REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة 20 أوت 1955- سكيكدة

UNIVERSITE 20 AOÛT 1955-SKIKDA

Faculté des Sciences

Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire Présenté en Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Filière : Sciences Biologiques

Option : Biochimie Appliquée

Intitulé

Extraction, Caractérisation et évaluation de l'activité Anti oxydant et anti inflammatoire des principes actifs des extraits *d'Equisetum arvense L* et *Verbascum sinuatum L*

Présenté Par : - **M^elle^ El Kenz Kholoud**

- **M^elle^ Nechla Chaima**

- **M^elle^ Guelaa Malak**

Membres de Jury :

Dr. MELLAHI L.	**MCA**	**Présidente**	**Université20 août 1955-Skikda**
Dr. BENZAZIA S.	**MCA**	**Directrice**	**Université20 août 1955-Skikda**
Dr. BEKHAKHECHE M.	**MCB**	**Examinatrice**	**Université20 août 1955-Skikda**

Soutenu le : 24/06/2026

Année universitaire 2025/2026


بسم الله الرحمن الرحيم

Remerciements

*Nous remercions tout d'abord " **Allah**", le Tout-Puissant, de nous avoir donné la force, le courage et la patience nécessaires pour mener ce travail à son terme.*

*Nous tenons également à remercier **Dr Mellahi L.** pour avoir présidé ce mémoire ainsi que **Dr Bekhakheche M**. pour avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Ensuite, ce travail n'aurait pas pu voir le jour sans l'aide et l'encadrement de **Dr Benzazia S.** nous lui exprimons notre profonde gratitude pour la qualité de son encadrement, sa patience, sa rigueur, sa disponibilité ainsi que ses précieux conseils tout au long de la préparation de ce mémoire.*

*Nous remercions également toute **l'équipe du Hall de Technologie**, en particulier les ingénieures **Nassira** et **Asma**, pour leur aide précieuse, leur disponibilité constante et leur accompagnement durant la réalisation de la partie pratique de cette étude.*

*Nos sincères remerciements s'adressent également à **Monsieur Karim** et **Madame Denia et Aziza** pour leur soutien et leur collaboration.*

*Nous adressons également nos remerciements à l'ensemble du personnel du service **d'Anatomie** et **Cytologie Pathologiques (ANAPATH) de l'hôpital les frères Saad guermece Skikda** pour leur accueil, leur professionnalisme et leur précieuse contribution à la réalisation des analyses histopathologiques.*

*Nous remercions également toute **l'équipe de laboratoire d'analyse médicale Al Amal** sur tout **Dr. Benjamaa** pour leur collaboration, leur disponibilité et leur contribution à la réalisation des analyses biologiques de cette étude.*

Enfin, nous exprimons notre profonde reconnaissance à toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail par leurs encouragements, leur aide et leur soutien.

À toutes et à tous, nous adressons nos plus sincères remerciements.



Dédicace

﴿وَقُلْ رَبِّ زِدْنِي عِلْمًا﴾
سورة طه– 114

Je dédie ce modeste travail :

À" ***Allah"***, le Tout-Puissant, pour m'avoir accordé la force, la santé et la patience tout au long de mon parcours.

À ***mes très chers parents***, pour leur amour infini, leurs sacrifices et leur soutien inconditionnel, sans lesquels je n'aurais jamais pu arriver jusqu'ici.

À ***ma chère sœur Nesrine***, pour son affection, son encouragement et sa présence à mes côtés.

À ***ma grand-mère*** et ***mon grand-père,*** pour leurs prières, leur amour et leur soutien qui m'ont toujours guidée et encouragée.

À ***mes oncles*** et ***tantes***, qui m'ont toujours soutenue et encouragée et à qui je dois une grande part de ma réussite.

À toute ***ma grande famille***, Pour leur amour, leur bienveillance et leur soutien précieux tout au long de mon parcours.

À ***mes chères amies Chaima*** et ***Malak***,
Mes fidèles compagnes de route, pour leur amitié sincère, leur soutien moral et les beaux moments partagés tout au long de ce parcour.

À tous ***mes enseignants***, depuis le début de mon parcours jusqu'à aujourd'hui, pour leur savoir, leur patience et leur accompagnement.

À toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Kholoud



اهداء

﴿دَعْوَاهُمْ فِيهَا سُبْحَانَكَ اللَّهُمَّ وَتَحِيَّتُهُمْ فِيهَا سَلَامٌ وَآخِرُ دَعْوَاهُمْ أَنِ الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ﴾ [يونس: 10]

الحمد لله حُبًّا وامتنانًا على البدء والختام، فما سلكنا البدايات إلا بتيسيره، وما بلغنا النهايات إلا بتوفيقه، وما حققنا الغاية إلا بفضله، فالحمد لله الذي وفقني لإتمام هذه الخطوة في مسيرتي الدراسية.

أهدي ثمرة نجاحي وتخرجي، وحصاد سنواتٍ طويلة من الجد والاجتهاد في سبيل العلم، إلى عالمي الصغير:

إلى من أوصى الله تعالى بهما فقال: ﴿وَوَصَّيْنَا الْإِنسَانَ بِوَالِدَيْهِ حُسْنًا﴾ [العنكبوت: 8].

إلى من يقترن اسمه باسمي في كل فخر واعتزاز، إلى الرجل العظيم الذي علمني أن الحياة كفاح وأن سلاحها العلم والمعرفة، إلى من غرس في نفسي مكارم الأخلاق، وكان داعمي الأول وسندي الدائم، إلى من سعى من أجل راحتي ونجاحي، إلى أعظم رجل في حياتي وأول حب عرفه قلبي، إلى فخري واعتزازي:

أبي الغالي: قلعة موسى.

وإلى جنة الدنيا وبهجة الروح وأعظم نعم الله عليّ، إلى التي حملت اسمي في دعواتها ليلًا ونهارًا، وأضاءت بالحب دربي، ومهدت بلطفها وحنانها طريقي، وكانت ملجئي وسندي في كل مرحلة من حياتي، إلى من لا تكفي الكلمات لوصف فضلها وعطائها:

أمي الحبيبة: لعواشرية فريدة.

وإلى من قال الله تعالى في شأن الأخوة: ﴿قَالَ سَنَشُدُّ عَضُدَكَ بِأَخِيكَ﴾ [القصص: 35].

إلى السند والكتف الثابت الذي لا يميل مهما مالت الدنيا، إلى من كانوا مصدر قوتي وإلهام نجاحي، إلى من شددت عضدي بهم فكانوا ينابيع محبة وعطاء لا تنضب، إلى خيرة أيامي وصفوتها:

إلى أختي الكبرى ***شيماء***، التي كانت لي أختًا وأمًا ثانيةً قبل كل شيء.

وإلى توأم روحي ***سيرين***، التي تقاسمت معي أول نبضة في الحياة

وإلى أخي الغالي ***مهدي***، بطلي الصغير وأمير قلبي وقرة عيني.

إلى ***سندي*** رغم بعد المسافة، إلى من كان حضوره في قلبي أقرب من أي مسافة، وإلى من منحني الدعم والطمأنينة في أصعب اللحظات، شكرًا لأنك كنت دائمًا مصدر قوة وأمل

وإلى صديقتيّ الغاليتين ***خلود وشيماء***، رفيقتي الدرب وأجمل ما أهدتني إياه سنوات الدراسة، شكرًا على صدقكن ووفائكن ومساندتكن التي خففت عني مشقة الطريق وجعلت الرحلة أجمل.

وفي الأخير...

مهما اتسع العالم، تظل العائلة الملاذ الآمن والدفء الحقيقي، وتبقى المحبة الصادقة أعظم ما نملكه في هذه الحياة.

﴿وَمَا بِكُم مِّن نِّعْمَةٍ فَمِنَ اللَّهِ﴾ [النحل: 53].

فالحمد لله دائمًا وأبدًا، والحمد لله حتى يبلغ الحمد منتهاه.

قلعة ملاك



Dédicace

En premier lieu je remercie ***"Allah"*** le tout puissant de m'avoir donné la volonté, la santé et le courage pour réaliser ce travail.

À ***moi-même***, avec fierté, pour chaque défi surmonté et chaque pas accompli vers la réussite.

Je dédie ce modeste travail à ***mes chers parents***, pour leur amour inconditionnel, leurs sacrifices et leurs prières qui m'ont éclairé le chemin de la réussite. Que Dieu les protège.

Mon frère Houssem eddin et ***son épouse meriem***, ***ma sœur Rokaya*** et ***son mari***, et ***mes chères sœurs roumaissa*** et ***Rania*** pour leur soutien continu, leur présence et leurs encouragements tout au long de mon parcours.

À ***mes chers neveux*** et ***nièces***, ***Noursine, Youcef, Sirine*** et ***Iyad***, les rayons de soleil de notre famille, pour la joie qu'ils apportent à ma vie.

Mes fidèles amis, ***Kholoud et malak*** qui ont partagé avec moi les moments de doute et de joie, et avec qui j'ai partagé des souvenirs inoubliables.

A mon employeur, Monsieur ***Boukahla Djamal*** que je remercie sincèrement pour son soutien et sa confiance.

Chaima

Résumé

L'objectif de cette étude est d'évaluer les propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires des extraits d'*Equisetum arvense L.* et *Verbascum sinuatum L.*, après extraction et caractérisation de leurs composés bioactifs.

L'analyse phytochimique a révélé que les deux espèces végétales étudiées présentent des teneurs élevées en composés phénoliques totaux, atteignant respectivement (X = 48.008 ± 0.306 µg EAG/mg E.S.) pour *Equisetum arvense* et (X = 77.055 ± 0.056 µg EAG/mg E.S.) pour *Verbascum sinuatum*. Les teneurs en flavonoïdes ont également été importantes, avec des valeurs de (X = 45.691 ± 0.274 µg EQ/mg E) et (X = 32.240 ± 0.216 µg EQ/mg E), respectivement.

L'évaluation de l'activité antioxydante a montré une capacité significative de piégeage des radicaux libres, avec une concentration inhibitrice médiane (IC_{50}) de 36,8 µg/mL pour *Verbascum sinuatum* et de 105,7 µg/mL pour *Equisetum arvense*. À titre comparatif, la vitamine C utilisée comme référence a présenté une IC50 de 18,4 µg/mL.

L'étude in vivo a été réalisée sur 60 rats mâles répartis en six groupes expérimentaux : G1 (témoin sain), G2 (traité par l'extrait végétal à la dose de 300 mg/kg/jour), G3 (traité par le diclofénac à 5 mg/kg/jour), G4 (colite induite par l'acide citrique à la dose de 1,5 ml), G5 (colite induite + traitement par l'extrait végétal à 300 mg/kg/jour) et G6 (colite induite + traitement par le diclofénac à 5 mg/kg/jour).

Les résultats ont montré que l'induction de la colite inflammatoire entraîne des perturbations significatives des paramètres biochimiques et hématologiques, se traduisant notamment par une augmentation de la glycémie, de la ferritine sérique et de la vitesse de sédimentation érythrocytaire, ainsi que par des modifications de plusieurs paramètres sanguins, caractérisées par une diminution de certains indicateurs hématologiques (globules rouges, taux de fer, etc.) et une augmentation d'autres paramètres tels que les plaquettes.

Le traitement par l'extrait de *Verbascum sinuatum* a permis d'atténuer significativement ces altérations physiopathologiques et de rétablir progressivement les valeurs vers des niveaux proches de la normale. Par ailleurs, les observations histopathologiques du côlon ont confirmé l'effet protecteur de cet extrait, caractérisé par une réduction des lésions inflammatoires et une amélioration de l'architecture tissulaire.

Dans l'ensemble, ces résultats mettent en évidence le potentiel thérapeutique de *Verbascum sinuatum* en tant que source naturelle de composés bioactifs dotés d'activités antioxydantes et anti-inflammatoires prometteuses, susceptibles de contribuer à la prévention et au traitement des affections inflammatoires intestinales.

- **Mots-clés :** *Equisetum arvense L.* – *Verbascum sinuatum L.* - Activité antioxydante -Activité anti-inflammatoire - Colite expérimentale - Composés phénoliques - Rats Wistar

Abstract

The aim of this study was to evaluate the antioxidant and anti-inflammatory properties of *Equisetum arvense L.* and *Verbascum sinuatum L.* extracts after the extraction and characterization of their bioactive compounds.

Phytochemical analysis revealed that both plant species contained high levels of total phenolic compounds, reaching 48.008 ± 0.306 µg GAE/mg DW for *Equisetum arvense* and 77.055 ± 0.056 µg GAE/mg DW for *Verbascum sinuatum*. Flavonoid contents were also significant, with values of 45.691 ± 0.274 µg QE/mg extract and 32.240 ± 0.216 µg QE/mg extract, respectively

Evaluation of antioxidant activity demonstrated a significant free-radical scavenging capacity, with IC50 values of 36.8 µg/mL for *Verbascum sinuatum* and 105.7 µg/mL for *Equisetum arvense*. For comparison, vitamin C used as a reference standard exhibited an IC50 value of 18.4 µg/mL

The in vivo study was conducted on 60 male rats divided into six experimental groups: G1 (healthy control), G2 (treated with the plant extract at 300 mg/kg/day), G3 (treated with diclofenac at 5 mg/kg/day), G4 (colitis induced by citric acid at a dose of 1.5ml), G5 (induced colitis + treatment with the plant extract at 300 mg/kg/day), and G6 (induced colitis + treatment with diclofenac at 5 mg/kg/day).

The results showed that induction of inflammatory colitis caused significant disturbances in biochemical and hematological parameters.

Treatment with *Verbascum sinuatum* extract significantly attenuated these alterations and restored the measured parameters toward normal values. Histopathological examination of the colon confirmed the protective effect of this extract through reduced inflammatory lesions and improved tissue architecture.

Overall, these findings highlight the therapeutic potential of *Verbascum sinuatum* as a natural source of bioactive compounds with promising antioxidant and anti-inflammatory activities that may contribute to the prevention and treatment of inflammatory bowel diseases.

- **Keywords**: *Equisetum arvense L.*; *Verbascum sinuatum L.*; Antioxidant activity; Anti-inflammatory activity; Experimental colitis; Phenolic compounds; Wistar rats.

ملخص

هدفت هذه الدراسة إلى تقييم الخصائص المضادة للأكسدة والمضادة للالتهاب لمستخلصات نباتي *Equisetum arvense L.* و*Verbascum sinuatum L*. بعد استخلاص وتوصيف مركباتهما الحيوية الفعالة.

أظهر التحليل الكيميائي النباتي أن كلا النوعين النباتيين يحتويان على نسب مرتفعة من المركبات الفينولية الكلية، حيث بلغت 48.008 ± 0.306 ميكروغرام مكافئ حمض الغاليك/ملغ من المستخلص الجاف بالنسبة لـ *Equisetum arvense* و77.055 ± 0.056 ميكروغرام مكافئ حمض الغاليك/ملغ من المستخلص الجاف بالنسبة لـ *Verbascum sinuatum*. كما سُجلت تراكيز مهمة من الفلافونويدات بلغت 45.691 ± 0.274 ميكروغرام مكافئ الكيرسيتين/ملغ من المستخلص و32.240 ± 0.216 ميكروغرام مكافئ الكيرسيتين/ملغ من المستخلص على التوالي.

أظهر تقييم النشاط المضاد للأكسدة قدرة معتبرة على اصطياد الجذور الحرة، حيث بلغت قيمة التركيز المثبط الوسط 36.8 IC50ميكروغرام/مل بالنسبة لـ *Verbascum sinuatum* و105.7 ميكروغرام/مل بالنسبة لـ *Equisetum arvense*. وللمقارنة، سجل فيتامين C المستخدم كمرجع قيمة IC50 بلغت 18.4 ميكروغرام/مل.

أُجريت الدراسة داخل الجسم الحي على 60 جرذاً ذكراً قُسمت إلى ست مجموعات تجريبية: المجموعة G1 (شاهدة سليمة)، والمجموعة G2 (معالجة بالمستخلص النباتي بجرعة 300 ملغ/كغ/اليوم)، والمجموعة G3 (معالجة بالديكلوفيناك بجرعة 5 ملغ/كغ/اليوم)، والمجموعة G4 (التهاب قولون مستحث بحمض ألستريك بجرعة1.5 مل لتر)، والمجموعة G5 (التهاب قولون مستحث + معالجة بالمستخلص النباتي بجرعة 300 ملغ/كغ/اليوم)، والمجموعة G6 (التهاب قولون مستحث + معالجة بالديكلوفيناك بجرعة 5 ملغ/كغ/اليوم).

أظهرت النتائج أن استحداث التهاب القولون أدى إلى اضطرابات ملحوظة في المؤشرات البيوكيميائية والدموية. تمثلت خصوصا في ارتفاع السكر، الفيريتين, و سرعة ترسيب الكريات الحمراء , إضافة إلى تغيرات في عدة مؤشرات دموية من بينها انخفاض عدد الكريات الحمراء و مستوى الحديد و ارتفاع الصفائح الدموية.

وقد ساهم العلاج بمستخلص *Verbascum sinuatum* في التخفيف بشكل ملحوظ من هذه الاضطرابات وإعادة القيم تدريجياً إلى مستويات قريبة من الحالة الطبيعية. كما أكدت الفحوصات النسيجية للقولون التأثير الوقائي لهذا المستخلص من خلال تقليل الآفات الالتهابية وتحسين البنية النسيجية للقولون.

*بصفة عامة، تبرز هذه النتائج الإمكانات العلاجية الواعدة لنبات *Verbascumsinuatum* كمصدر طبيعي للمركبات الحيوية الفعالة ذات الخصائص المضادة للأكسدة والمضادة للالتهاب، والتي قد تسهم في الوقاية من الأمراض الالتهابية المعوية وعلاجها.

- **الكلمات المفتاحية**:

Equisetum arvense L.؛ *Verbascumsinuatum L.*؛ النشاط المضاد للأكسدة؛ النشاط المضاد للالتهاب؛ التهاب القولون التجريبي؛ المركبات الفينولية؛ جرذان ويستار.

Liste des abréviations

% : pourcentage

10^3/µL : milliers par microlitre

10^6/µL : millions par microlitre

AINS : anti-inflammatoires non stéroïdiens

AIS : anti-inflammatoires stéroïdiens

$AlCl_3$: chlorure d'aluminium

ANOVA : analyse de variance

AS : acide ascorbique

cm : centimètre

COX : Cyclooxygénase

COX-1 : cyclooxygénase de type 1

COX-2 : cyclooxygénase de type 2

DPPH : 2,2'-Diphenyl-1-picrylhydrazyl

EAG : équivalents d'acide gallique

EDTA : éthylènediaminetétraacétate

fL : femtolitres

g : gramme

g/dL : grammes par décilitre

g/L : grammes par litre

H.E. : hémalun-éosine

HRBC : stabilisation des membranes érythrocytaires

IC50 : concentration inhibitrice médiane / concentration capable de réduire 50 %

IL-1 : Interleukine-1

IL-6 : Interleukine-6

J10 : 10ème jour de traitement

LOX : Lipoxygénase

mg : milligramme

mg EAG/g d'extrait : milligrammes d'équivalent d'acide gallique par gramme d'extrait

mL : millilitre

mm : millimètre

mm/h : millimètres par heure

Na_2CO_3 : carbonate de sodium

NaCl : chlorure de sodium

NF-κB : facteur nucléaire kappa B

Liste des abréviations

ng/L : nanogrammes par litre

nm : nanomètre

OMS : Organisation mondiale de la Santé

P : valeur de significativité statistique

PAF : Facteur d'agrégation plaquettaire

PAMP : motifs moléculaires associés aux agents pathogènes

PBS : tampon phosphate salin

SD : écart-type

TNF : Tumor Necrosis Factor

tr/min : tours par minute

VGM : Volume globulaire moyen

VS : Vitesse de sédimentation

µg EAG/mg : microgrammes d'équivalent acide gallique par milligramme d'extrait

µg EQ/mg : microgrammes d'équivalent quercétine par milligramme d'extrait

µg EQ/mg E : microgrammes d'équivalent de quercétine par milligramme d'extrait sec

µg/ml : microgrammes par millilitre

µL : microlitre

µm : micromètre

Liste des Tableaux

N°	Titre	Page
Tableau 01	Principaux médiateurs de l'inflammation **(Kumar et al., 2020)**	**6**
Tableau 02	Exemples de plantes médicinales douées d'activités anti-inflammatoires (Barnes, 1998)	**8**
Tableau 03	Les métabolites secondaires de verbescum et leurs activités biologiques	**13**
Tableau 04	Nomenclature de plante *Equisetum arvense* (Al-Snafi,2017)	**14**
Tableau 05	La répartition des groupes et les modalités de traitement	**24**
Tableau 06	Le rendement d'extraction des deux espèces	**31**

Liste des Figures

N°	Titre	Page
Figure 01	Étapes de l'inflammation aiguë **(Chobanian ,1990).**	**3**
Figure 02	Recrutement de cellules immunitaires au cours de l'inflammation (De Franco et al., 2009).	**4**
Figure 03	Schéma récapitulatif de l'inflammation chronique **(Sharma et al., 2016)**.	**4**
Figure 04	Feuilles de *verbascum sinuatum* en rosette basale (Servais et Seba, 2017)	**11**
Figure 05	Fleur de *Verbascum sinuatum* (Servais et Seba, 2017).	**11**
Figure 06	Photo représente la plante *Equisetum arvense* (Asgarpanah, 2012).	**15**
Figure 07	Photos représentent les plantes (A) *Verbascum sinuatum* et (B) *Equisetum arvense*	**18**
Figure 08	Les conditions d'élevage des rats (Photo originale,2026)	**19**
Figure 09	La photo originale présente le broyage des deux plantes (2026).	**20**
Figure 10	Photo originale présente les étapes de l'extraction des deux espèces (Photo originale, 2026).	**20**
Figure 11	Photo originale présente la détection chimique des polyphénols (2026)	**21**
Figure 12	Photo originale présente la détection chimique des flavonoïdes (2026)	**22**
Figure 13	Photo originale présentant la détection chimique de l'activité antiradicalaire (2026).	**22**
Figure 14	Mesure du poids des rats (photo originale, 2026)	**24**
Figure 15	Technique de gavage et d'injection intra-rectale (photo originale, 2026).	**25**
Figure 16	Le sang recueilli	**26**
Figure 17	Le gros intestin prélevé	**26**
Figure 18	Matériel de coupe : 1 - microtome, 2 - bain-marie, 3 - étuve à 140 °C (photos originales, 2026).	**28**
Figure 19	Courbe d'étalonnage réalisée à l'aide de l'acide gallique pour l'évaluation des polyphénols totaux.	**31**
Figure 20	Courbe d'étalonnage réalisée à l'aide de la quercétine pour l'évaluation des flavonoïdes totaux.	**32**
Figure 21	Évolution de l'activité antioxydante des différents échantillons	**32**
Figure 22	Évolution de l'activité anti-inflammatoire in vitro des différents échantillons	**33**
Figure 23	Évolution du taux de Glucose (g/l) après 3 jours.	**34**
Figure 24	Évolution de la concentration de Ferritine (µg/ml) après 3 jours.	**34**
Figure 25	Évolution du nombre de Globules Rouges (10^6/µL) après 3 jours.	**35**

