana, India.

Références bibliographiques

124. **Yadav, R. N. S., Agarwala, M., & Singh, S. 2010.** Traditional knowledge on wild food plants in Uttaranchal state of India. *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 9(1), 81-88.
125. **Yordi, E. G., Pérez, E. M., Matos, M. J., & Villares, E. U. 2012.** Antioxidant and prooxidant effects of polyphenolic compounds and structure-activity relationship evidence. *Nutrition, well-being and health*, 2, 23-48.

Références bibliographiques en arabe

1. بن مرعاش، دراسة نواتج اليض الثانوي الفالونيدي و الفعالية المضادة لألكسدة للنبتة (Convolvulacea Kral) (CossSupinusConvolvulus&Kral) مذكرة مقدمة لنيل شهادة الماجستير في الكيمياء.جامعة منتوري قسنطينة، الجزائر، 2012. ص 136.
2. بن علي إيمان وعتبة لبنى دراسة الفعالية البيولوجية لبعض مركبات الزو المينية مذكرة ماستر أكاديمي جامعة ورقلة. 2015.

Annexes

Annexe 01

Tableau 01: Valeurs d'absorbance sont fonction de la concentration des polyphénols

Concentration	0	0.03	0.06	0.09	0.12	0.15	0.18	0.27
Absorbance	0	0.099	0.19	0.29	0.39	0.49	0.59	0.9

Annexe 02

Tableau 02 : Valeurs d'absorbance sont fonction de la concentration des flavonoïdes

Concentration	0	0.003	0.006	0.009	0.012	0.015	0.018	0.021	0.027	0.03
Absorbance	0	0.109	0.218	0.327	0.436	0.545	0.654	0.76	0.981	1.09

Annexe 03

Tableau 03 : Valeurs d'absorbance sont fonction de la concentration des tanins

Concentration	0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08
Absorbance	0	0.043	0.087	0.131	0.175	0.218	0.262	0.306	0.35

Annexe 04

Echantillons	Concentration	Zone d'inhibition (mm)			Moyenne	SD
		R1	R2	R3		
extrait BA	A 25	0	0	0	0	0
	B 50	8	1	9	6	3.55
	C 75	11	7	9	9	1.63
	D 100	27	28	11	22	7.78
Amoxiciline		8.6	8.8	8.6	8.66	0.09
CIPROLICINE		29.6	27	31.9	29.5	2.00

Annexe 05

Tableau: Poids des rattes sont indiqués

Rattes	R1	R2	R3	R4
Poids	359	367	343	321

Annexe 06

Tableau: Poids des rattes non injecté et injecté

	Non injecté	Injecté
R1	1.64g	1.66g
R2	1.82g	1.97g
R3	1.55g	1.86g
R4	1.28g	1.48g

Annexe 07.

C mg/ml	Aspirine		B. A	
	MOY	SD	MOY	SD
1,75	34.26	0.878	28.27	10.46
2,5	41.91	2.076	33.53	7.115
5	55.21	0.772	62.44	1.164
10	93.94	0.848	64.53	2.310

Annexe 08

C mg/ml	Declofenac Sodium		B.A	
	MOY	SD	MOY	SD
1.75	93.21	0.122	0.523	0.147
2.5	96.36	0	27.99	0.130
5	97.62	0.061	96.16	0.130
10	98.40	0.061	98.57	0.049

Annexe 08

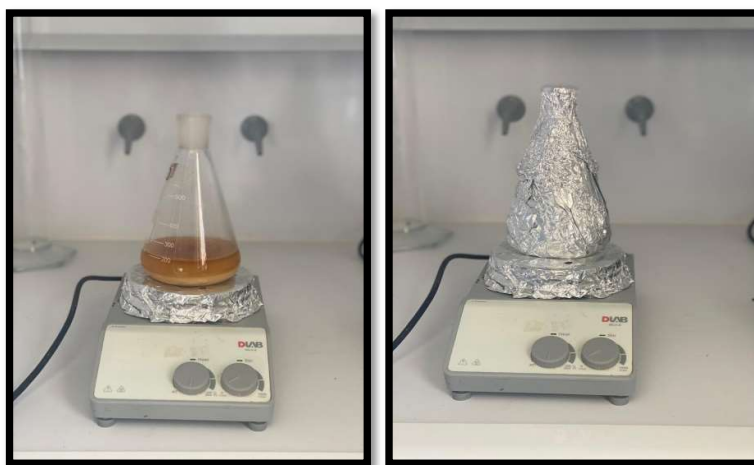


Photo 1: Préparation de l'extrait méthanolique (Originale, 2023)



Photo 2: Spectrophotométrie à transmission

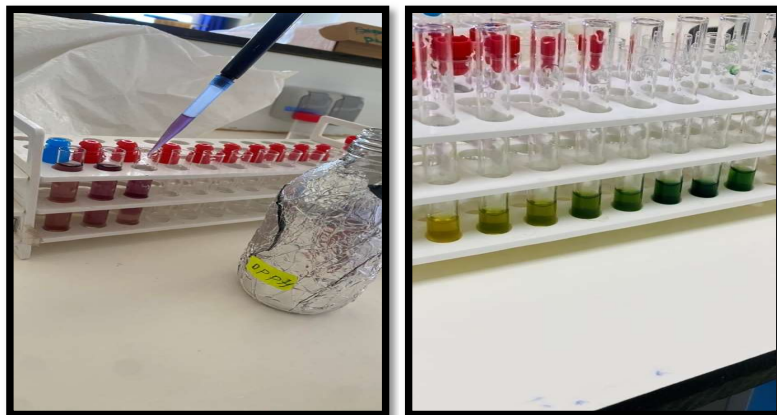


Photo 3: les expériences sur l'activité anti- inflammatoire des extraits



Photo 3: Ratte qui réalisé les expériences