Liste des Figures

Figure 26	Évolution d'Hémoglobine (g/dl) après 3 jours.	**35**
Figure 27	Évolution de d'Hématocrite (%) après 3 jours.	**36**
Figure 28	Évolution du nombre de Globules Blancs (10^3/µL) après 3 jours.	**36**
Figure 29	Évolution du Volume Globulaire Moyen (f L) après 3 jours.	**37**
Figure 30	Évolution du nombre des Plaquettes (10^3/µL) après 3 jours.	**37**
Figure 31	Évolution de Vitesse de Sédimentation (mm/h) après 3jour (1^{ere} heur)	**38**
Figure 32	Évolution de la Vitesse de Sédimentation (mm/h) après 3 jours (2^{eme} heure)	**38**
Figure 33	Évolution du taux de Glucose (g/l) après 10 jours.	**39**
Figure 34	Evolution de la concentration de ferritine (ng/L) après 10 jours.	**39**
Figure 35	Évolution du nombre de Globules Rouges (10^6/µL) après 10 jours.	**40**
Figure 36	Évolution de l'Hémoglobine (g/dl) après 10 jours.	**41**
Figure 37	Evolution de l'Hématocrite (%) après 10 jours.	**41**
Figure 38	Évolution du nombre de Globules Blancs (10^3/µL) après 10 jours.	**42**
Figure 39	Evolution de Volume Globulaire Moyen (fl.) après 10 jours.	**43**
Figure 40	Évolution du nombre de plaquettes (10^3/µL) après 10 jours	**43**
Figure 41	Évolution de la Vitesse de Sédimentation (mm/h) après 10 jours (1^{ere} heure)	**44**
Figure 42	Évolution de la Vitesse de Sédimentation (mm/h) après 10 jours.	**45**
Figure 43	Coupes histologiques du gros intestin des rats témoins et des rats traités après 3 jours de traitement (photos originales, 2026).	**46**
Figure 44	Coupes histologiques du gros intestin des rats témoins et des rats traités après 10 jours de traitement (photos originales, 2026).	**47**

Sommaire

Remerciements

Dédicace

Résumé

Abstract

ملخص

Liste des abréviations

Liste des Tableaux

Liste des Figures

Sommaire

Introduction 1

Chapitre I :Synthèse bibliographique

1. Inflammation 2

1.1. Définition 2

1.2 . Les différents types de l'inflammation 2

1.2.1. Inflammation aiguë : 2

1.2.2. L'Inflammation chronique : 4

1.3. Les cellules et les médiateurs de l'inflammation 5

1.3.1. Les cellules de l'inflammation : 5

1.3.2. Médiateurs de l'inflammation : 5

1.4. Les anti-inflammatoires : 7

1.4.1. Stéroïdiens 7

1.4.2. Non stéroïdiens : 7

1.4.3. Les anti-inflammatoires naturels ou végétaux : 7

2.La phytothérapie 10

2.1. La phytothérapie traditionnelle 10

2.2. La phytothérapie clinique 10

2.3. Les plantes médicinales: 10

3.La plante médicinale Verbascum Sinuatum 10

3.1. Définition 10

Sommaire

3.2. Classification systématique 10

3.3 . Description botanique 11

3.4 . Les compositions chimiques 11

3.5. Usages Thérapeutiques et Traditionnels 12

3.6. Les activités biologiques reconnues 12

4. La plante médicinale Equisetum arvense 14

4. 1. Définition 14

4.1.1. Nomenclature : 14

4.1.2. Morphologie de la plante : 14

4.2. Classification 14

4.3. La description botanique 15

4. 4. Les compositions chimiques 15

- **Constituants minéraux : 15**
- **Flavonoïdes : 15**
- **Acides phénoliques : 15**
- **Saponines et autres composés secondaires : 15**

4 .5. Usage traditionnel 16

4.6. Usages pharmacologiques 16

Chapitre II :Matériel et méthodes

1. Matériel d'étude 18

1.1. Le matériel végétal 18

1.2. Le matériel animal : 18

2.Le matériel d'étude au laboratoire 19

2.1. Séchage et broyage des plantes 19

2.2. Préparation de l'extrait éthanolique 20

2.3. Détermination du rendement d'extraction 20

3.Étude quantitative 21

Sommaire

3 .1. Dosage des polyphénols 21

3.1.1. Principe de la réaction 21

3.1.2. Mode opératoire 21

3.2. Dosage des flavonoïdes : 21

3.2.1. Principe de la réaction : 21

3.2.2. Mode opératoire : 21

3.3. Étude de l'activité antioxydante des différents extraits 22

3.3.1. Principe de la méthode : 22

3.3.2. Mode opératoire : 22

3.3.3. Détermination de IC50 : 22

3.4. Évaluation de l'activité anti-inflammatoire in vitro : 23

3.4 .1. Principe : 23

3.4.2. Mode opératoire : 23

4. Étude expérimentale in vivo 24

4.1. Mesure du poids 24

4.2. Traitement des animaux : 24

4.3. Prélèvement sanguin et collecte des organes 26

5.Analyse biologique et histopathologique 26

5.1 . Analyses hématologiques et biochimiques 26

5 .2. Etude histopathologie 26

5.2.1. Analyse macroscopique : 27

5.2.2. La préparation des cassettes : 27

5.2 .3. La circulation : 27

5.2 .4. L'Inclusion : 27

5.2.5. La coupe : 27

5.2.6. Coloration à l'hémalun-éosine (H.E.) : 28

5.2.7. Le montage : 28

Sommaire

5 .2.8. La lecture : 28

6. Analyse statistique 28

Chapitre III : Résultats

1.Le rendement d'extraction 31

2.Évolution du taux des polyphénols 31

3.Évolution du taux des flavonoïdes totaux : 31

4.Évolution de l'activité antioxydante des différents échantillons : 32

5.Évaluation l'activité anti-inflammatoire in vitro des différents échantillons 33

6.Évaluation des paramètres biochimiques après 3 jours de traitement 33

6.1. Taux du Glucose : 33

6.2. Ferritine : 34

7.Évaluation de la numération sanguine après 3 jours de traitement 34

7.1. Les Globules Rouges : 34

7.2. Hémoglobine : 35

7.3. Hématocrite : 35

7.4. Globules Blancs : 36

7.5. Volume Globulaire Moyen (VGM) : 36

7.6. Plaquettes : 37

7.7. Vitesse de Sédimentation (1ere heure) : 37

7.8. Vitesse de Sédimentation (2eme heure) : 38

8.Évaluation des paramètres biochimiques après 10 jours de traitement : 39

8.1. Taux de Glucose : 39

8.2. Ferritine : 39

8.3. Globules Rouges : 40

8.4. Hémoglobine : 40

8.5. Hématocrite : 41

8.6. Globules Blancs : 42

Sommaire

8.7. Volume Globulaire Moyen (VGM) : 42

8.8. Plaquettes : 43

8.9. Vitesse de Sédimentation (après 1ere heure) : 44

8.10. Vitesse de sédimentation (après 2eme heure) : 44

9.Étude histopathologique : 45

a) Après 3 jours de traitement : 45

b) Après 10 jours de traitement : 46

Chapitre IV : Discussion 48

Conclusion et Perspectives 56

Références bibliographiques 58

Introduction

Introduction

L'inflammation constitue une réponse biologique complexe et essentielle mise en œuvre par l'organisme afin de se protéger contre diverses agressions d'origine physique, chimique ou infectieuse (Ndiaye et al., 2006).

Cette réaction physiologique joue un rôle fondamental dans le maintien de l'intégrité tissulaire et dans les processus de réparation. Toutefois, lorsque le stimulus inflammatoire persiste ou que les mécanismes de régulation immunitaire deviennent défaillants, l'inflammation peut évoluer vers un état chronique, favorisant ainsi le développement de nombreuses pathologies telles que le diabète, l'asthme, l'arthrite et certains cancers (Sène et al., 2016 ; Kouadio Kouakou et al., 2021).

La prise en charge thérapeutique des affections inflammatoires repose principalement sur l'utilisation des anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS) et des corticostéroïdes, qui se distinguent par leur efficacité dans la réduction de la douleur et de l'inflammation (Muster, 2005). Cependant, l'usage prolongé de ces médicaments est souvent associé à des effets indésirables importants, notamment des troubles gastro-intestinaux, des ulcères gastriques ainsi que des atteintes rénales, limitant ainsi leur utilisation à long terme (Yougbaré-Ziébrou et al., 2016).

Face à ces limitations, l'intérêt scientifique s'oriente de plus en plus vers les ressources naturelles, en particulier les plantes médicinales, qui représentent une source prometteuse de molécules bioactives susceptibles d'offrir des alternatives thérapeutiques plus sûres et mieux tolérées (Kouadio Kouakou et al., 2021). Grâce à sa diversité climatique et géographique, l'Algérie possède un patrimoine floristique riche ainsi qu'une longue tradition d'utilisation des plantes à des fins médicinales. Malgré cette richesse, de nombreuses espèces végétales demeurent insuffisamment étudiées sur le plan phytochimique et pharmacologique (Miara et al., 2013). Dans ce contexte, le présent travail vise à étudier l'extraction, la caractérisation et l'évaluation des activités antioxydantes et anti-inflammatoires des principes actifs issus des extraits *d'Equisetum arvense* L. et de *Verbascum sinuatum* L. Cette recherche a pour objectif de contribuer à la valorisation de ces espèces médicinales et à l'identification de composés naturels présentant un potentiel thérapeutique dans la prévention et le traitement des affections liées au stress oxydatif et à l'inflammation.

Ce mémoire est structuré en trois chapitres :

- Le premier chapitre présente une synthèse bibliographique sur l'inflammation et les plantes médicinales, notamment *Verbascum sinuatum* et *Equisetum arvense*.
- Le deuxième chapitre décrit le matériel et les méthodes utilisés lors du travail expérimental
- Le troisième chapitre expose les résultats obtenus, leur analyse et leur discussion à la lumière des données de la littérature scientifique.

Enfin, ce travail se termine par une conclusion générale résumant les principaux résultats obtenus, suivie de perspectives de recherche ouvrant la voie à des investigations complémentaires.

Chapitre I :

Synthèse bibliographique

1. Inflammation

1.1. Définition

Le terme inflammation dérive du latin inflammation, signifiant « en feu ». Décrite pour la première fois par Celse au Ier siècle apr. J.-C., elle se caractérise par quatre signes cardinaux (rougeur, chaleur, gonflement et douleur) (Khan et al., 2004 ; Stewart et Beart, 2016).

L'inflammation est une réponse immunitaire innée et un mécanisme essentiel de défense de l'organisme. Elle intervient lors des infections microbiennes et des lésions tissulaires, tout en contribuant à l'activation de l'immunité adaptative à long terme (Khanna et al., 2023 ; Li et al., 2023). Ce processus complexe joue un rôle fondamental dans la protection de l'organisme (Fayez et al., 2023 ; Hongzhi et al., 2022).

Elle est principalement déclenchée par les motifs moléculaires associés aux agents pathogènes (PAMP) issus de bactéries ou de virus. Toutefois, des facteurs non infectieux tels que la cicatrisation, les traumatismes, les brûlures et les réactions allergiques peuvent également induire une réponse inflammatoire (Khoyratty et al., 2022).

1.2 . Les différents types de l'inflammation

Le processus d'inflammation est un mécanisme de défense du corps qui se divise en deux types selon la durée et la réponse inflammatoire.

1.2.1. Inflammation aiguë :

L'inflammation aiguë se définit comme une réponse biologique immédiate et transitoire face à une agression. Elle est de courte durée, s'étendant sur quelques jours à quelques semaines, et se caractérise par une séquence d'adhésion cellulaire au niveau de l'endothélium vasculaire, impliquant successivement les plaquettes, les neutrophiles puis les monocytes (Revillard, 2001). Elle constitue une réaction fondamentale de l'immunité innée (Espinosa et Chillet, 2006) et aboutit normalement à l'élimination de l'agent agressif ainsi qu'à la restauration complète de l'intégrité tissulaire (Genetet, 1997).

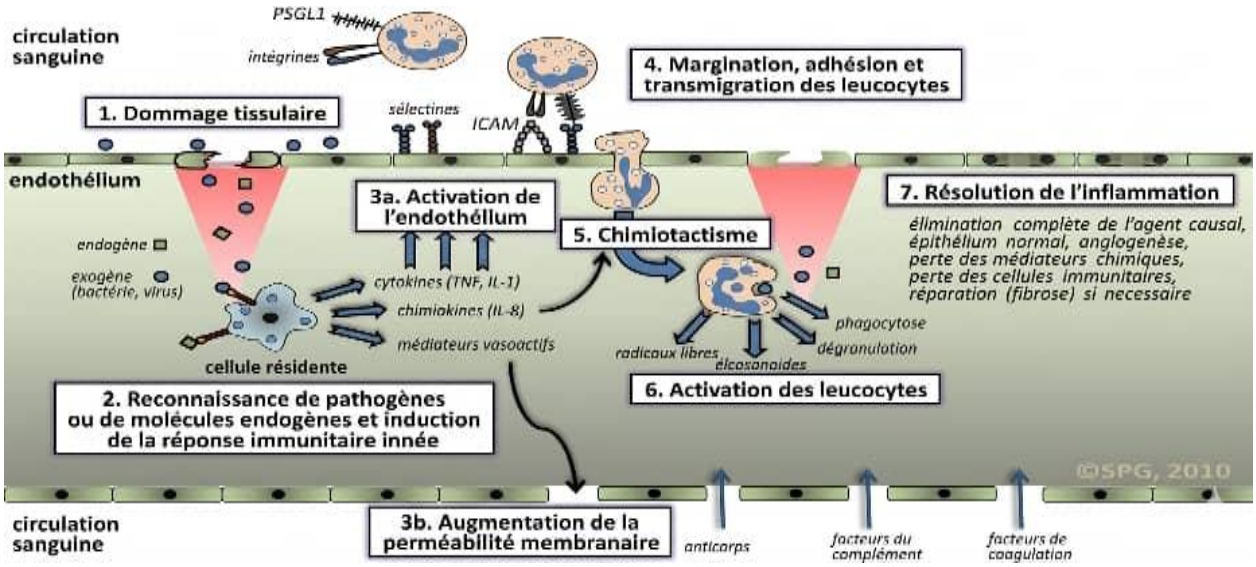


Figure (01) : Étapes de l'inflammation aiguë **(Chobanian ,1990).**

Elle évolue en trois phases successives.

a) La phase vasculaire : est marquée par des modifications de la microcirculation au site lésionnel, avec vasodilatation, augmentation de la perméabilité vasculaire et apparition de la tétrade de Celse (rougeur, chaleur, œdème, douleur) (Genetet, 1997 ; Raymondjean, 2007 ; Rousselet et al., 2005).

b) La phase cellulaire : correspond au recrutement des leucocytes et à l'amplification de la réponse inflammatoire par des médiateurs pro-inflammatoires et des cytokines, assurant l'afflux coordonné des cellules immunitaires (Rousselet et al., 2005 ; Bamig, 2016).

c) La phase de résolution : est un processus actif de fin de l'inflammation, impliquant des médiateurs anti-inflammatoires et aboutissant à la réparation tissulaire et à la cicatrisation (Barnig, 2016 ; Rousselet et al., 2005).

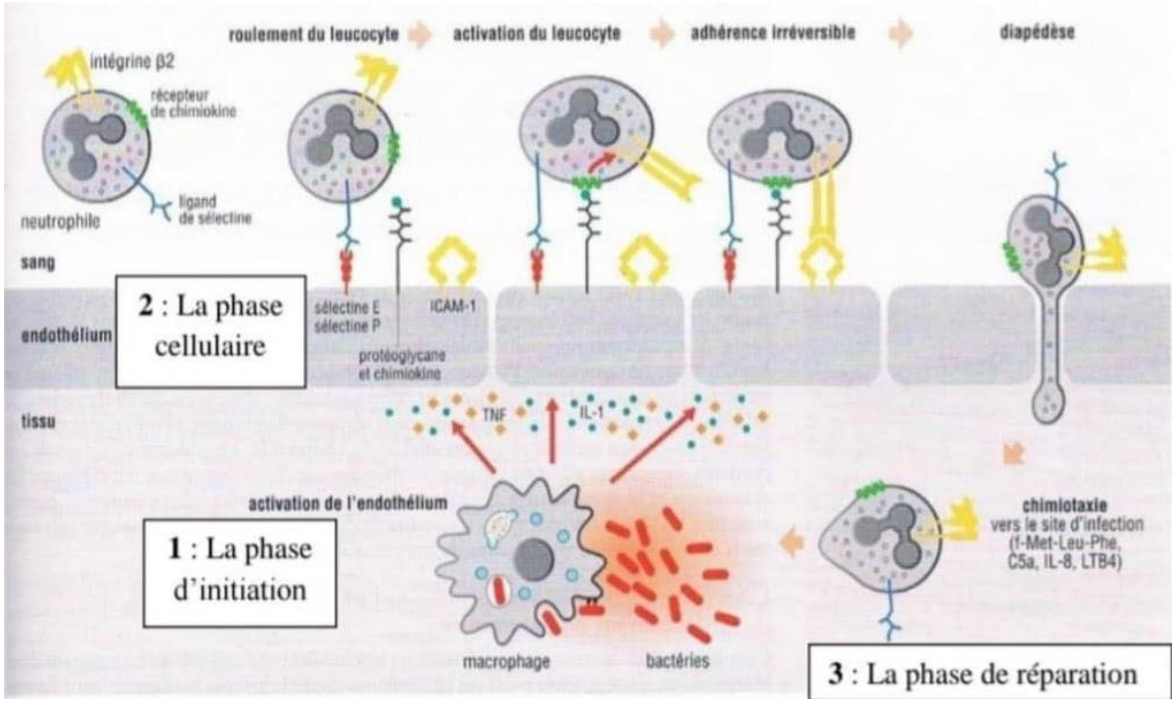


Figure (2) : Recrutement de cellules immunitaires au cours de l'inflammation (De Franco et al., 2009).

1.2.2. L'Inflammation chronique :

L'inflammation chronique correspond à la persistance prolongée de la réponse inflammatoire aiguë et s'accompagne du développement de lésions tissulaires localisées (Cavaillon, 1993). Elle résulte d'interactions complexes entre les cellules endothéliales, les macrophages et les fibroblastes (Revillard, 2001). Cette chronicité est maintenue par une production continue de médiateurs chimiques pro-inflammatoires, entretenant ainsi le processus inflammatoire et empêchant la résolution complète de la lésion (Genetet, 1997).

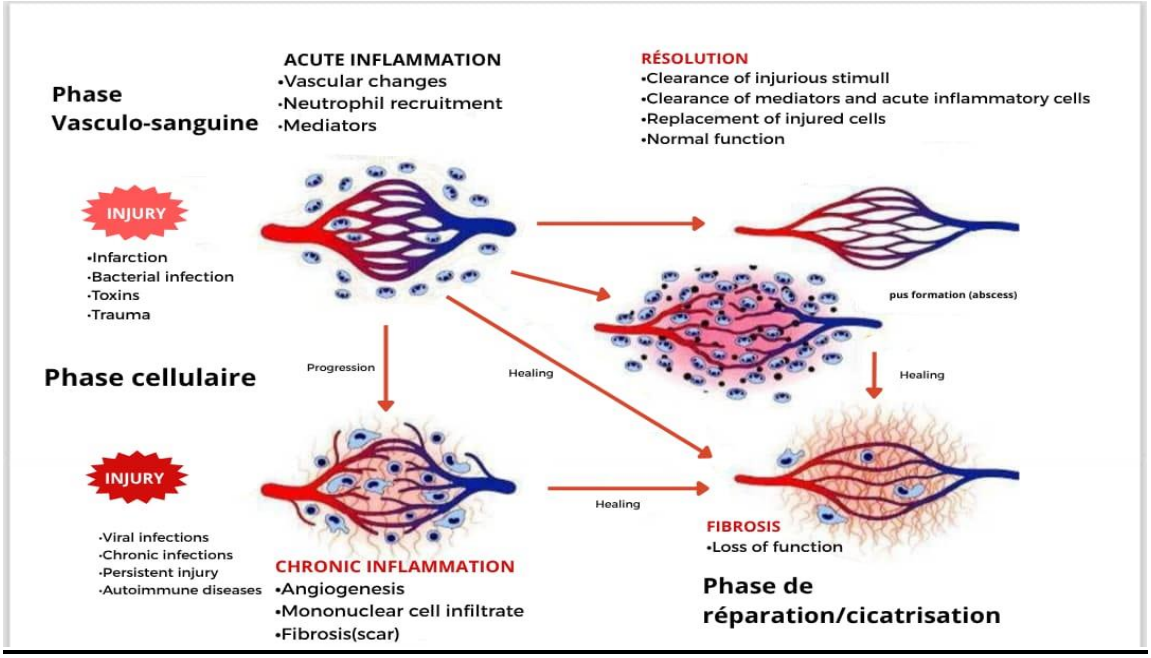


Figure (3) : Schéma récapitulatif de l'inflammation chronique **(Sharma et al., 2016)**.

1.3. Les cellules et les médiateurs de l'inflammation

1.3.1. Les cellules de l'inflammation :

Les cellules impliquées dans l'inflammation se divisent en cellules circulantes et cellules résidentes (Sherwood, 2006). Les cellules circulantes comprennent les polynucléaires neutrophiles, éosinophiles et basophiles, les monocytes, les lymphocytes, les plasmocytes ainsi que les plaquettes sanguines. Les cellules résidentes regroupent les macrophages, histiocytes, mastocytes, cellules endothéliales et fibroblastes.

Les polynucléaires neutrophiles assurent la première ligne de défense dans l'inflammation aiguë par leur migration rapide vers le site lésionnel et leur capacité de phagocytose des agents pathogènes (Mannion et al., 1990). Les monocytes, qui se différencient en macrophages ou en cellules dendritiques, participent à la phagocytose, à la présentation Antigénique et à la régulation de la réponse immunitaire (Banchereau et al., 2000 : Liu et al., 2001).

Les cellules endothéliales régulent le passage des cellules inflammatoires et maintiennent l'homéostasie vasculaire en modulant le tonus et la perméabilité des vaisseaux (Campbell et al., 1998 ; Tousoulis et al., 2011). Les plaquettes sanguines interviennent dans l'hémostase et la réparation tissulaire par la coagulation et la libération de médiateurs (Mekaj, 2016). Les. Fibroblastes participent à la cicatrisation par la synthèse de la matrice extracellulaire (Hoyles et al., 2011).

Les éosinophiles interviennent surtout dans les réactions allergiques et inflammatoires par la production de médiateurs pro-inflammatoires (Alenzi et al., 2013). Les basophiles et mastocytes libèrent des médiateurs comme l'histamine et la sérotonine impliqués dans les réactions immuno-allergiques (Galli, 1993 ; Metcalfe et al., 1997 ; Vochringer, 2013). Enfin, les lymphocytes participent à la réponse immunitaire et inflammatoire via la production de cytokines (Campbell, 1998).

1.3.2. Médiateurs de l'inflammation :

La réponse inflammatoire provoque la libération de divers médiateurs inflammatoires. Ces médiateurs sont des acteurs importants dans le processus inflammatoire. Ils augmentent la perméabilité vasculaire, attirent les leucocytes vers le lieu de l'inflammation, favorisent leur adhésion à l'endothélium et augmentent l'agrégation des plaquettes (Medzhitov, 2008). Le tableau (01) présente l'origine et les effets des principaux médiateurs de l'inflammation.

Tableau 1 : Principaux médiateurs de l'inflammation **(Kumar et al., 2020)**

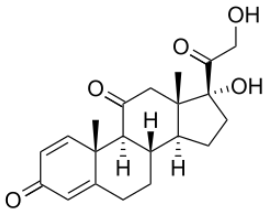
Histamine	Mastocytes Basophiles Plaquettes	Vasodilatation, augmentation de la perméabilité vasculaire, activation endothéliale.
Prostaglandins	Mastocytes Leucocytes	Vasodilatation, douleur, fièvre.
Leukotrienes	Mastocytes Leucocytes	Augmentation de la perméabilité vasculaire, chimiotactisme, Adhésion et activation leucocytaire.
Cytokines (TNF, IL-1, IL-6)	Macrophages Cellules endothéliales Mastocytes	Localisation : Activation endothéliale (expression de molécules d'adhésion). Systémique : fièvre, problèmes métaboliques, hypotension.
Chimiokines	Leucocytes Macrophages activées	Chimiotactisme, activation leucocytaire.
Facteur d'agrégation Plaquettaire (PAF)	Leucocytes Mastocytes	Vasodilatation, augmentation de la perméabilité vasculaire, adhésion leucocytaire, chimiotactisme, dégranulation, explosion oxydative.
Complément	Plasma (produit dans le foie)	Chimiotactisme et activation Leucocytaire, complexe d'attaque membranaire, vasodilatation (activation mastocytaire).
Kinines	Plasma (produit dans le foie)	Augmentation de la perméabilité Vasculaire, contraction des muscles lisses, vasodilatation, douleur.

1.4. Les anti-inflammatoires :

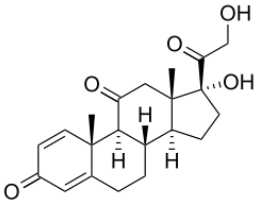
Les anti-inflammatoires sont des médicaments de soulagement des symptômes, qui n'agissent pas sur la cause de l'inflammation. Ils sont indiqués lorsque l'inflammation devient gênante, notamment en raison de l'inconfort qu'elle provoque (Thomas, 2017). On distingue trois types de médicaments anti-inflammatoires : les anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS), les anti-inflammatoires stéroïdiens (AIS) et les anti-inflammatoires d'origine naturelle.

1.4.1. Stéroïdiens

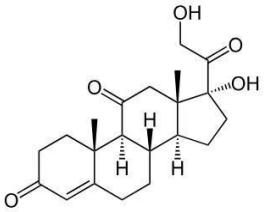
Les anti-inflammatoires stéroïdiens (AIS), ou corticoïdes, sont utilisés dans le traitement de la douleur et de l'inflammation. Dérivés du cortisol et de la cortisone (1), ils exercent leur action principalement par l'inhibition de la phospholipase A2, réduisant ainsi la production des médiateurs inflammatoires. Parmi les principaux corticoïdes figurent la prednisone, la prednisolone (2), la méthylprednisolone, la bétaméthasone et la dexaméthasone. Leur action, plus que celle des anti-inflammatoires non stéroïdiens, repose sur la modulation de l'expression génique et de la synthèse des médiateurs de l'inflammation (Orliague et al., 2013).



1 Cortisone.



2 prednisone.



3 prednisolone.

1.4.2. Non stéroïdiens :

Les anti-inflammatoires stéroïdiens (AINS) se répartissent en deux groupes : les AINS classiques, inhibiteurs des cyclooxygénases COX-1 et COX-2, et les coxibs, inhibiteurs sélectifs de COX-2. Bien qu'ils présentent une efficacité anti-inflammatoire comparable, les coxibs sont associés à une moindre toxicité digestive, mais à un risque cardiovasculaire accru (Bannwarth, 2005).

Parmi les AINS les plus utilisés figurent l'acide acétylsalicylique (aspirine), le diclofénac, l'indométacine, le méloxicam, l'ibuprofène, l'acide niflurnique et le célécoxib. Selon la classification de l'OMS, les AINS et le paracétamol appartiennent aux antalgiques de palier 1. Le paracétamol, largement utilisé dans le traitement de la douleur, agit principalement au niveau du système nerveux central en réduisant la synthèse des prostaglandines, sans inhiber directement les cyclooxygénases comme les AINS (Danton, 2017). Les antalgiques de palier 2 regroupent les opioïdes faibles, notamment la codéine, la dihydrocodéine et le tramadol. Ils sont indiqués dans la prise en charge des douleurs insuffisamment soulagées par les antalgiques de palier 1 (Queneau et al., 2004 : Hantson, 2002 : Boumendjel et al., 2013).

1.4.3. Les anti-inflammatoires naturels ou végétaux :

L'usage des plantes médicinales représente une alternative intéressante aux traitements conventionnels grâce à leur richesse en métabolites secondaires bioactifs tels que les polyphénols, les alcaloïdes et les terpènes. Ces composés exercent des effets anti-

inflammatoires en inhibant les voies COX et LOX, en modulant la production des cytokines pro-inflammatoires et l'activité du facteur NF-Kb, tout en neutralisant les espèces réactives de l'oxygène (Duwiejua et al., 1993). Ainsi, les plantes constituent une source importante de molécules capables de prévenir la peroxydation lipidique et de contribuer au traitement des pathologies inflammatoires (Bourkhiss et al., 2010).

Tableau 2 *:* Exemples de plantes médicinales douées d'activités anti-inflammatoires (Barnes, 1998)

Nom scientifique	Famille	Partie utilisée	Nom commun	Utilisation
Zingiber officinale	Zingiberaceae	Rhizome	Gingembre	Arthrose, migraine, douleurs rhumatismales
Helleborus orientalis	Ranunculaceae	Racines	Lenten-rose	Œdèmes, douleurs rhumatismales
Urtica dioica	Urticaceae	Feuilles, Racines	Ortie	Rhinite allergique,eczéma goutte, douleurs rhumatismales
Laurocerasus officinalis R.	Rosaceae	Feuilles	Laurier	Fièvre, pharyngite, douleurs d'estomac, hémorroïdes
Curcuma longa	Zingiberaceae	Rhizome	Curcuma	Douleurs rhumatismales, lupus systémique, psoriasis, infections rénales
Nerium oleander L.	Apocynaceae	Fleure	Laurier rose	Douleurs, maux de tête

Harpagophytum procumbens	Pédaliacées	Tubercule	Griffe du diable	Arthrose, lombalgie, névralgies, maux de tête, fièvre
Rhododendron Ponticum L.	Ericaceae	Feuilles	Rhododendron pontique	Allemagne, états grippaux, mal de dents
Juglans regia L.	Juglandaceae	Feuilles, fruits	Noyer commun	Douleurs rhumatismales, fièvre, eczéma. Malaria
Oenothera biennis	Onagraceae	Grains	Onagre bisannuelle	Douleurs rhumatismales,

2. La phytothérapie

La phytothérapie désigne le traitement par les plantes (Bruneton, 1999) et constitue une approche allopathique visant à prévenir ou traiter certains troubles fonctionnels ou états pathologiques à l'aide de végétaux, de parties de végétaux ou de préparations à base de plantes, administrées par voie interne ou externe (Wichtl et Anton, 2003).

On distingue deux types de phytothérapie :

2.1. La phytothérapie traditionnelle

C'est une approche thérapeutique fondée sur l'usage empirique des plantes médicinales pour soulager les symptômes de diverses affections. Issue de savoirs ancestraux, elle est utilisée dans la prise en charge de nombreuses pathologies, notamment les troubles saisonniers, digestifs, dermatologiques, hépatobiliaires et certains troubles psychosomatiques légers (Prescrire, 2007).

2.2. La phytothérapie clinique

Repose sur une prise en charge globale du patient, intégrant son état clinique et son environnement. Elle utilise les plantes médicinales dans une perspective de traitement à long terme, souvent en complément de la médecine conventionnelle, afin de renforcer l'efficacité des traitements allopathiques dans certaines pathologies (Moreau, 2003).

2.3. Les plantes médicinales:

Les plantes médicinales sont des plantes dont une ou plusieurs parties possèdent des propriétés thérapeutiques. Leur activité biologique est liée à leurs composés chimiques, notamment les métabolites primaires et secondaires, ou à l'action synergique de ces constituants (Sanago, 2006). Utilisées en médecine traditionnelle pour leurs effets bénéfiques sur la santé, elles peuvent être administrées sous différentes formes, telles que la décoction, l'infusion ou la macération. Divers organes végétaux peuvent être exploités, notamment les racines, les feuilles et les fleurs (Dutertre, 2011 ; 2016).

3. La plante médicinale *Verbascum Sinuatum*

3.1. Définition

Verbascum, sinuatum L. est mieux connue sous les noms de « Molène sinuée » en français, « Wavy leaf mullein » en anglais, « Bou cira, Mouçaleh el andar » en arabe et « Thisraou, Thisisra» en kabyle (Meddour et al., 2009 ; Daoudi et al., 2019). Il comprend environ 360 espèces distribuées dans tous les pays autour de la mer Méditerranée, en Asie et en Afrique, avec pour centre de diversité la Turquie où l'on compte 232 espèces dont 84% sont endémiques (Huber-Morath, 1978). Elle est très répandue sur le Tell algérien. Elle se développe dans les champs et les pelouses, sur les terres en friche, au bord des chemins, dans les jardins et sur les sols arides (Sotoodeh, 2015).

3.2. Classification systématique

La classification systématique de *Verbascum sinuatum* est résumée ci-dessous. Selon **Sotoodeh (2015)**.

Super-Embranchment	Spermatophytes
Embranchement.	Angiospermes
Classe.	Eudicotyledones
Sous-classe	Asteridées
Ordre	Lamiales
Famille	Scrophulariacées
Tribu	Verbascées
Genre	*Verbascum*
Espèce	*Verbascum sinuatum*

3.3 . Description botanique

Verbescum sinuatum est une plante herbacée atteignant 50 cm à 1 m de hauteur, caractérisée par une tige robuste, cylindrique, d'environ 10 mm de diamètre, et fortement ramifiée avec des branches ascendantes. Les feuilles basales, insérées autour de la tige, sont étalées et possèdent un limbe à marge ondulée. (Figure 4) Les feuilles supérieures alternes et sans pétiole (Dane et Yilmaz, 2009).

Les fleurs, de teinte jaune dorée, sont regroupées en petits groupes de deux à cinq.

Les filaments staminaux présentent une pubescence de coloration violacée (figure 5). Le fruit est une capsule contenant plusieurs graines (Jardat et al., 2015).



Figure (04) : Feuilles de *verbascum sinuatum* en rosette basale (Servais et Seba, 2017)



Figure (05) : Fleur de *Verbascum sinuatum* (Servais et Seba, 2017).

3.4 . Les compositions chimiques

À l'inverse des métabolites primaires (protéines, lipides et glucides) essentiels à la survie cellulaire, les plantes synthétisent des métabolites secondaires. Ces molécules se distinguent par une grande diversité structurelle, incluant notamment les composés phénoliques, les terpènes et

les alcaloïdes (Macheix et al., 2005).

Le genre *Verbascum sinuatum* se caractérise par une grande richesse phytochimique, regroupant huit classes majeures de métabolites secondaires : les saponosides (saponines), les éricoïdes, les flavonoïdes, les acides phénoliques, les alcaloïdes, les stéroïdes, les glucosides (notamment monoterpéniques) ainsi que les acides gras. La prédominance des saponosides et des éricoïdes au sein de ce genre en fait des marqueurs phytochimiques majeurs, reflétant leur rôle central dans son profil métabolique.

3.5. Usages Thérapeutiques et Traditionnels

Le *genre Verbascum sinuatum* occupe une place importante en phytothérapie traditionnelle en raison de ses nombreuses propriétés thérapeutiques (Polleti, 1988). Les différentes parties de la plante sont utilisées selon des indications spécifiques. Les feuilles sont principalement administrées par voie externe pour soulager les affections inflammatoires ostéo-articulation, notamment les douleurs rhumatismales et la sciatique. Quant aux fleurs et aux racines, elles sont réputées pour leurs activités antiseptiques, antispasmodiques et analgésiques, et sont traditionnellement employées dans le traitement de certaines affections oculaires et hépatiques, ainsi que pour l'atténuation des spasmes et des processus infectieux (Senatore et al., 2007).

3.6. Les activités biologiques reconnues

Les espèces du genre *Verbascum sinuatum* ont montré, à travers plusieurs études, un large éventail d'activités biologiques, notamment antioxydantes, antimicrobiennes, anti-inflammatoires, antinociceptives, antispasmodiques, cytotoxiques et antitumorales, attribuées à leurs métabolites secondaires bioactifs (Tatli et Akdemir, 2006 ; Küçük et al., 2016). Sa richesse en composés phénoliques explique notamment une forte activité antioxydant (Moein et al., 2012 ; Karamian et Ghasemlou, 2013). Sur le plan antimicrobien, des extraits méthanoïques et éthanoliques ont démontré une efficacité contre plusieurs bactéries pathogènes ainsi que contre Candida albicans, en lien avec la présence de composés actifs tels que le verbascoside et l'aucubine (Sener et Dulger, 2009). Enfin, des études in vitro ont mis en évidence une cytotoxicité significative sur des lignées de cancer du sein et de la prostate, suggérant un potentiel effet anticancéreux (Khaleeliah, 2001).

Tableau 3 : Les métabolites secondaires de verbescum et leurs activités biologiques

Métabolites secondaires	Exemples de composés	Activités biologiques	Références
Polyphénols : Flavonoïdes glycosylés	-Luteolin 7-O-B-D-glucoside -Luteolin 3'-O-B-D-glucoside -Apigenin 7-O-B-D-glucoside	Antioxydante, antitumorale, anti-inflammatoire et antinociceptive.	KAHRAMAN et al., 2012 ; MOUSAVI et al., 2015 ; JAMSHIDI-KIA et al., 2018)
Glucosides de phényléthanoides	-Verbascoside -Martynoside	Antioxydante, anti-inflammatoire, antinociceptive, cicatrisante antimicrobienne, cytotoxique, neuroprotectrice	(ÇALIS et al., 2002 ; KAHRAMAN et al., 2012 : ALIPIEVA etAl.,2014)
Terpénoïdes : Iridoïdes	-Aucubine -Ajugol -Harpagoside	Antibactérienne, antioxydante, Anti-inflammatoire, antinociceptive, cicatrisante	AKDEMIR et al., 2004 ; SENATORE et al., 2006 ; KUPELI et al., 2007 ; TATLI et al 2007)
Saponines	-Il wensisaponine A -Il wensisaponine C	Diurétique, laxative, expectorante, anti-inflammatoire, antinociceptive, antioxydante, antifongique et cytotoxique.	KAHRAMAN et al., 2012 : ALIPIEVA et al., 2014 : STOODEH et al., 2016)
Alcaloïdes :	-Verbacine -Verballocine -Verbasitrine	Anti-inflammatoire, antalgique, antimicrobienne, antispasmodique et hypotensive.	BIENZ et al., 2002 ; ALIPIEVA et al., 2014 : JAMSHIDI-KIA et al., 2018)

4. La plante médicinale *Equisetum arvense*

4. 1. Définition

Le genre *Equisetum arvense* comprend environ 30 espèces et appartient à la famille ancienne des Equisétacées (Husby, 2013 ; Huh et Han, 2015 ; Ibrahem et al., 2022). Il s'agit d'une plante herbacée vivace largement distribuée dans l'hémisphère nord, notamment en Europe, en Asie et en Amérique du Nord, avec une présence dans de nombreux pays tels que la Allemagne, l'Allemagne, la Chine, le Japon et les États-Unis (Powo, 2022 ; Makia et al., 2022). Cette espèce est reconnue pour ses multiples activités biologiques, incluant des effets antioxydants, antimicrobiens, anti-inflammatoires, antitumoraux, antidiabétiques et diurétiques (Al-Snafi, 2017).

4.1.1. Nomenclature :

Tableau 4 : Nomenclature de plante *Equisetum arvense* (Al-Snafi,2017)

En Arabe	نبات ذيل الحصان
En Français	Prêle des champs
En Anglais	Common horsetail

4.1.2. Morphologie de la plante :

Equisetum arvense est une plante vivace appartenant aux ptéridophytes, dotée d'un système rhizomateux souterrain à l'origine de deux types de tiges aériennes (Knowlton, 2012). La tige fertile, courte et non ramifiée, porte un épi sporifère assurant la production des spores (Parameshwaran et al., 2022), tandis que la tige stérile, verte, cannelée et rugueuse, porte des nœuds avec des microphylles disposées en verticilles et assure principalement la fonction photosynthétique. Cette espèce ne produit ni fleurs ni graines et se reproduit principalement par spores et par propagation végétative via ses rhizomes, ce qui favorise sa dissémination. Toutefois, son développement est limité par les basses températures, le gel et une forte ombre (Filipov et Chiorescu, 2021).

4.2. Classification

Classification systématique d'*Equisetum arvense* selon **(Navdeep et al., 2010)**.

Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheophyta
Division	Equisetophyta
Classe	Equisetopsida
Subclassa	Equisetidae
Ordre	Equisetales
Famille	Equisetaceae
Genre	*Equisetum*
Espéce	*Equisetum arvense*

4.3. La description botanique

Equisetum arvense est une plante vivace caractérisée par la présence de deux types de tiges aériennes issues d'un réseau de rhizomes souterrains. La tige fertile, de petite taille (15 à 20 cm), ne porte pas de rameaux et se termine par un strobile contenant les spores. Après la phase fertile, elle est remplacée par une tige stérile plus développée, verte, striée, pouvant atteindre 60 cm de hauteur et portant des rameaux disposés en verticilles ainsi que de petites feuilles réduites en microphylles. Cette espèce, apparentée aux fougères, ne produit ni fleurs ni graines. Sa reproduction est assurée par des spores contenues dans les strobiles.



Figure (06) : Photo représente la plante *Equisetum arvense* (Asgarpanah, 2012).

4. 4. Les compositions chimiques

- **Constituants minéraux :**

Equisetum arvense est caractérisé par une très forte teneur en composés minéraux, surtout la silice sous forme d'acide silicique et de silicates, qui peut représenter environ 2,5 à 10 % de la matière sèche. On y trouve aussi du potassium, du calcium, du magnésium, du fer, du manganèse, du phosphore ainsi que d'autres oligo-éléments. Cette richesse minérale explique ses propriétés de renforcement des tissus conjonctifs, des cheveux et des os (Mimica-Dukić et al., 2008 ; Sandhu et al., 2023).

- **Flavonoïdes :**

La plante contient plusieurs flavonoïdes majoritaires, notamment les dérivés de la quercétine et du kaempférol tels que l'isoquercitrine (quercetin-3-O-glucoside), la kaempférol-3-O-glucoside et la lutéoline sous forme glycosylée. Ces composés sont responsables de l'activité antioxydante et anti-inflammatoire de la plante (Mimica-Dukić et al., 2008 ; BMC Complementary Medicine and Therapies, 2014).

- **Acides phénoliques :**

On retrouve également des acides phénoliques comme l'acide caféique, l'acide chlorogénique, ainsi que des dérivés spécifiques tels que l'acide di-E-caffeoyl-méso-tartrique, considéré comme un marqueur chimique important de l'espèce. Ces composés contribuent fortement à l'activité antioxydante des extraits (Mimica-Dukić et al., 2008 ; PMC, 2008).

- **Saponines et autres composés secondaires :**

La plante contient des saponines triterpéniques, notamment l'équisétonine, ainsi que des stérols végétaux comme le β-sitostérol et le campestérol. On y retrouve aussi des tanins, des

polysaccharides, des vitamines (C, B1, B2, E et K) et de faibles quantités d'alcaloïdes. L'ensemble de ces composés participe aux effets diurétiques, antioxydants et anti-inflammatoires observés expérimentalement (ScienceDirect review, 2023 ; Europub review, 2017).

4.5. Usage traditionnel

Equisetum arvense se distingue par une teneur élevée en composés minéraux, notamment en silice sous forme d'acide silicique et de silicates, représentant environ 2,5 à 10% de la matière sèche. Elle contient également divers éléments minéraux tels que le potassium, le calcium, le magnésium, le fer, le manganèse et le phosphore, ainsi que d'autres oligo-éléments. Cette richesse minérale est associée à ses effets bénéfiques sur le renforcement des tissus conjonctifs, des os et des phanères (Mimica-Dukić et al., 2008 ; Sandhu et al., 2023).
Equisetum arvense présente plusieurs activités pharmacologiques d'intérêt. Des études ont mis en évidence un effet diurétique et antihypertensif significatif, comparable à certains traitements conventionnels et dépourvu de toxicité majeure (Carneiro et al., 2014).

4.6. Usages pharmacologiques

La plante possède également une activité antioxydante importante liée à sa capacité de neutralisation des radicaux libres et de réduction du stress oxydatif (Mimica-Dukic et al., 2008).

En outre, des extraits de cette espèce pourraient exercer un effet hypoglycémiant en améliorant la sensibilité à l'insuline et en limitant certaines complications du diabète (Hegedüs, 2020). Enfin, des activités anticancéreuses, antinociceptives et antimutagènes ont également été rapportées, suggérant un potentiel thérapeutique global prometteur (Al Mohammed et al., 2017 : Shiba et al., 2024).

Chapitre II :

Matériel et méthodes

1. Matériel d'étude

La partie expérimentale de cette étude a été réalisée au sein de l'animalerie du département de biologie de la Faculté des Sciences et des laboratoires de biochimie du hall technologique de l'Université du 20 Août 1955 de Skikda avec la contribution des laboratoires d'analyses médicales « El-Fayçal » et « Bendjamaa », ainsi que du service d'anatomopathologie de l'Hôpital Frères Saad Guermech de Skikda pour les investigations diagnostiques et histopathologiques.

1.1. Le matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans la présente étude est constitué de deux espèces médicinales, *Verbascum sinuatum* et *Equisetum arvense*, appartenant respectivement aux familles des Scrophulariaceae et des Equisetaceae. Ces espèces, connues sous les noms vernaculaires de « molène » et « prêle des champs » en français, sont localement désignées par « Messalah Lanthare » et « Dhayl El Hissan (Kothban El-Hokoul) ». Elles ont été sélectionnées en raison de leurs propriétés médicinales reconnues et de leur utilisation fréquente en médecine traditionnelle par la population locale. La récolte de *Verbascum sinuatum* a été effectuée en février 2026 dans la région d'Oued El Wahch, wilaya de Skikda (VV9X+7VF, Skikda 21000), tandis qu'*Equisetum arvense* a été récolté en janvier 2026 dans la région de Corso, wilaya de Boumerdès, aux coordonnées géographiques 36°45′28,4″ N et 3°24′42,4″ E.



A B

Figure (07) : Photos représentent les plantes (A) *Verbascum sinuatum* et (B) *Equisetum arvense*

1.2. Le matériel animal :

Cette étude expérimentale a été réalisée sur 60 rats mâles de souche *Wistar albinos*, provenant de l'Institut Pasteur d'Alger, dont le poids corporel variait entre 140 et 310 g. Cette souche est largement utilisée en recherches expérimentales en raison de sa sensibilité et de sa bonne adaptation aux protocoles biologiques. Afin de réduire le stress lié au transport et de permettre la stabilisation des paramètres physiologiques, les animaux ont été soumis à une période d'adaptation de 20 jours à l'animalerie. Durant toute la période d'adaptation et d'expérimentation, ils ont été maintenus dans des conditions d'élevage standard. Les rats ont ensuite été répartis aléatoirement en six groupes de dix animaux chacun, hébergés dans des cages distinctes portant un marquage spécifique permettant l'identification des différents lots expérimentaux.



Figure (08) : Les conditions d'élevage des rats (Photo originale,2026)

1.2.1. Classification des rats : selon Berkenhout (1769).

- Règne : Animalia
- Sous-règne : Metazoa
- Embranchement : Chordata
- Sous-embranchement : Vertebrata
- Classe : Mammalia
- Sous-classe : Theria
- Infra-classe : Eutheria
- Ordre : Rodentia
- Sous-ordre : Myomorpha
- Famille : Muridae
- Sous-famille : Murinae
- Genre : Rattus
- Espèce : ***Rattus norvegicus***

1.3.Le matériel chimique :

Dans cette étude, l'acide acétique à 5 % a été utilisé comme agent inducteur de la colite expérimentale chez les rats. La solution a été préparée dans du chlorure de sodium (NaCl) à 0,9%.

2. Le matériel d'étude au laboratoire

L'ensemble des équipements, du matériel et des réactifs utilisés au cours de cette étude sera présenté au fur et à mesure des différentes étapes expérimentales.

2.1. Séchage et broyage des plantes

L'étude phytochimique a été réalisée sur les parties aériennes des deux espèces végétales. Après leur identification botanique, les échantillons ont été débarrassés des impuretés puis soumis à un séchage à l'air libre dans un local sombre, bien aéré, à l'abri de l'humidité et à température ambiante pendant 15 jours. Le séchage a ensuite été complété dans une étuve réglée à 30 °C pendant 4 jours. Une fois totalement desséchées, les parties aériennes ont été broyées à l'aide d'un broyeur électrique puis tamisées afin d'obtenir une poudre fine homogène destinée aux analyses phytochimiques.



Figure (09) : La photo originale présente le broyage des deux plantes (2026).

2.2. Préparation de l'extrait éthanolique

Les extraits éthanoliques de *Verbascum sinuatum* et d'*Equisetum arvense* ont été préparés selon la méthode de macération solide-liquide. Une quantité de 100 g de poudre végétale de chaque espèce a été mise en macération dans 500 Ml et 450 Ml d'éthanol pur, respectivement. Les mélanges ont été agités à l'aide d'agitateurs électriques, dans l'obscurité, pendant 24 heures.

Les suspensions obtenues ont ensuite été filtrées à l'aide de papier filtre de type Whatman. Les filtrats ont été recueillis dans des ballons puis concentrés à l'aide d'un évaporateur rotatif sous pression réduite, permettant l'élimination du solvant. Cette opération a été répétée trois fois afin d'assurer une extraction optimale des composés bioactifs.

Les extraits obtenus ont finalement été récupérés et séchés à l'étuve à 30 °C, puis conservés dans des boîtes de Pétri.



Figure (10) : photo originale présente les étapes de l'extraction des deux espèces (Photo originale, 2026).

2.3. Détermination du rendement d'extraction

Le rendement d'extraction est calculé selon la formule suivante (**Felleh et *al*., 2008).**

Avec : $$R\% = (M/M_t) \times 100$$

R (%) : rendement exprimé en %.
M : la masse de l'extrait brut (m1-m2) (en g).
m 1 : la masse du ballon avec l'extrait après évaporation (en g).
m 2 : la masse du ballon vide (en g).
Mt : la masse du matériel végétal à traiter (en g).

3. Étude quantitative

3.1. Dosage des polyphénols

3.1.1. Principe de la réaction

En milieu alcalin, les composés phénoliques réduisent le réactif de Folin-Ciocalteu, générant une coloration bleue dont l'intensité à 765 nm est proportionnelle à leur concentration (Robbins, 2003).

3.1.2. Mode opératoire

Le dosage des polyphénols totaux a été réalisé selon la méthode de Folin-Ciocalteu décrite par Wong *et al*. (2006). Pour ce faire, 200 µL de chaque extrait (0,5 mg d'extrait dissous dans 1 Ml de méthanol) ont été mélangés à 1 Ml de réactif de Folin-Ciocalteu dilué au dixième avec de l'eau distillée. Après une incubation de 4 min à température ambiante, 800 µL d'une solution de carbonate de sodium (Na_2CO_3) ont été ajoutés. Le mélange a ensuite été incubé dans l'obscurité pendant 2 h à température ambiante afin de permettre le développement de la coloration bleue caractéristique. L'absorbance a été mesurée à 765 nm à l'aide d'un spectrophotomètre. La quantification des polyphénols totaux a été effectuée à partir d'une courbe d'étalonnage établie avec l'acide gallique, et les résultats ont été exprimés en milligrammes d'équivalent d'acide gallique par gramme d'extrait (mg EAG/g d'extrait).

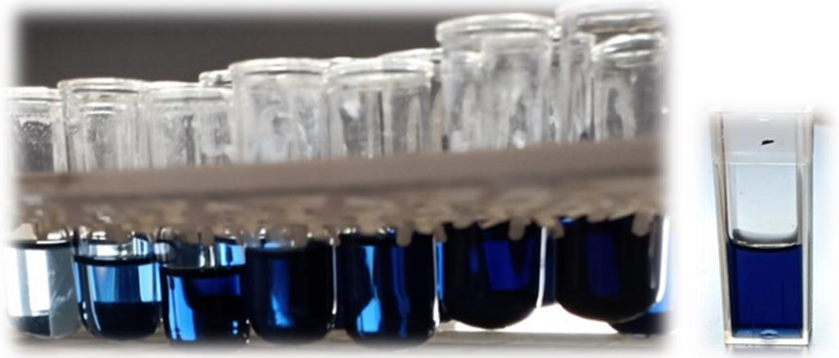


Figure (11) : Photo originale présente la détection chimique des polyphénols (2026)

3.2. Dosage des flavonoïdes :

3.2.1. Principe de la réaction :

La teneur en flavonoïdes totaux a été déterminée selon la méthode au chlorure d'aluminium ($AlCl_3$) décrite par Djeridane et al. (2006), basée sur la formation d'un complexe stable entre l'$AlCl_3$ et les flavonoïdes, dont l'intensité de coloration est proportionnelle à leur concentration (Lagnika,2005).

3.2.2. Mode opératoire :

La teneur en flavonoïdes totaux a été déterminée par la méthode au chlorure d'aluminium. Un volume de 1 Ml de chaque extrait ou de la solution standard de quercétine (0,5 mg/Ml dans le méthanol) a été mélangé à 1 Ml d'une solution d'$AlCl_3$ à 2 % préparée dans le méthanol. Après agitation et incubation pendant 10 min à température ambiante, l'absorbance a été mesurée à 430 nm. La quantification a été réalisée à partir d'une courbe d'étalonnage établie avec la quercétine (2,5–30 µg/Ml), et les résultats ont été exprimés en microgrammes d'équivalent de quercétine par milligramme d'extrait sec (µg EQ/mg E).

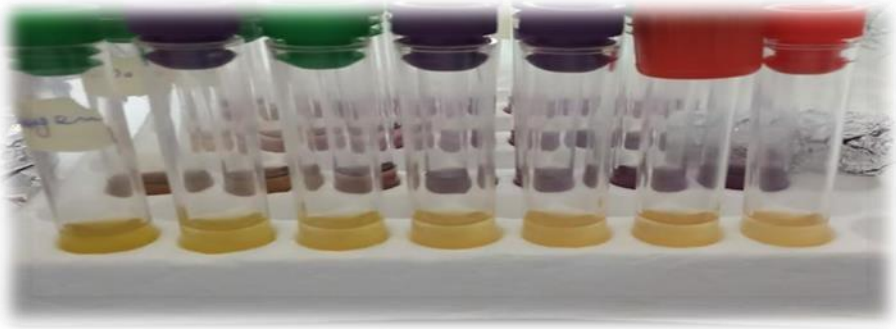


Figure (12) : Photo originale présente la détection chimique des flavonoïdes (2026)

3.3.Étude de l'activité antioxydante des différents extraits

- **Technique du 2,2'-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)**

3.3.1. Principe de la méthode :

L'activité antiradicalaire des extraits a été évaluée par le test du DPPH, un radical libre stable de couleur violette présentant une absorbance maximale à 517 nm. En présence d'un composé antioxydant capable de céder un atome d'hydrogène, le DPPH est réduit en diphényl-picrylhydrazine de couleur jaune, entraînant une diminution de l'absorbance proportionnelle à l'activité antioxydante de l'échantillon (Sanchez-Moreno, 2002).

3.3.2. Mode opératoire :

Le mélange réactionnel a été préparé en ajoutant 40 µL de solution d'extrait à 1 600 µL de DPPH (0,004 % dans le méthanol). Un contrôle négatif a été préparé en mélangeant 400 µL de méthanol avec 1 600 µL de solution méthanolique de DPPH. L'absorbance a été mesurée à 517 nm après 30 min d'incubation dans l'obscurité et à température ambiante, contre un blanc approprié pour chaque concentration. L'acide ascorbique (vitamine C) a été utilisé comme contrôle positif dans les mêmes conditions expérimentales, et chaque test a été réalisé en triple.

L'activité antiradicalaire est donnée par la formule suivante : **(Yen et Duh, 1994)**

$$\textit{Activité anti} - \textit{radicalaire}\ (\%) = \textit{Abs contrôle négative} - \textit{Abs échantillon} \div \textit{Ab contrôle négative} \times 10$$



Figure (13) : photo originale présentant la détection chimique de l'activité antiradicalaire (2026).

3.3.3. Détermination de IC50 :

Par définition, la valeur IC50 est la concentration de l'acide ascorbique ou de l'extrait qui

peut réduire 50% du DPPH ; cette dernière est déterminée graphiquement. Les IC50 sont calculées graphiquement par la formule de la régression des pourcentages d'inhibition en fonction de différentes concentrations des extraits testés (Belmassous, 2017).

3.4. Évaluation de l'activité anti-inflammatoire in vitro :

- **Méthode de stabilisation des membranes érythrocytaires (HRBC)**

3.4 .1. Principe :

La méthode de stabilisation des membranes érythrocytaires (HRBC) repose sur l'analogie fonctionnelle entre la membrane des érythrocytes et celle des lysosomes. Lors d'un processus inflammatoire, la rupture des membranes lysosomales entraîne la libération d'enzymes pro-inflammatoires responsables de l'amplification de la réponse inflammatoire. Ainsi, tout agent capable de stabiliser les membranes cellulaires peut limiter cette libération enzymatique et exercer un effet anti-inflammatoire.

Ce test permet donc d'évaluer la capacité des extraits à protéger les érythrocytes humains contre l'hémolyse induite par un stress osmotique en milieu hypotonique, modèle expérimental simulant les conditions inflammatoires (Shinde et al., 1999).

3.4.2. Mode opératoire :

Le protocole expérimental a été réalisé selon la méthode décrite par Nair et al. (2024).

Un prélèvement sanguin a été effectué chez un volontaire sain, après consentement éclairé, dans un tube hépariné. Le sang a été centrifugé à 3000 tr/min pendant 10 minutes afin d'isoler les globules rouges. Ceux-ci ont ensuite été lavés trois fois avec une solution de tampon phosphate salin (PBS, Ph 7,4), puis resuspendus pour obtenir une suspension érythrocytaire à 20 %.

Un témoin positif contenant du diclofénac sodique, utilisé comme anti-inflammatoire de référence, a été préparé dans les mêmes conditions expérimentales.

Dans chaque tube d'essai, les réactifs ont été ajoutés comme suit :

- 0,5 ml de suspension d'érythrocytes à 20 %,
- 1 ml de PBS (Ph 7,4),
- 1 ml de chaque extrait à différentes concentrations (ou diclofénac pour le témoin positif),
- 2 ml de solution saline hypotonique.

Les mélanges ont ensuite été incubés à 37 °C pendant 30 minutes, puis centrifugés à 3000 tr/min pendant 20 minutes. L'absorbance du surnageant a été mesurée à 560 nm.

L'intensité de l'absorbance est directement proportionnelle au degré d'hémolyse, reflétant la rupture des membranes érythrocytaires. Le pourcentage d'inhibition de l'hémolyse est ensuite calculé à l'aide de la formule suivante :

$$\text{Inhibition \%} = ((Ac - AE) / Ac) \times 100$$

Où :
Ac : Absorbance du témoin négatif.
AE : Absorbance d'extrait testé.
Un pourcentage élevé d'inhibition reflète une bonne capacité à stabiliser la membrane des globules rouges, et donc un effet anti-inflammatoire potentiel in vitro.

4. Étude expérimentale in vivo

4.1. Mesure du poids

Au cours de la période expérimentale, le poids corporel des rats a été mesuré tous les trois jours à l'aide d'une balance électronique de précision, afin de suivre l'évolution pondérale et d'évaluer l'impact du traitement administré.



Figure (14) : Mesure du poids des rats (photo originale, 2026)

4.2. Traitement des animaux :

À l'issue d'une période d'acclimatation de 20 jours, soixante rats mâles *Wistar* ont été répartis de manière aléatoire en six groupes expérimentaux comportant chacun dix animaux. Le traitement a été administré conformément au protocole expérimental établi. Une première évaluation a été réalisée au troisième jour de traitement, avec le sacrifice de cinq rats par groupe pour les analyses biologiques et histologiques. Les animaux restants ont continué à recevoir le traitement jusqu'au dixième jour, terme auquel ils ont été sacrifiés pour les mêmes investigations. La répartition des groupes et les modalités de traitement sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 5 : La répartition des groupes et les modalités de traitement

Groupes	Traitement administré
Groupe 1 : Témoin négatif (-)	Les rats ne reçoivent aucun traitement. Ils reçoivent uniquement 1 ml d'eau par gavage afin de provoquer un stress similaire à celui des autres groupes.
Groupe 2 : Témoin positif (+)	Les rats sont traités uniquement par voie

	orale (gavage) avec l'extrait de *Verbascum sinuatum* à la dose de 300 mg/kg/jour
Groupe 3 : Témoin positif (+)	Les rats sont traités uniquement par diclofénac administré par gavage à la dose de 5 mg/kg/jour
Groupe 4 : Traité par l'acide acétique	Les rats reçoivent uniquement une injection intra-rectale de 1,5 ml d'acide acétique à 5 %.
Groupe 5 : Traité par extrait + acide acétique	Les rats sont traités par gavage avec l'extrait de *Verbascum sinuatum* à la dose de 300 mg/kg/jour ; 45 minutes plus tard, ils reçoivent par voie intra-rectale 1,5 ml d'acide acétique à 5 %.
Groupe 6 : Traité par diclofénac + acide acétique	Les rats sont traités par gavage avec diclofénac à la dose de 5 mg/kg/jour ; 45 minutes plus tard, ils reçoivent par voie intra-rectale 1,5 ml d'acide acétique à 5 %.



a : Technique de gavage **b :** Injection intra-rectale

Figure (15) *:* Technique de gavage et d'injection intra-rectale (photo originale, 2026).

4.3. Prélèvement sanguin et collecte des organes

À l'issue du traitement par l'acide acétique et l'extrait de *Verbascum sinuatum*, les animaux ont été soumis à un jeûne nocturne (avec libre accès à l'eau) avant les prélèvements biologiques. Les évaluations ont été réalisées au quatrième et au dixième jour de

l'expérimentation. Avant toute intervention, la glycémie à jeun a été déterminée à l'aide d'un glucomètre (*Vital Check*) à partir d'une goutte de sang obtenue par une légère incision de l'extrémité de la queue.

Les rats ont ensuite été anesthésiés afin de permettre la réalisation des prélèvements dans des conditions limitant la douleur et le stress. Après vérification de la profondeur de l'anesthésie, les animaux ont été sacrifiés, puis une laparotomie médiane a été pratiquée pour l'exérèse du gros intestin. Parallèlement, le sang a été prélevé par ponction cardiaque et immédiatement réparti dans différents tubes de prélèvement contenant des anticoagulants spécifiques.

- **Tube contenant l'EDTA (éthylènediaminetétraacétate)** : destiné aux analyses hématologiques, notamment à la numération et à la formule sanguine ;
- **Tube hépariné** : utilisé pour les analyses biochimiques plasmatiques ;
- **Tube contenant du citrate de sodium** : destiné à l'étude des paramètres de l'hémostase et de la coagulation.

Les segments de gros intestin prélevés ont été soigneusement rincés avec une solution physiologique froide afin d'éliminer les résidus fécaux, puis traités selon les exigences des différentes analyses macroscopiques et histopathologiques.

L'ensemble de cette procédure a permis d'obtenir des échantillons biologiques adéquats et de qualité pour l'évaluation des paramètres hématologiques, biochimiques et histologiques dans les différentes conditions expérimentales.





Figure (16) *:* Le sang recueilli



Figure (17) : Le gros intestin prélevé

5. Analyse biologique et histopathologique

5.1 . Analyses hématologiques et biochimiques

Les analyses hématologiques et biochimiques ont été réalisées au sein des laboratoires d'analyses médicales El-Amel et El-Fayçal, situés à Skikda. Les paramètres hématologiques ont été déterminés à l'aide d'un automate *Sysmex XS-500i,* permettant la numération des différents éléments figurés du sang. Par ailleurs, les paramètres biochimiques ont été dosés à l'aide d'un analyseur automatique *Beckman Coulter AU480,* selon les méthodes analytiques appropriées à chaque paramètre étudié.

5. .2. Etude histopathologie

Suite à leur prélèvement rapide, les organes ont été soigneusement rincés à l'aide d'une solution physiologique de NaCl à 0,9 % puis pesés. Ils ont ensuite été fixés dans une solution de formol à 10% en vue de leur examen histologique, réalisé au service d'anatomie pathologique **(Service Anapath Skikda).**

5.2.1. Analyse macroscopique :

Le prélèvement histologique consiste à réaliser une biopsie sur une très petite portion du gros intestin.

5.2.2. La préparation des cassettes :

Les organes sont coupés avec un quêteur en pièces de 2 mm. Les organes sont divisés longitudinalement et transversalement. On les met dans les cassettes codées et on les place dans le formol pendant 24 h.

5.2.3. La circulation :

La circulation est une étape cruciale en histologie, permettant de conditionner les tissus avant leur découpe. Ce processus automatisé dure 24 heures. Il vise à éliminer toute l'eau présente dans les tissus et à la remplacer par de la paraffine, une substance rigide et hydrophobe qui ne se mélange pas à l'eau. Cette imprégnation solidifie les échantillons, ce qui autorise des coupes très fines et précises.

Le déroulement comprend plusieurs phases :

- ✓ Post-fixation : immersion dans du formol à 10 % pour préparer le tissu, en facilitant le passage des fixateurs aqueux vers les bains d'alcool.
- ✓ Déshydratation : passage du tissu dans des bains d'alcool de concentration croissante (70 %, 90 %, puis 96 %), suivi d'un bain d'acétone.
- ✓ Substitution : remplacement de l'éthanol par du xylène, car l'alcool n'est pas miscible avec la paraffine.
- ✓ Imprégnation : la paraffine chauffée à 70 °C remplace le solvant pendant 10 heures et 30 minutes.

5.2.4. L'Inclusion :

L'enrobage est réalisé à l'aide d'une machine qui alterne chauffage et refroidissement pour imprégner les tissus de paraffine liquide. Cette étape préserve la structure interne du tissu et lui confère la rigidité nécessaire à sa coupe au microtome. Une fois l'opération terminée, les blocs de paraffine contenant les échantillons sont conservés à -2 °C jusqu'à la microtomie.

5.2.5. La coupe :

- À l'aide d'un microtome, on procède d'abord au dégrossissement en réglant l'épaisseur des coupes entre 10 et 20 µm, selon la taille de l'organe.
- On réalise ensuite des coupes fines de 3 µm d'épaisseur.
- Le ruban de coupes est déposé dans un bain-marie à 37 °C pour détendre la paraffine et lisser les sections.
- Les sections bien étalées sont récupérées sur une lame portant le code correspondant au bloc.
- Les lames sont placées dans une étuve à 140 °C pendant 30 minutes pour assurer l'adhérence des coupes, évaporer l'eau résiduelle et initier le déparaffinage.



1 2 3

Figure (18) : Matériel de coupe : 1 – microtome, 2 – bain-marie, 3 – étuve à 140 °C (photos originales, 2026).

5.2.6. Coloration à l'hémalun-éosine (H.E.) :

Cette technique histologique courante permet de mettre en évidence les différentes structures cellulaires et tissulaires. Elle repose sur l'utilisation de l'hématoxyline et de l'hémalun, qui colorent les noyaux en mauve foncé, et de l'éosine, qui teinte le cytoplasme et les autres composants en rose. La coloration dure environ 45 minutes.

5.2.7. Le montage :

Après le passage dans le xylène, on procède au montage. La lame est d'abord légèrement humidifiée avec du xylène, puis une petite goutte de résine de montage (par exemple, EUKITT) est déposée. Cette résine assure à la fois la fixation de la lamelle et une bonne transparence pour l'observation microscopique. La lamelle est ensuite placée délicatement sur la préparation, en exerçant une légère pression pour éliminer les bulles d'air. Chaque lame doit être correctement identifiée par un code ou un nom. Après le montage, les lames sont laissées à sécher complètement avant d'être rangées dans un porte-lame.

5.2.8. La lecture :

L'examen des lames histologiques a été réalisé au service d'anatomopathologie des laboratoires de biochimie, situés dans le département des sciences de la nature et de la vie. Les observations ont été effectuées à l'aide d'un microscope optique Leica Microsystems, avec des grossissements de ×10 et ×40.

6. Analyse statistique

Les résultats obtenus sont présentés sous forme de moyenne ± SD de la moyenne.

L'analyse statistique a été réalisée à l'aide du logiciel *Minitab*. Les différences entre les groupes expérimentaux ont été évaluées par une analyse de variance à un facteur (ANOVA). Une valeur de $p \leq 0,05$ a été considérée comme statistiquement significative.

Le niveau de signification a été indiqué comme suit :

- Différence significative ($p \leq 0,05$) : *
- Différence hautement significative ($p \leq 0,01$) : **
- Différence très hautement significative ($p \leq 0,001$) : ***

Lorsque l'ANOVA révélait une différence significative, les comparaisons multiples entre les groupes ont été effectuées à l'aide du test post hoc de Tukey.

Les annotations utilisées dans les figures correspondent aux comparaisons suivantes :
-* : comparaison globale entre les groupes (ANOVA) ;
-a : comparaison entre les groupes G1 et le reste des groupes.
-b : comparaison entre les groupes G4 et G2, G3, G5, G6.
-c : comparaison entre les groupes G5 et G6

Chapitre III : Résultats

1. Le rendement d'extraction

Le rendement d'extraction varie en fonction de l'espèce végétale étudiée. Les résultats présentés dans le tableau 6 montrent que les deux espèces, Verbascum sinuatum et Equisetum arvense, ont fourni des rendements d'extraction relativement élevés. Toutefois, Verbascum sinuatum a enregistré le rendement le plus important (16,31 %), comparativement à Equisetum arvense (3,05 %). Cette différence pourrait être attribuée à la composition chimique spécifique de chaque espèce ainsi qu'à la nature et à la quantité des métabolites extractibles présents dans les tissus végétaux.

Tableau 6 : Le rendement d'extraction des deux espèces

Plante	Rendement d'extraction
Verbascum sinuatum	16,31 %
Equisetum arvense	3,05 %

2. Évolution du taux des polyphénols

La teneur en polyphénols totaux a été déterminée à partir de la courbe d'étalonnage de l'acide gallique **(Figure 19)**, décrite par l'équation : y = 0,0172x – 0,0434 (R^2 = 0,9942). Cette relation a permis de calculer les concentrations en polyphénols des différents extraits, exprimées en équivalents d'acide gallique (EAG).

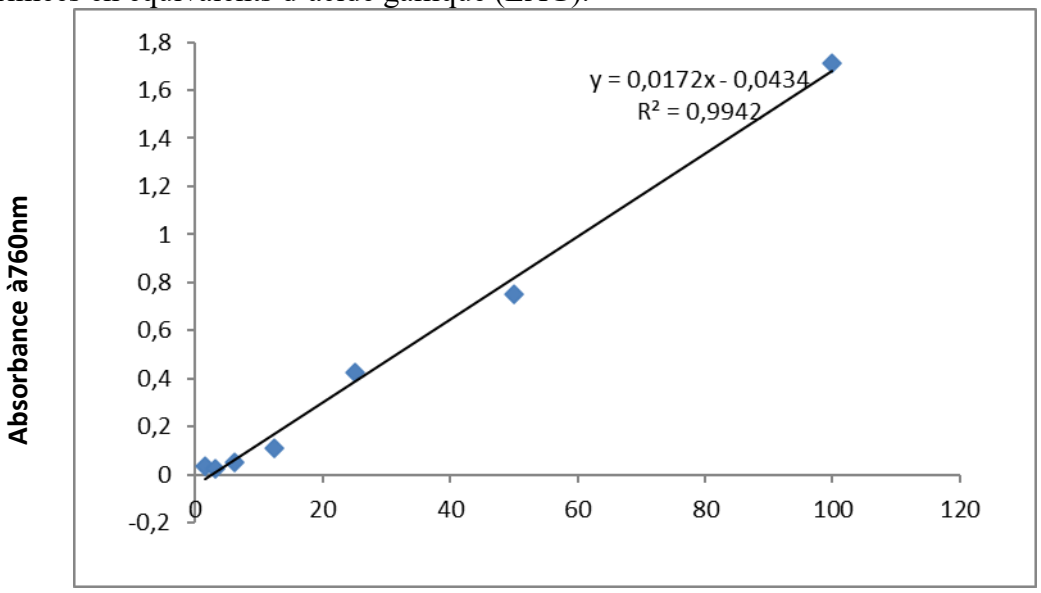


Figure (19) : Courbe d'étalonnage réalisée à l'aide de l'acide gallique pour l'évaluation des polyphénols totaux.

Le dosage des polyphénols totaux a montré que l'extrait d'*Equisetum arvense* contient : 48,008 ± 0,306 µg EAG/mg d'extrait sec, tandis que l'extrait de *Verbascum sinuatum* présente une teneur de 77,055 ± 0,056 µg EAG/mg d'extrait sec.

3. Évolution du taux des flavonoïdes totaux :

La teneur en flavonoïdes totaux a été déterminée à partir de la courbe d'étalonnage de la quercétine **(Figure 20)**, décrite par l'équation de régression linéaire : y = 0,0546x + 0,0646 (R^2 = 0,9923). Cette équation a permis de calculer la teneur en flavonoïdes des différents extraits, exprimée en équivalents de quercétine (EQ).

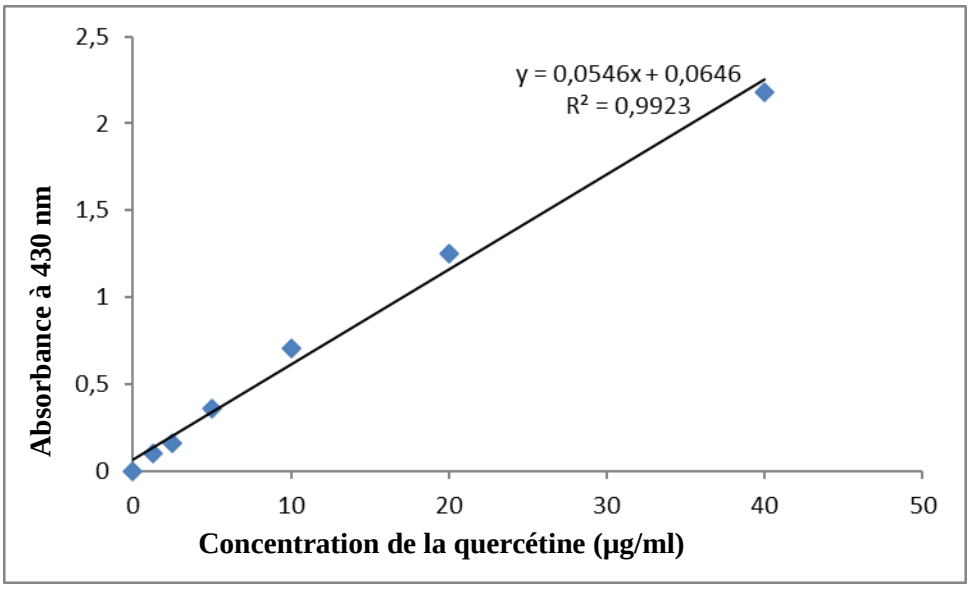


Figure (20) : Courbe d'étalonnage réalisée à l'aide de la quercétine pour l'évaluation des flavonoïdes totaux.

Le dosage des flavonoïdes totaux indique que l'extrait d'*Equisetum arvense* présente une teneur de 45,691 ± 0,274 µg EQ/mg d'extrait sec, alors que l'extrait de *Verbascum sinuatum* contient 32,240 ± 0,216 µg EQ/mg d'extrait sec.

4. Évolution de l'activité antioxydante des différents échantillons :

D'après la **(Figure 21),** l'activité antioxydante des différents échantillons augmente de manière dose-dépendante, indiquant une amélioration progressive de la capacité de piégeage des radicaux libres avec l'augmentation de la concentration. L'acide ascorbique (AS) présente l'activité antioxydante la plus élevée, avec une valeur d'IC50 de 18,4 µg/ml. L'extrait de *Verbascum* montre également une activité antioxydante importante, caractérisée par une IC50 de 36,8 µg/ml. En revanche, l'extrait d'*Equisetum* affiche une activité antioxydante plus faible, avec une IC50 de 105,7 µg/ml. Ces résultats indiquent que l'efficacité antioxydante des échantillons étudiés suit l'ordre décroissant suivant : acide ascorbique > *Verbascum* > *Equisetum*.

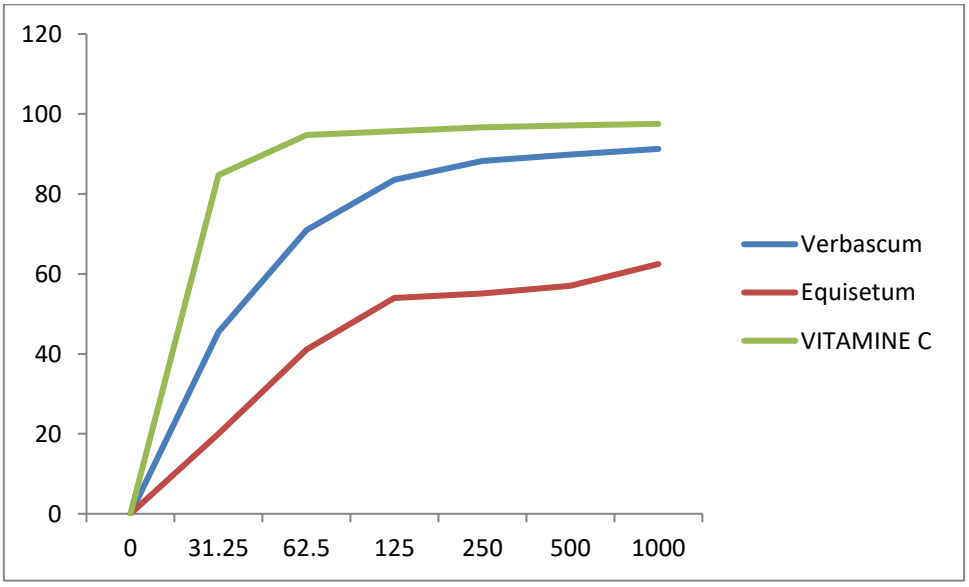


Figure (21) : Évolution de l'activité antioxydante des différents échantillons

5. Évaluation l'activité anti-inflammatoire in vitro des différents échantillons

Les résultats présentés dans la (Figure 22) montrent que l'activité anti-inflammatoire des différents échantillons augmente de manière dose-dépendante, indiquant une amélioration progressive de leur capacité inhibitrice avec l'augmentation de la concentration. Les valeurs d'IC50 obtenues lors de l'évaluation de l'activité anti-inflammatoire in vitro mettent en évidence des différences significatives entre les échantillons testés. Le diclofénac, utilisé comme témoin positif, présente la plus faible valeur d'IC50 (32 µg/Ml), ce qui témoigne de la plus forte activité anti-inflammatoire. L'extrait de ***Verbascum*** montre également une activité anti-inflammatoire importante, avec une IC50 de 49 µg/Ml. En revanche, l'extrait d'***Equisetum*** présente une valeur d'IC50 plus élevée (133 µg/Ml), traduisant une activité anti-inflammatoire moins prononcée. Sur la base des valeurs d'IC50 obtenues, l'efficacité anti-inflammatoire des échantillons suit l'ordre décroissant suivant : diclofénac > ***Verbascum*** > ***Equisetum***

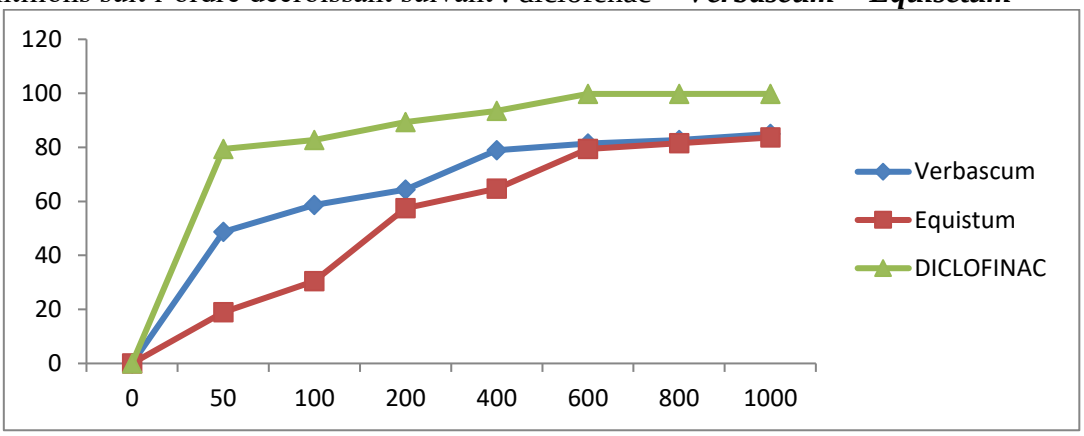


Figure (22) : Évolution de l'activité anti-inflammatoire in vitro des différents échantillons

- **Après 3 jours de traitement :**

6. Évaluation des paramètres biochimiques après 3 jours de traitement

6.1.Taux du Glucose :

Les résultats présentés dans la **(figure 23)** mettent en évidence des différences statistiquement significatives entre les groupes expérimentaux ($P \leq 0{,}001$). Le groupe G4 présente une augmentation marquée de la concentration du glucose par rapport au groupe témoin G1 ainsi qu'aux autres groupes étudiés, affichant la valeur glycémique la plus élevée. En revanche, les groupes G5 et G6 montrent une diminution significative de la glycémie par rapport au groupe G4 ($P \leq 0{,}001$), avec des valeurs proches de celles observées chez le groupe témoin. Par ailleurs, aucune différence statistiquement significative n'a été observée entre le groupe G1 et les groupes G5 et G6, ce qui suggère un retour de la glycémie vers des niveaux comparables à ceux du groupe contrôle.

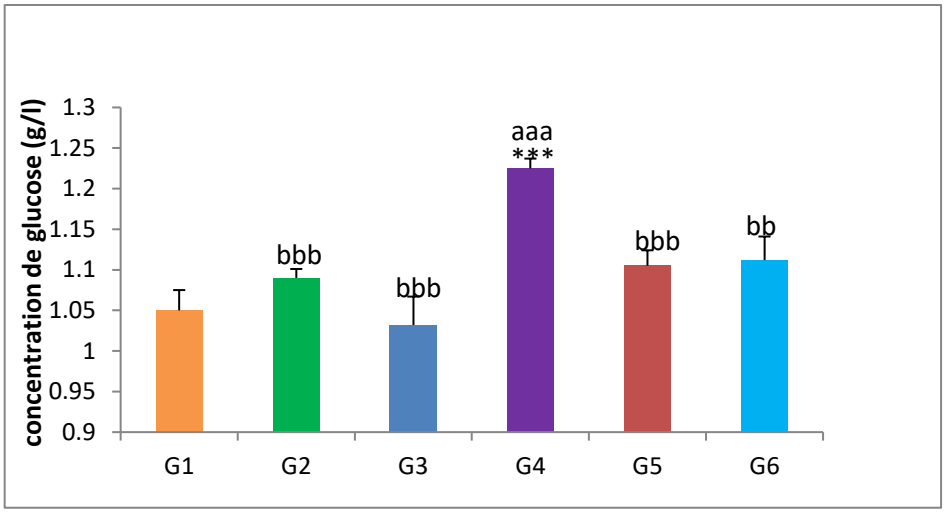


Figure (23) : Évolution du taux de Glucose (g/l) après 3 jours.

6.2. Ferritine :

Les résultats montrent des différences significatives des taux de ferritine entre les groupes expérimentaux ($P \leq 0,001$). Une augmentation marquée de la ferritinémie est observée dans les groupes G4 ($P \leq 0,001$) et G5 ($P \leq 0,05$) par rapport au groupe témoin, le groupe G4 enregistrant la valeur la plus élevée. En revanche, le groupe G6 présente une diminution du taux de ferritine par rapport aux groupes G4 et G5, avec des valeurs se rapprochant de celles du groupe témoin. Par ailleurs, aucune différence significative n'a été mise en évidence entre les groupes G1, G2, G3 et G6 ($P > 0,05$).

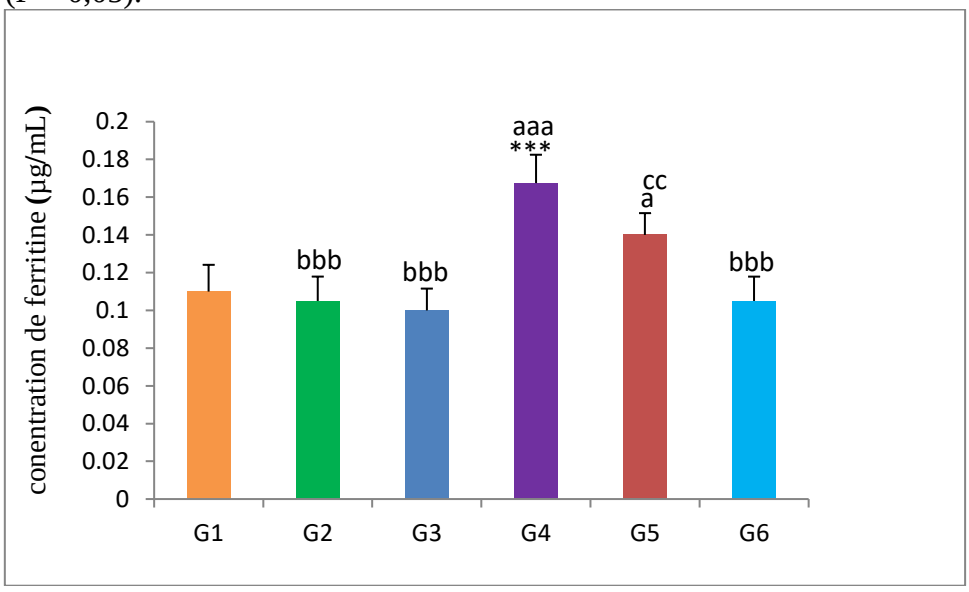


Figure (24) : Évolution de la concentration de Ferritine (µg/ml) après 3 jours.

7. Évaluation de la numération sanguine après 3 jours de traitement

7.1. Les Globules Rouges :

Concernant les globules rouges, les analyses révèlent des différences significatives entre les groupes étudiés ($P \leq 0,001$). Une diminution marquée du nombre de globules rouges est enregistrée dans les groupes G4, G5 et G6 ($P \leq 0,001$) par rapport aux groupes témoins G1, G2

et G3. La valeur la plus faible est enregistrée chez le G4. Une augmentation du nombre de globules rouges est enregistrée dans les groupes G5 et G6 ($P \leq 0,001$) par rapport au groupe G4, bien que leurs valeurs demeurent inférieures à celles des groupes témoins. Par ailleurs, aucune différence significative n'a été mise en évidence entre les groupes G1, G2 et G3.

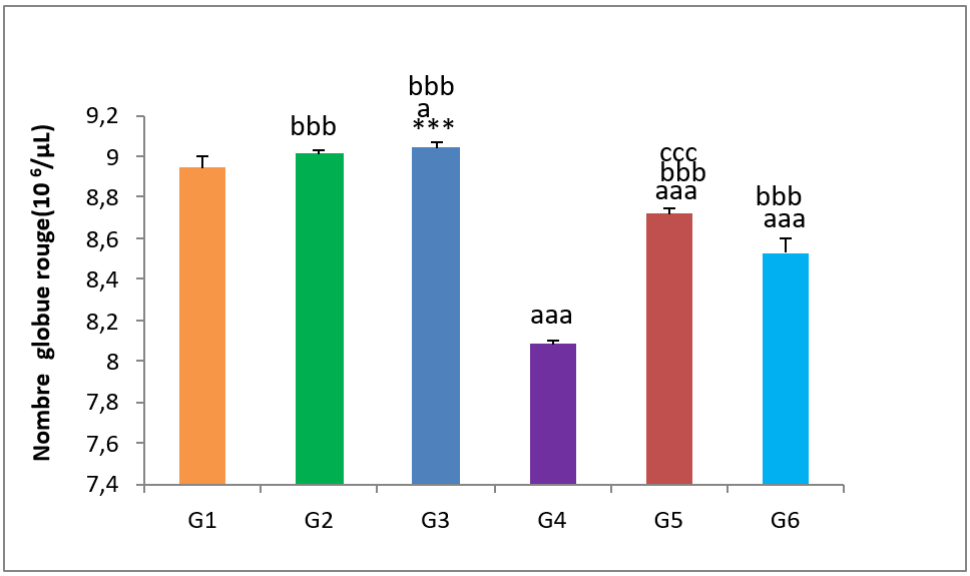


Figure (25) : Évolution du nombre de Globules Rouges (10^6/µL) après 3 jours.

7.2.Hémoglobine :

Les résultats de l'analyse statistique mettent en évidence des différences significatives entre les six groupes étudiés ($P \leq 0,001$). Une diminution marquée du taux d'hémoglobine est observée dans le groupe G4, qui présente les valeurs les plus faibles. En revanche, une augmentation significative du taux d'hémoglobine est enregistrée dans les groupes G5 et G6 par rapport au groupe G4 ($P \leq 0,001$), avec une amélioration plus prononcée dans le groupe G6. Toutefois, malgré cette amélioration, les valeurs restent inférieures à celles des groupes témoins. Par ailleurs, aucune différence significative n'a été observée entre les groupes G1 et G2.

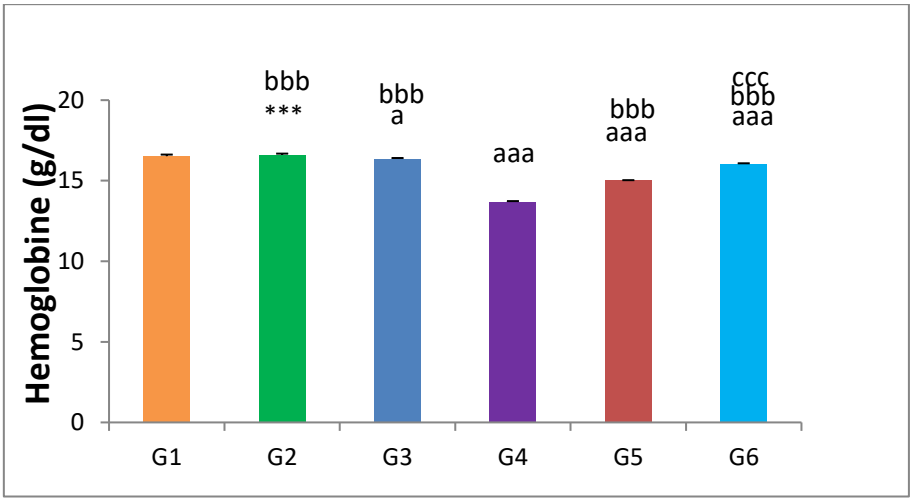


Figure (26) : Évolution d'Hémoglobine (g/dl) après 3 jours.

7.3. Hématocrite :

Les analyses statistiques révèlent des différences significatives entre les groupes expérimentaux ($P \leq 0{,}001$). Une diminution marquée de l'hématocrite est observée dans le groupe G4, qui présente les valeurs les plus faibles. En revanche, les groupes G5 et G6 montrent une augmentation significative ($P \leq 0{,}001$) de l'hématocrite par rapport au groupe G4, traduisant une amélioration partielle de ce paramètre hématologique. Toutefois, les valeurs restent globalement inférieures à celles des groupes témoins. Par ailleurs, aucune différence significative n'est mise en évidence entre les groupes témoins.

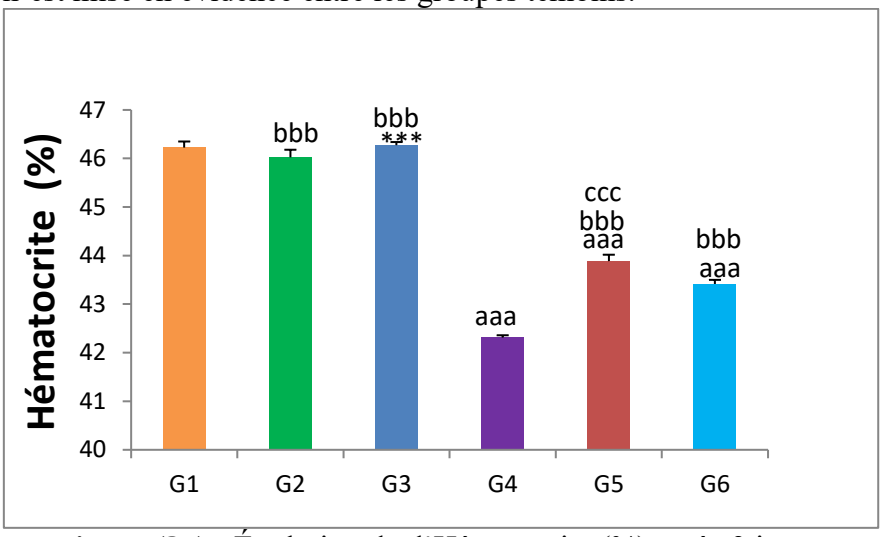


Figure (27) : Évolution de d'Hématocrite (%) après 3 jours.

7.4.Globules Blancs :

Les résultats présentés dans la **(figure 28)** mettent en évidence des différences statistiquement significatives entre les six groupes ($P \leq 0{,}001$). Une augmentation marquée du nombre de leucocytes est observée dans le groupe G4. Les groupes G5 et G6 présentent une diminution de la leucocytose par rapport au groupe G4, tout en conservant des valeurs supérieures à celles des groupes témoins ($P \leq 0{,}001$). Ces derniers affichent des valeurs comparables entre eux, sans différence significative, traduisant une stabilité du taux leucocytaire au sein des groupes témoins.

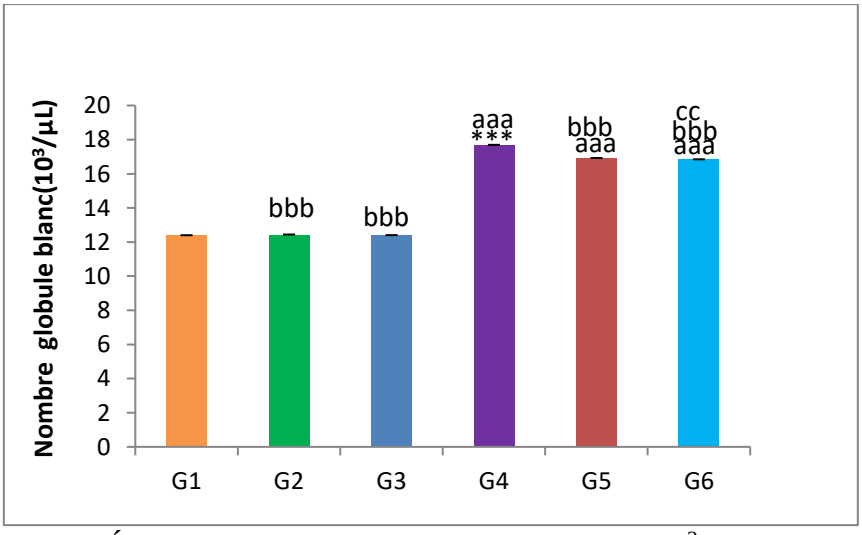


Figure (28) : Évolution du nombre de Globules Blancs (10^3/µL) après 3 jours.

7.5. Volume Globulaire Moyen (VGM) :

La **(figure 29)** montre une différence très hautement significative entre les groupes ($P \leq 0,001$). Une baisse nette ($P \leq 0,001$) du VGM est observée dans le groupe G4, qui présente les valeurs les plus faibles. Les groupes G5 et G6 montrent une amélioration progressive ($P \leq 0,001$) par rapport à G4, traduisant une remontée du paramètre. Toutefois, les valeurs restent inférieures à celles des groupes témoins. Les groupes G1 et G2 présentent des valeurs similaires sans différence significative ($P > 0,05$), tandis que G3 affiche une augmentation ($P \leq 0,001$) par rapport aux autres témoins

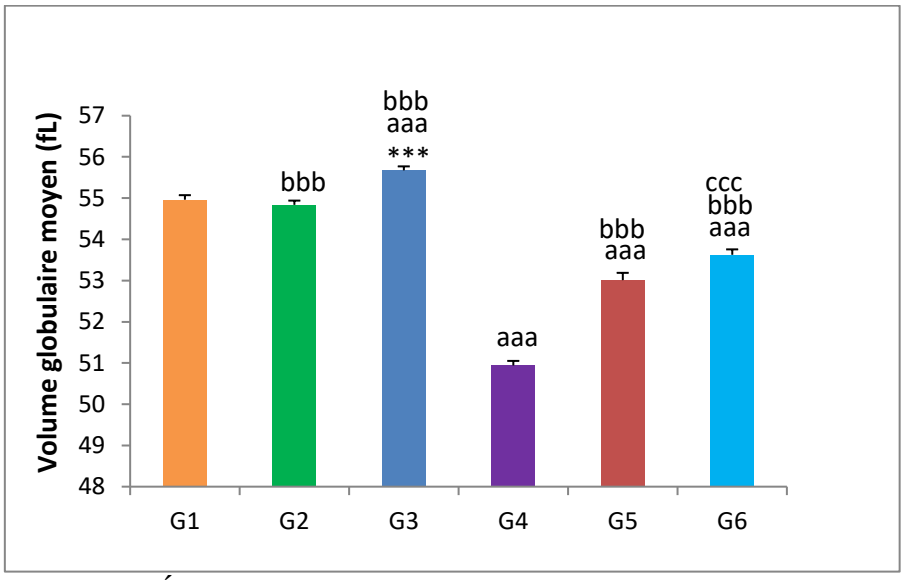


Figure (29) : Évolution du Volume Globulaire Moyen (f L) après 3 jours.

7.6. Plaquettes :

Les résultats présentés dans la **(figure 30)** mettent en évidence des différences significatives entre les groupes étudiés ($P \leq 0,001$). Une augmentation marquée du nombre de plaquettes est observée dans le groupe G4. Les groupes G5 et G6 présentent une diminution significative par rapport à G4 ($P \leq 0,001$), tout en restant à des valeurs supérieures à celles du groupe témoin G1, traduisant une amélioration partielle sans normalisation complète. Les groupes témoins affichent des valeurs comparables, sans différence significative.

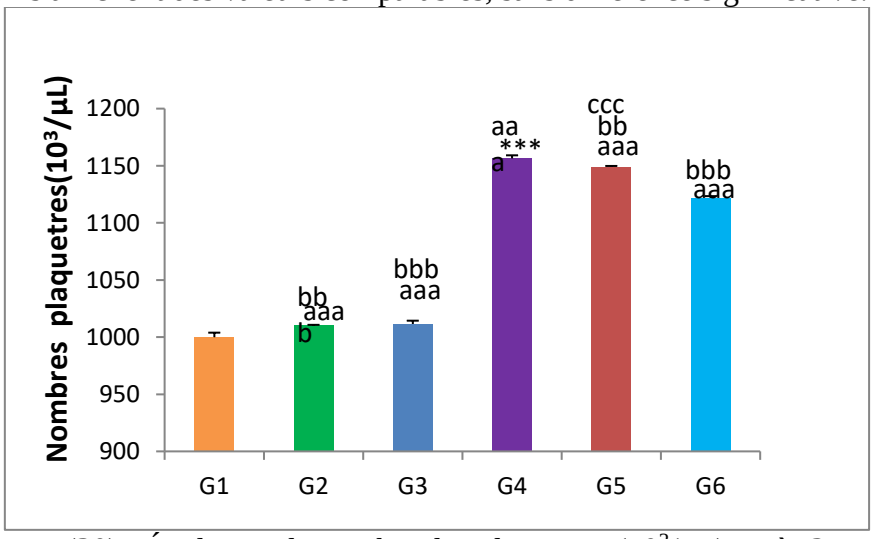


Figure (30) : Évolution du nombre des Plaquettes (10^3/µL) après 3 jours.

7.7.Vitesse de Sédimentation (1ere heure) :

Les résultats montrent une variation très significative de la vitesse de sédimentation entre les groupes expérimentaux (P ≤ 0,001). Le groupe G4 présente une forte augmentation de la VS, avec les valeurs les plus élevées de tous les groupes étudiés. Une baisse de cette valeur est notée dans les groupes G5 et G6 par rapport à G4, les valeurs du groupe G6 étant proches de celles du groupe témoin. En outre, aucune différence significative n'est observée entre les groupes témoins et G6 (P>0,05).

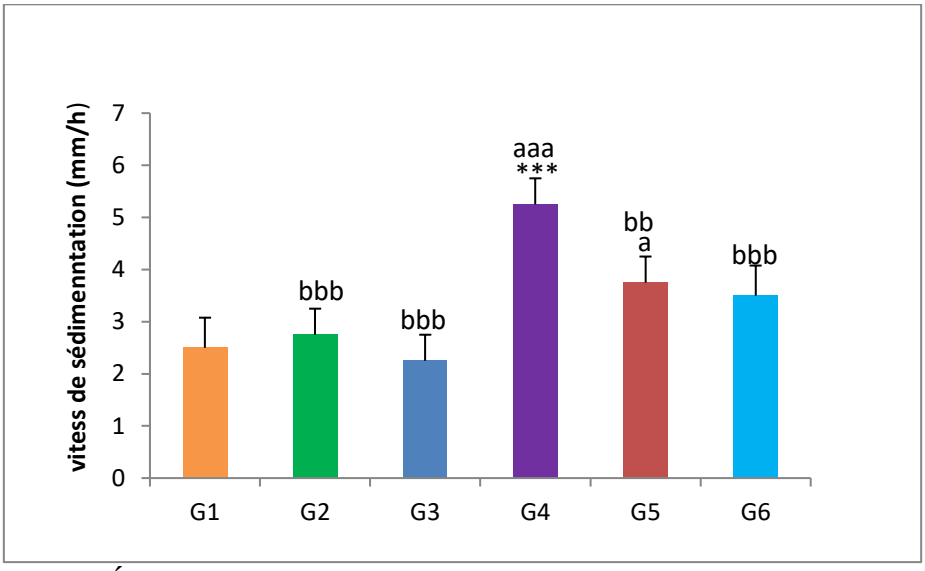


Figure (31) : Évolution de Vitesse de Sédimentation (mm/h) après 3jour (1ere heur)

7.8. Vitesse de Sédimentation (2eme heure) :

Les résultats illustrés dans **(la figure 32)** mettent en évidence une différence très hautement significative entre les groupes (P ≤ 0,001). On observe une augmentation marquée de la Vitesse de Sédimentation au niveau du groupe G4, qui présente la valeur la plus élevée et se distingue nettement de tous les autres groupes. Les groupes G5 et G6 affichent également des valeurs relativement élevées, mais restent inférieures à celles de G4. À l'inverse, les groupes G1, G2 et G3 présentent des valeurs faibles et proches les unes des autres, sans différence significative entre eux.

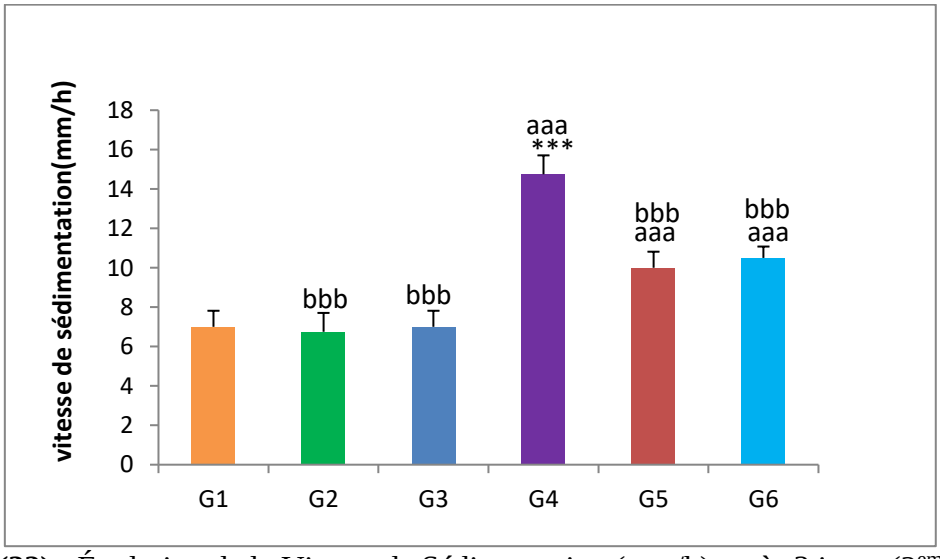


Figure (32) : Évolution de la Vitesse de Sédimentation (mm/h) après 3 jours (2eme heure)

8. Évaluation des paramètres biochimiques après 10 jours de traitement :

8.1.Taux de Glucose :

Les résultats illustrés dans la **(figure 33)** révèlent une différence significative entre les groupes ($P \leq 0,01$). Le groupe G4 présente le taux de glucose le plus élevé et montre une augmentation significative ($P \leq 0,05$). Par rapport aux groupes G1, G2 et G3, le groupe G6 se caractérise quant à lui par les valeurs les plus faibles et diffère significativement ($P \leq 0,01$) du groupe G4. Bien que le groupe G5 affiche des valeurs légèrement supérieures à celles des groupes témoins, cette augmentation reste non significative. Par ailleurs, aucune différence significative n'est observée entre les groupes G1, G2, G3, G5 et G6. Ainsi, après 10 jours, l'augmentation de la Glycémie reste principalement observée dans le groupe G4.

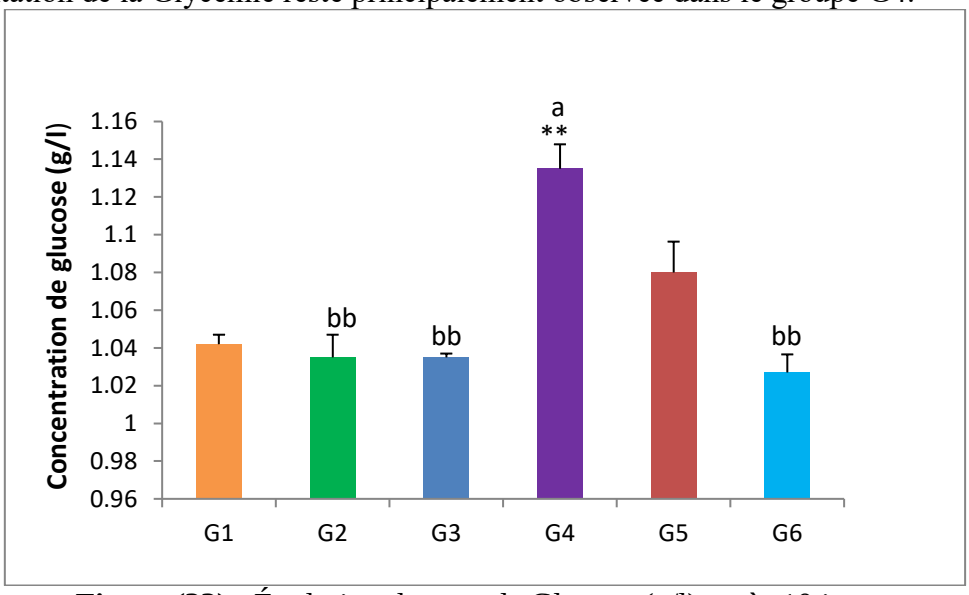


Figure (33) : Évolution du taux de Glucose (g/l) après 10 jours.

8.2. Ferritine :

Comme le montre la **(figure 34)**, après 10 jours, aucune différence statistiquement significative n'est observée entre les groupes étudiés ($P > 0,05$). Les taux de ferritine tendent à se normaliser et se rapprochent des valeurs des groupes témoins.

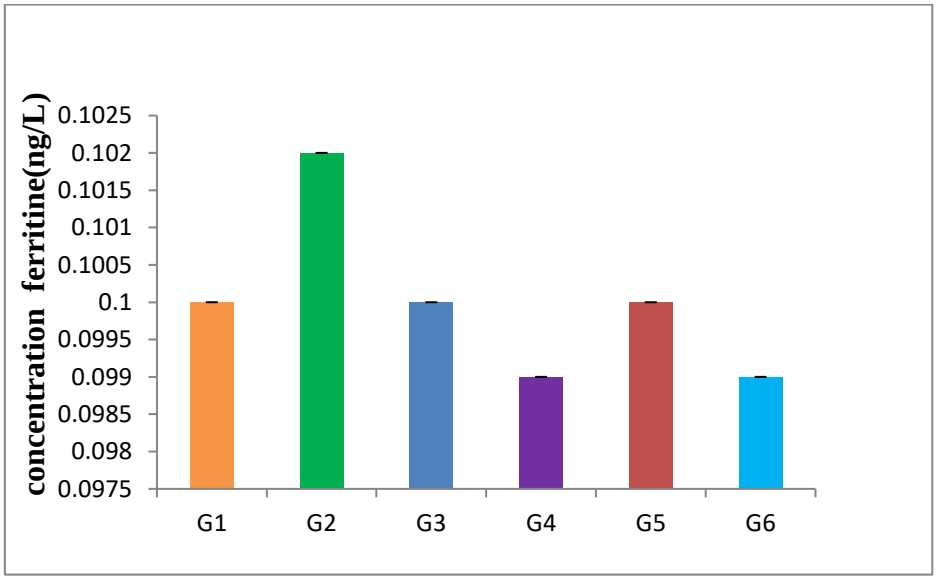


Figure (34) : Evolution de la concentration de ferritine (ng/L) après 10 jours.

Évaluation de la numération sanguine après 10 jours de traitement par *Verbascum*

8.3. Globules Rouges :

Après dix jours de traitement, une amélioration globale du nombre de globules rouges est observée par rapport aux valeurs enregistrées après trois jours. L'analyse statistique met en évidence des différences très hautement significatives entre les groupes expérimentaux ($P \leq 0,001$). Une diminution marquée des globules rouges est notée dans le groupe G4, qui présente les valeurs les plus faibles par rapport aux groupes témoins G1, G2 et G3. Le groupe G5 montre une légère augmentation par rapport à G4, tandis que le groupe G6 présente des valeurs variables selon les comparaisons, sans atteindre les niveaux des témoins. Par ailleurs, G4 demeure significativement inférieur à G2 et G3, confirmant l'altération importante de ce paramètre dans ce groupe. Enfin, une différence significative est observée entre les groupes G5 et G6, avec des valeurs plus élevées dans G5. La comparaison entre les mêmes groupes montre une amélioration progressive de ce paramètre, accompagnée d'un retour vers des valeurs proches de la normale.

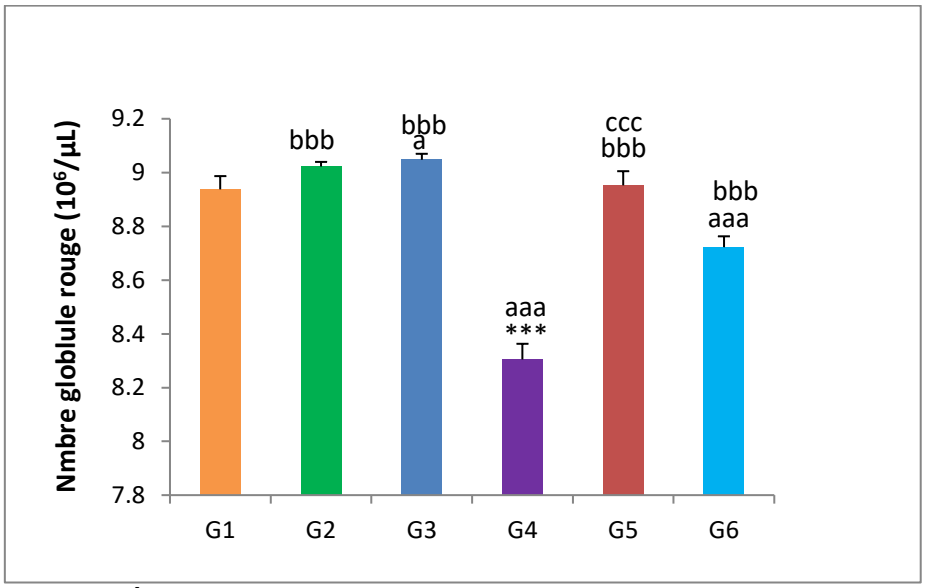


Figure (35) : Évolution du nombre de Globules Rouges (10^6/µL) après 10 jours.

8.4.Hémoglobine :

Après dix jours de traitement, une amélioration globale du taux d'hémoglobine est observée par rapport aux valeurs enregistrées après trois jours. L'analyse statistique révèle des différences très hautement significatives entre les groupes étudiés ($P \leq 0,001$). Une diminution marquée de l'hémoglobine est observée dans le groupe G4, qui présente les valeurs les plus faibles par rapport aux groupes témoins G1, G2 et G3. Le groupe G5 présente également une diminution, moins prononcée que celle de G4, tandis que le groupe G6 montre des valeurs intermédiaires. Par ailleurs, le groupe G4 diffère significativement de l'ensemble des autres groupes, et une différence significative est également mise en évidence entre les groupes G5 et G6. Enfin, la comparaison intra-groupe met en évidence une amélioration progressive de ce paramètre, traduisant une tendance vers la normalisation des valeurs.

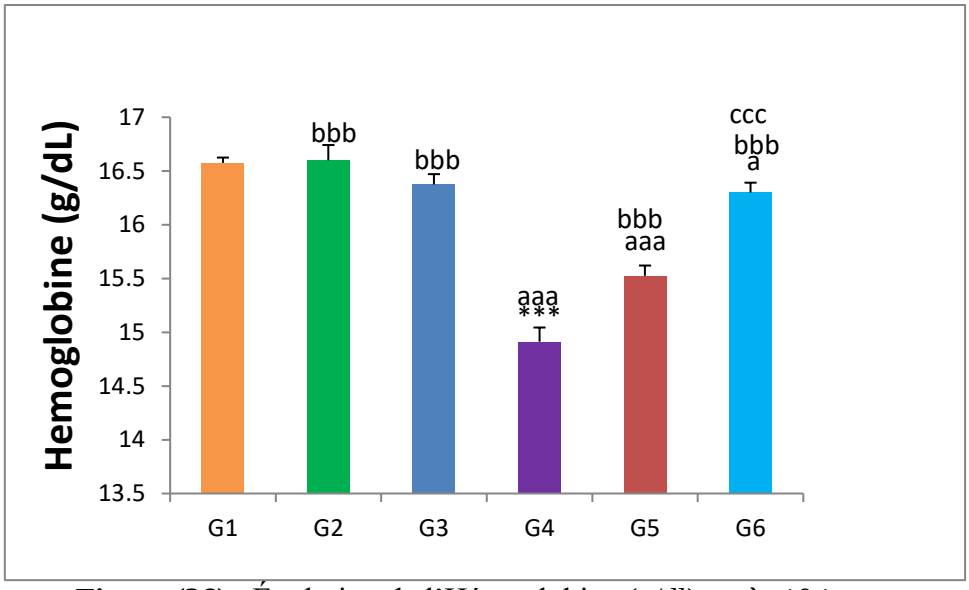


Figure (36) : Évolution de l'Hémoglobine (g/dl) après 10 jours.

8.5. Hématocrite :

Les résultats enregistrés après dix jours de traitement, présentés dans la **(figure 37)**, mettent en évidence des différences significatives entre les groupes étudiés ($P \leq 0{,}001$). Une diminution marquée de l'hématocrite est observée dans le groupe G4, qui présente les valeurs les plus faibles. Les groupes G5 et G6 montrent une augmentation significative de ce paramètre par rapport à G4. Aucune différence significative n'est observée entre les groupes témoins. Par ailleurs, une augmentation significative de l'hématocrite est observée dans les groupes G4, G5 et G6 après dix jours de traitement par rapport aux valeurs enregistrées après trois jours ($P \leq 0{,}001$). Toutefois, malgré cette amélioration, les valeurs obtenues ne permettent pas un retour complet aux niveaux de référence, ce qui suggère une récupération partielle de ce paramètre au cours du temps.

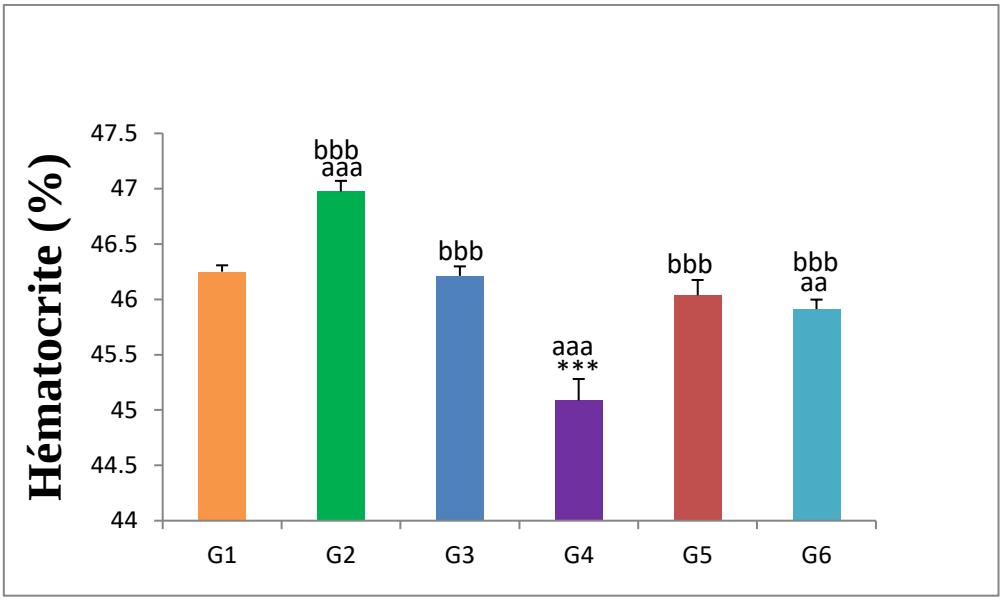


Figure (37) : Evolution de l'Hématocrite (%) après 10 jours.

8.6. Globules Blancs :

Après 10 jours de traitement, les résultats mettent en évidence des différences entre les six groupes ($P \leq 0,001$). Le groupe G4 présente les valeurs les plus élevées de globules blancs, avec une augmentation marquée par rapport aux groupes témoins. Les groupes G5 et G6 montrent également des valeurs significativement plus élevées que celles des témoins ($P \leq 0,001$), mais inférieures à celles observées dans le groupe G4. En revanche, aucune différence significative n'est observée entre les groupes G1, G2 et G3, qui demeurent globalement comparables, ni entre les groupes G5 et G6 ($P > 0,05$). La comparaison des résultats obtenus après 3 et 10 jours de traitement révèle par ailleurs une diminution significative du nombre de globules blancs dans les groupes G4, G5 et G6 ($P \leq 0,001$). Toutefois, malgré cette réduction, les valeurs enregistrées restent supérieures à celles du groupe témoin, indiquant une récupération seulement partielle de ce paramètre au cours de la période expérimentale.

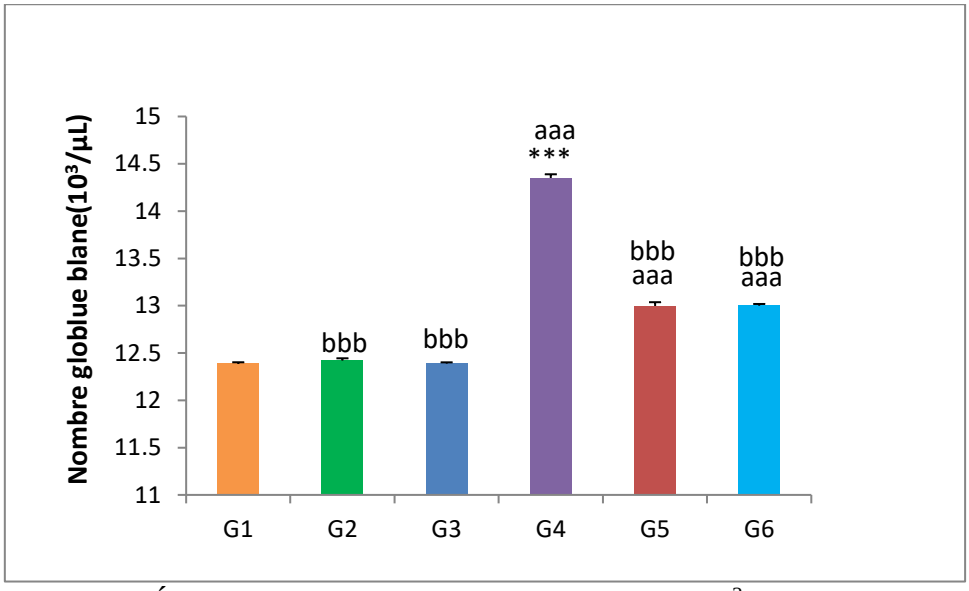


Figure (38) : Évolution du nombre de Globules Blancs (10^3/µL) après 10 jours.

8.7. Volume Globulaire Moyen (VGM) :

Comme l'illustre-la **(figure 39)**, les résultats mettent en évidence des différences significatives entre les groupes expérimentaux ($P \leq 0,001$). Une diminution du volume globulaire moyen (VGM) est observée dans les groupes G3 et G4, ces derniers présentant les valeurs les plus faibles. Les groupes G5 et G6 montrent une augmentation de ce paramètre par rapport à G3 et G4, bien que leurs valeurs demeurent inférieures à celles du groupe témoin. Par ailleurs, la comparaison des résultats obtenus après 3 et 10 jours de traitement révèle une augmentation significative du VGM dans les groupes G4, G5 et G6 ($P \leq 0,001$). Toutefois, malgré cette amélioration, les valeurs enregistrées restent inférieures à celles du groupe témoin, indiquant que le VGM n'a pas retrouvé son niveau physiologique normal au cours de la période étudiée et suggérant ainsi une récupération seulement partielle de ce paramètre.

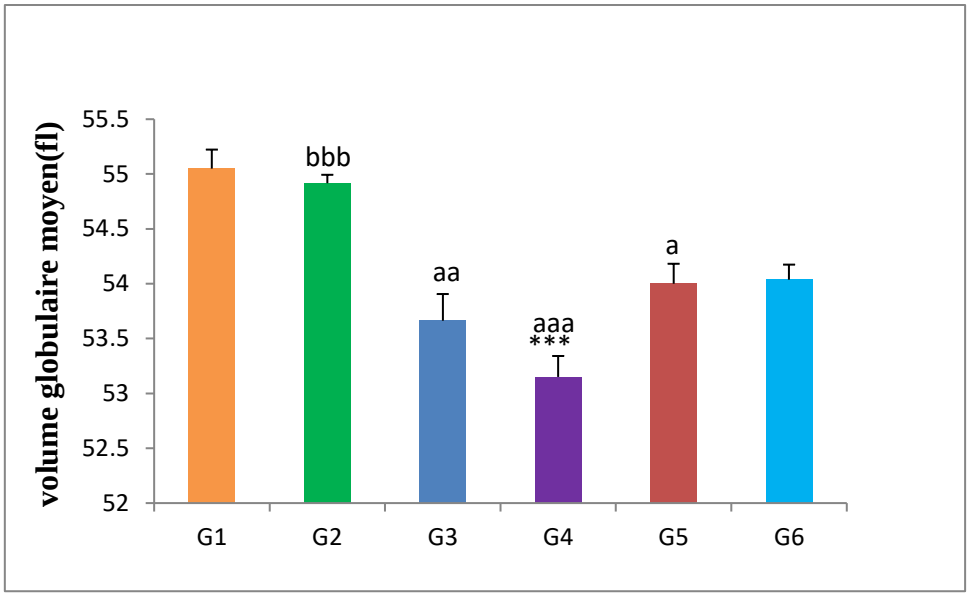


Figure (39) : Evolution de Volume Globulaire Moyen (fl.) après 10 jours.

8.8. Plaquettes :

Après 10 jours de traitement, les résultats mettent en évidence une différence significative entre les groupes ($P < 0,001$). Le groupe G4 présente une augmentation importante du nombre de plaquettes. En revanche, le groupe G5 montre une diminution par rapport au G4, sans toutefois atteindre des valeurs normales. Le groupe G6 présente quant à lui une diminution plus marquée, avec des valeurs proches de celles des groupes témoins. Par ailleurs, la comparaison entre G5 et G6 révèle une différence significative ($P < 0,001$), avec des valeurs plus faibles dans G6 que dans G5. En outre, la comparaison des résultats obtenus aux 3^e et 10^e jours de traitement montre une diminution significative du nombre de plaquettes dans les groupes G4, G5 et G6 ($P \leq 0,001$). Cependant, malgré cette baisse, les valeurs restent supérieures à celles du groupe témoin, ce qui indique une récupération partielle seulement de ce paramètre au cours de la période expérimentale.

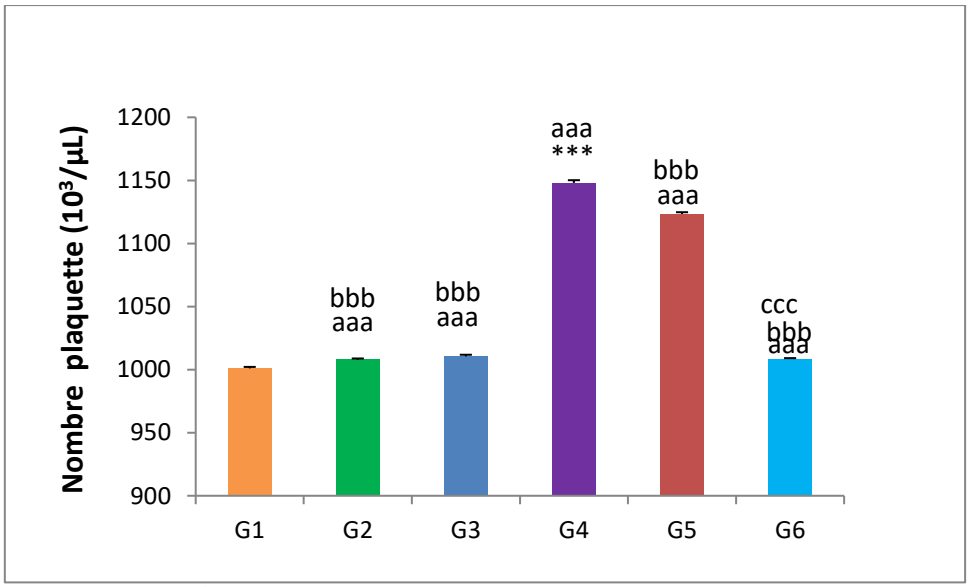


Figure (40) : Évolution du nombre de plaquettes (10^3/µL) après 10 jours.

8.9. Vitesse de Sédimentation (après 1ere heure) :

Les résultats montrent une variation très significative de la vitesse de sédimentation (VS) entre les groupes expérimentaux ($P \leq 0,001$). Le groupe G4 présente une forte augmentation de la VS, avec les valeurs les plus élevées parmi tous les groupes étudiés. Une diminution de ce paramètre est observée dans les groupes G5 et G6 par rapport à G4 ($P \leq 0,001$) , les valeurs du groupe G6 se rapprochant de celles du groupe témoin. En outre, aucune différence significative n'est observée entre le groupe témoin et le groupe G6 ($P > 0,05$). Par ailleurs, la comparaison des résultats obtenus après 3 et 10 jours de traitement révèle une diminution significative de la VS dans les groupes G4, G5 et G6 ($P \leq 0,001$). Toutefois, malgré cette amélioration, les valeurs enregistrées dans les groupes G4 et G5 demeurent supérieures à celles du groupe témoin, indiquant que la VS n'a pas retrouvé complètement son niveau physiologique normal au cours de la période de traitement.

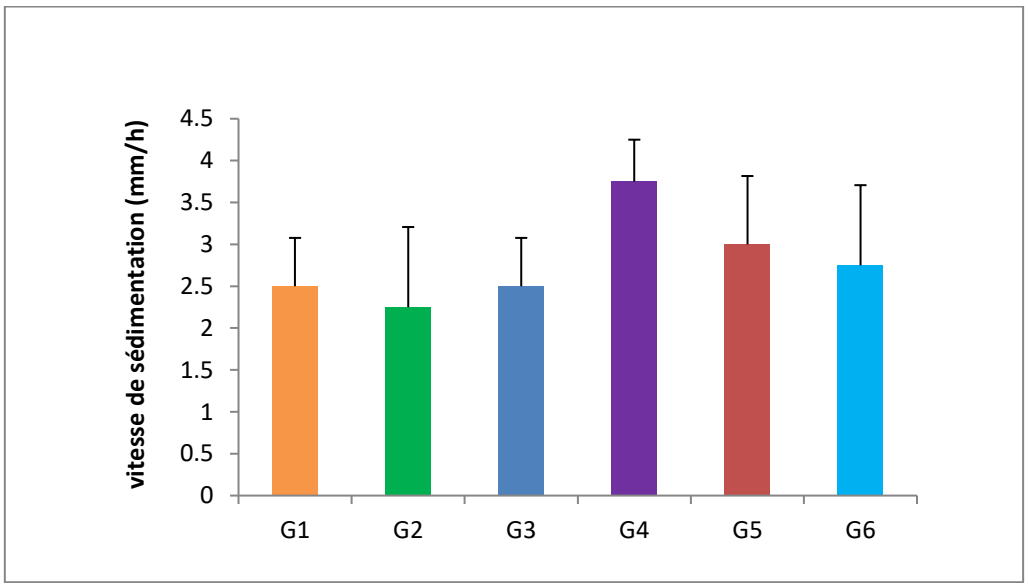


Figure (41) : Évolution de la Vitesse de Sédimentation (mm/h) après 10 jours (1ere heure)

8.10. Vitesse de sédimentation (après 2eme heure) :

Les résultats montrent qu'il n'existe pas de différence significative entre les groupes expérimentaux ($P > 0,05$). Les valeurs de la vitesse de sédimentation présentent de légères variations entre les groupes, avec des niveaux légèrement plus élevés dans G4, G5 et G6 par rapport à G1, G2 et G3. Le groupe G4 enregistre la valeur moyenne la plus élevée, tandis que G3 présente la valeur la plus faible. Malgré ces écarts, aucune différence significative n'est mise en évidence entre les groupes. Par ailleurs, la comparaison des résultats obtenus après 3 et 10 jours de traitement révèle une diminution significative de la vitesse de sédimentation dans les groupes G4, G5 et G6 ($P \leq 0,001$) après 10 jours par rapport aux valeurs enregistrées après 3 jours.

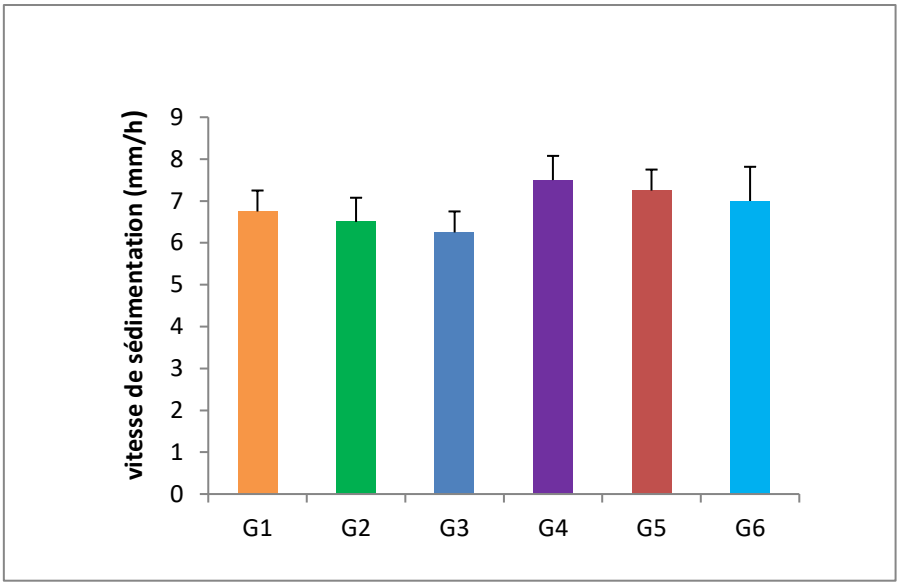


Figure (42) : Évolution de la Vitesse de Sédimentation (mm/h) après 10 jours (2eme heure).

9. Étude histopathologique :

Afin de confirmer les résultats obtenus pour les paramètres biochimiques et hématologiques, une étude histologique du côlon a été réalisée.

a) Après 3 jours de traitement :

L'examen des coupes histologiques des groupes G1, G2 et G3 montre une muqueuse globalement normale, avec des cryptes de Lieberkühn bien structurées et régulièrement disposées. L'architecture du tissu est préservée et l'épithélium reste intact, sans lésions visibles ni altérations morphologiques majeures, ce qui traduit un bon état général du côlon.

Dans le groupe G4, l'examen histologique révèle des lésions coliques sévères, caractérisées par une désorganisation marquée de l'architecture muqueuse, une destruction des cryptes de Lieberkühn, des ulcérations de la surface épithéliale, un œdème important ainsi qu'une infiltration inflammatoire intense, traduisant l'installation d'une colite aiguë induite par l'acide acétique. À l'inverse, les groupes G5 et G6 présentent une légère amélioration histologique, caractérisée par une muqueuse mieux conservée, des cryptes relativement intactes et une organisation tissulaire globalement restaurée. L'infiltrat inflammatoire est réduit et les lésions ulcératives sont nettement atténuées, ce qui suggère un effet protecteur de l'extrait de *Verbascum sinuatum*, comparable à celui du diclofénac, sur les dommages coliques induits par l'acide acétique.

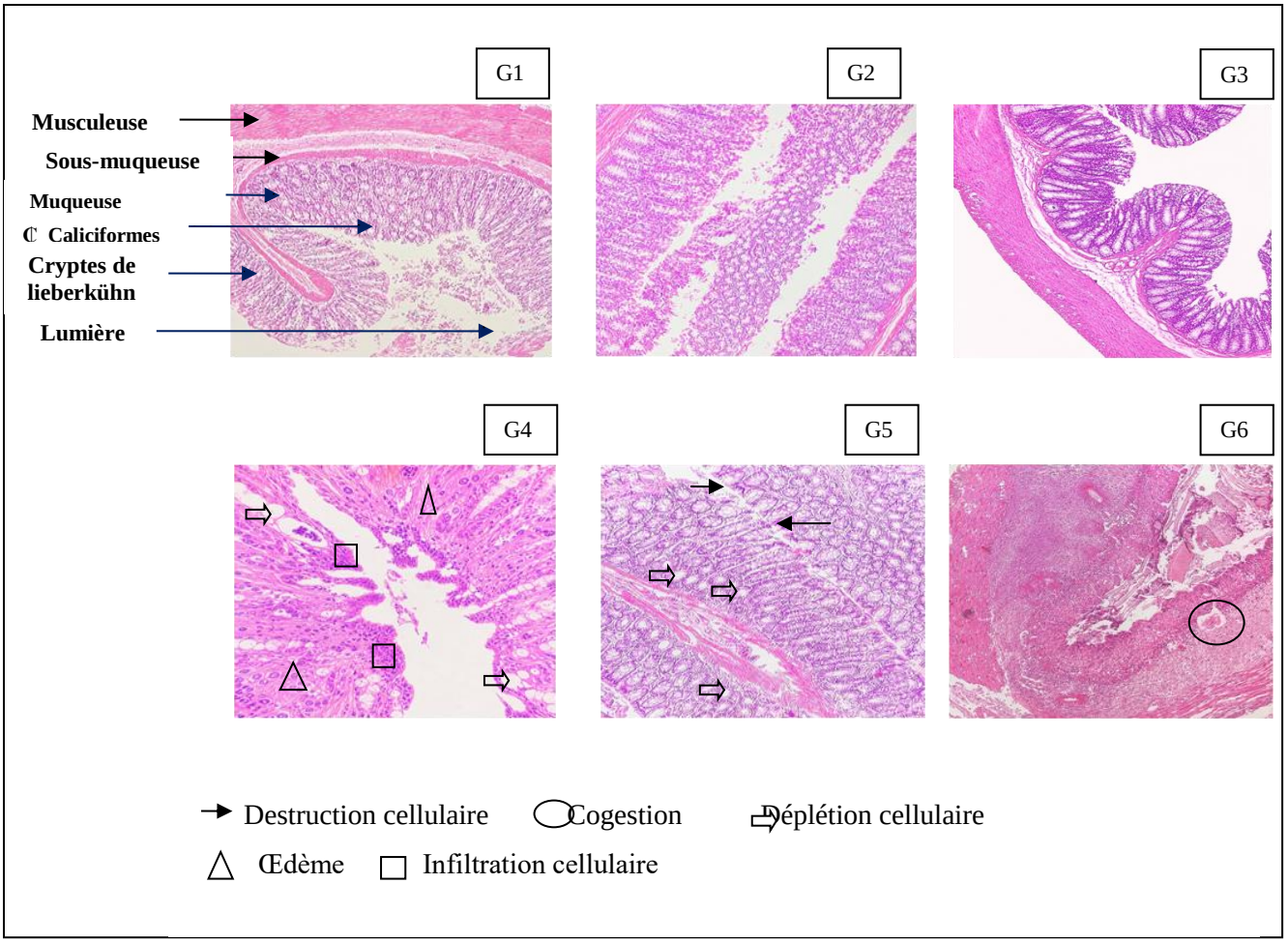


Figure (43) : Coupes histologiques du gros intestin des rats témoins et des rats traités après 3 jours de traitement (photos originales, 2026 ; grossissement ×10).

b) Après 10 jours de traitement :

Au 10e jour, les groupes G2 et G3 présentent une architecture colique globalement conservée.

Dans le groupe G4, les coupes histologiques du côlon révèlent la persistance de lésions induites par l'acide acétique. On observe une désorganisation modérée des cryptes de Lieberkühn, associée à un infiltrat inflammatoire atténué par rapport aux stades précoces. Néanmoins, l'architecture tissulaire globale apparaît partiellement améliorée, suggérant un début de processus réparateur. Chez les groupes G5 et G6, les observations à J10 mettent en évidence une amélioration de l'architecture colique. La muqueuse est bien préservée, avec des cryptes de Lieberkühn régulières et une continuité épithéliale restaurée. L'infiltration inflammatoire est discrète et aucune ulcération majeure n'est visible. Ces résultats indiquent une récupération tissulaire avancée et confirment l'effet protecteur et réparateur des deux traitements face aux lésions induites par l'acide acétique.

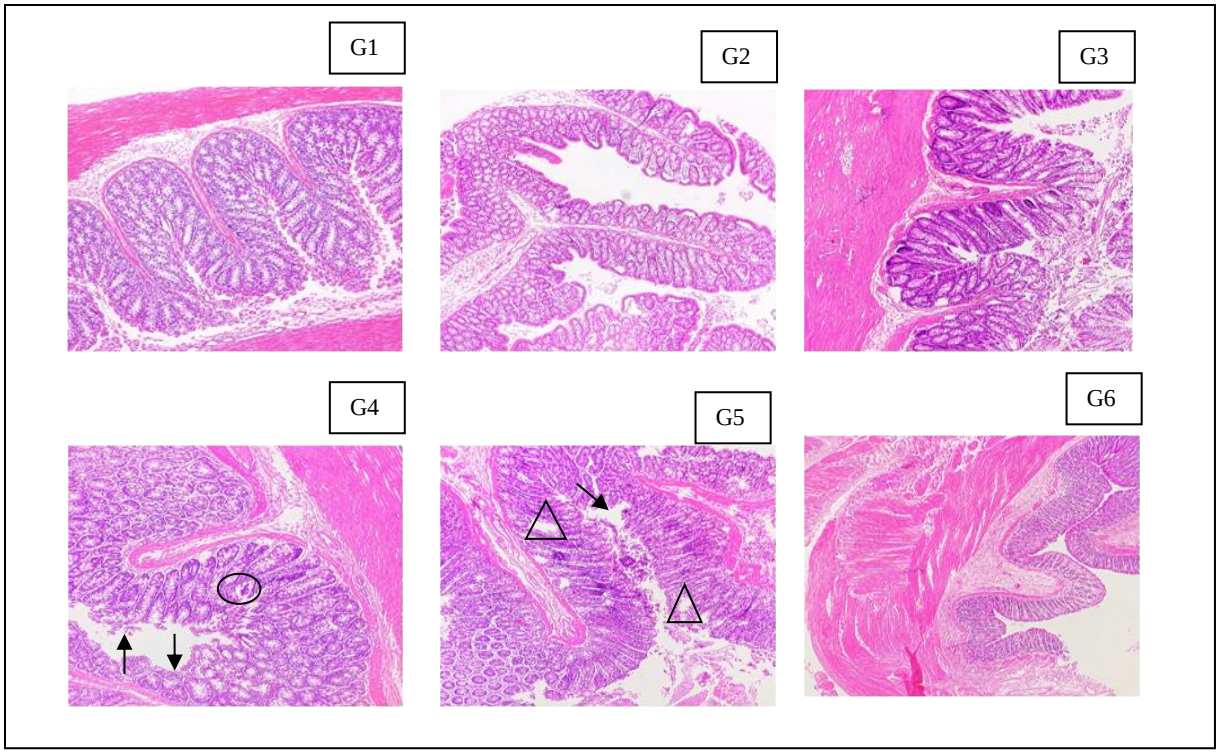


Figure (44) : Coupes histologiques du gros intestin des rats témoins et des rats traités après 10 jours de traitement (photos originales, 2026 ; grossissement ×10).

Chapitre IV : Discussion

Cette étude vise principalement à déterminer le potentiel antioxydant et anti-inflammatoire de l'extrait éthanolique de deux plantes, *Equisetum arvense* et *Verbascum sinuatum*, ainsi que l'activité anti-inflammatoire in vivo de *Verbascum sinuatum* chez des rats mâles Wistar, soumis à une colite aiguë induite expérimentalement par l'administration intra-rectale d'acide acétique.

L'analyse phytochimique des extraits éthanoliques d'*Equisetum arvense* et *Verbascum sinuatum* a révélé la présence de quantités importantes de composés phénoliques et flavonoïdiques dans les deux espèces. Toutefois, des différences quantitatives ont été observées entre elles. En effet, *Verbascum sinuatum* a présenté une teneur plus élevée en polyphénols totaux (77,055 ± 0,056 µg EAG/mg d'extrait sec) que celle d*'Equisetum arvense* (48,08 ± 0,306 µg EAG/mg). À l'inverse, *Equisetum arvense* s'est distinguée par une teneur plus élevée en flavonoïdes (45,691 ± 0,216 µg EQ/mg) comparativement à *Verbascum sinuatum* (32,240 ± 0,216 µg EQ/mg).

Ces résultats confirment que les deux espèces constituent des sources importantes de métabolites secondaires bioactifs. La richesse d'*Equisetum arvense* en flavonoïdes est cohérente avec les travaux de George Owusu et al. (2020) et de Badole et Kotwal (2017), qui ont rapporté des teneurs élevées en flavonoïdes et en acides phénoliques chez les espèces du genre *Equisetum*. De plus**,** Koohi-Hosseinabadi et al. (2025) ont identifié dans *E. arvense* plusieurs flavonoïdes, notamment le kaempférol, reconnu pour ses propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires grâce à sa capacité à inhiber la formation des espèces réactives de l'oxygène (ROS).

Par ailleurs, la teneur élevée en polyphénols observée chez *Verbascum sinuatum* pourrait être liée à la présence de flavones telles que la lutéoline, l'apigénine et leurs dérivés glycosylés, ainsi qu'à divers acides phénoliques décrits chez les espèces du genre Verbascum **(**Liu et al.,2009 ; Mousavi et al., 2015 ; Papoutsi et al., 2006). Ces résultats concordent avec ceux de Tatlı et al. (2006) et de Senatore et al. (2007), qui ont rapporté une richesse importante de *V. sinuatum* en composés phénoliques bioactifs. Les différences observées entre les deux espèces peuvent également être influencées par les facteurs génétiques, les conditions environnementales et les méthodes d'extraction utilisées (Rice-Evans et al., 1996 ; Scalbert et al., 2005 ; Guesmi et al., 2022).

L'évaluation de l'activité antioxydante a montré que les deux extraits possèdent une capacité de piégeage des radicaux libres, mais avec des efficacités différentes. La vitamine C, utilisée comme référence, a présenté la meilleure activité avec une IC50 de 18,4 µg/Ml, confirmant son puissant pouvoir antioxydant (Blois, 1958).

Parmi les extraits végétaux, *Verbascum sinuatum* a montré l'activité antioxydante la plus élevée avec une IC50 de 36,9 µg/Ml, alors qu'*Equisetum arvense* a présenté une IC50 de 105,7 µg/Ml. Étant donné qu'une faible valeur d'IC50 traduit une activité antioxydante plus importante, ces résultats indiquent que *V. sinuatum* possède un pouvoir antioxydant nettement supérieur à celui de *E. arvense*.

Cette différence pourrait être attribuée à sa teneur plus élevée en polyphénols totaux, composés connus pour leur capacité à neutraliser les radicaux libres, à inhiber la peroxydation lipidique et à chélater les ions métalliques pro-oxydants (Kherbache, 2023). Les résultats obtenus pour *Verbascum sinuatum* sont comparables à ceux rapportés par Hacıoğlu et al. (2021), qui ont observé des valeurs d'IC50 comprises entre 21 et 44 µg/Ml selon le type

d'extrait étudié. De même, Akdemir et al. (2003) ont confirmé l'existence d'une activité antioxydante significative chez plusieurs espèces du genre *Verbascum*.

Concernant *Equisetum arvense*, l'activité antioxydante plus modérée observée dans cette étude reste cohérente avec les résultats de Mimica-Dukić et al. (2008), qui ont montré que le potentiel antioxydant de cette espèce dépend fortement de sa composition phytochimique et des conditions d'extraction. Ainsi, bien que *E. arvense* soit plus riche en flavonoïdes, la nature et la concentration globale des composés phénoliques présents dans *V. sinuatum* semblent lui conférer une meilleure efficacité antioxydante.

L'activité anti-inflammatoire a été évaluée par le test de stabilisation de la membrane érythrocytaire humaine, largement utilisé comme modèle des membranes lysosomales. La protection de ces membranes reflète la capacité des extraits à limiter la libération des médiateurs impliqués dans le processus inflammatoire (Ghosh & Geahlen., 2015).

Le diclofénac sodique, utilisé comme référence, a présenté la meilleure activité avec une IC50 de 32 µg/Ml. Cette efficacité est attribuée à son mécanisme d'action reposant sur l'inhibition des cyclooxygénases (COX) et la réduction de la synthèse des prostaglandines pro-inflammatoires (Kherbache et al., 2020).

Parmi les extraits étudiés, *Verbascum sinuatum* a montré l'activité anti-inflammatoire la plus importante avec une IC50 de 49 µg/Ml, valeur relativement proche de celle du diclofénac. En revanche, *Equisetum arvense* a présenté une activité plus faible avec une IC50 de 133 µg/Ml. Cette différence met en évidence une meilleure capacité de *V. sinuatum* à stabiliser les membranes cellulaires et à prévenir les phénomènes inflammatoires.

La forte activité observée chez *Verbascum sinuatum* pourrait être liée à sa richesse en polyphénols et en flavones bioactives, notamment la lutéoline et l'apigénine, connues pour leur capacité à inhiber les médiateurs de l'inflammation et à protéger les membranes biologiques contre les dommages oxydatifs (Çalış et al., 2002 ; Kahraman et al., 2012 ; Alipieva et al., 2014). Quant à *Equisetum arvense,* son activité plus modérée pourrait être attribuée à une composition qualitative différente en métabolites secondaires et à une moindre concentration de certains composés anti-inflammatoires actifs (Manach, 2004).

Dans l'ensemble, la comparaison des résultats montre que *Verbascum sinuatum* présente les activités antioxydante et anti-inflammatoire les plus élevées parmi les deux espèces étudiées. Cette supériorité semble étroitement liée à sa forte teneur en composés phénoliques bioactifs, suggérant une relation directe entre la composition phytochimique et les effets biologiques observés. Ces résultats justifient ainsi la sélection de *Verbascum sinuatum* pour l'évaluation **in vivo** de son effet protecteur dans le modèle expérimental de colite induite chez le rat.

Les résultats obtenus montrent que l'induction de la colite par l'acide acétique a entraîné une augmentation significative de la glycémie chez les rats du groupe inflammatoire (G4), aussi bien au 3^{e} qu'au 10^{e} jour de l'expérimentation. Cette hyperglycémie traduit les perturbations métaboliques associées à l'état inflammatoire aigu et concorde avec les observations de Mustafa et al. (2010) et de Boyer et al. (2016), qui ont rapporté qu'une inflammation importante s'accompagne fréquemment d'une altération de l'homéostasie glucidique. Cette réponse pourrait être attribuée à l'activation de l'axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien sous l'effet du stress inflammatoire, conduisant à une augmentation de la sécrétion des hormones hyperglycémiantes, notamment le glucagon et les glucocorticoïdes, ainsi qu'à une diminution

de la sensibilité à l'insuline. Ces modifications favorisent la production hépatique de glucose et contribuent au maintien d'un état d'hyperglycémie (Eraslan et al., 2007 ; Pourramzanzadeh Saraei et al., 2013).

La comparaison des groupes expérimentaux montre toutefois que l'administration de l'extrait de *Verbascum sinuatum* exerce un effet correcteur sur cette perturbation métabolique.

En effet, chez les rats du groupe G5 (acide acétique + extrait), une diminution progressive de la glycémie a été observée entre le 3e et le 10e jour de traitement, les valeurs tendant progressivement vers celles du groupe témoin. Cette amélioration suggère un effet hypoglycémiant dépendant de la durée du traitement. Cet effet pourrait être lié à la richesse de *Verbascum sinuatum* en composés phénoliques et flavonoïdiques, connus pour leurs propriétés antioxydantes capables de limiter les dommages oxydatifs induits par l'inflammation et d'améliorer la sensibilité des tissus périphériques à l'insuline **(**Takeshi et al., 2005 ; Sinha, 2012). La réduction du stress oxydatif pourrait ainsi contribuer à la restauration progressive du métabolisme glucidique et à la normalisation de la glycémie.

Par ailleurs, l'absence de variation significative de la glycémie dans les groupes recevant uniquement l'extrait de *Verbascum sinuatum* (G2) ou le diclofénac (G3) par rapport au groupe témoin (G1) indique que ces traitements n'affectent pas le métabolisme glucidique chez les animaux sains. Cette stabilité témoigne de l'absence d'effet hyperglycémiant ou hypoglycémiant en conditions physiologiques et suggère que l'action de l'extrait se manifeste principalement dans un contexte pathologique caractérisé par un déséquilibre métabolique induit par l'inflammation.

L'analyse de la ferritine et de la vitesse de sédimentation (VS) met également en évidence l'impact de l'inflammation induite par l'acide acétique. Les rats du groupe G4 ont présenté une augmentation marquée de ces deux paramètres, particulièrement au 3e jour, traduisant l'installation d'une réponse inflammatoire aiguë systémique. Cette élévation simultanée est cohérente avec le rôle de la ferritine comme protéine de phase aiguë dont la synthèse est stimulée par les cytokines pro-inflammatoires, notamment l'IL-6, l'IL-1β et le TNF-α. Selon Liao et al. (2025), l'augmentation de ces médiateurs favorise la production hépatique de ferritine, laquelle constitue non seulement un marqueur biologique de l'inflammation mais participe également aux mécanismes de défense cellulaire face au stress oxydatif. De manière parallèle, l'augmentation de la VS reflète l'élévation des protéines plasmatiques de phase aiguë, en particulier le fibrinogène, qui modifient les propriétés des érythrocytes et accélèrent leur sédimentation.

L'effet anti-inflammatoire de *Verbascum sinuatum* apparaît clairement à travers l'évolution de ces deux paramètres chez les animaux du groupe G5. En effet, l'administration de l'extrait a induit une diminution progressive de la ferritine et de la VS, particulièrement après 10 jours de traitement, indiquant une atténuation de l'état inflammatoire provoqué par l'acide acétique. Cette amélioration peut être attribuée à la richesse de l'espèce en composés phénoliques et flavonoïdiques dotés d'activités antioxydantes et anti-inflammatoires. Ces métabolites sont capables de réduire la production des cytokines pro-inflammatoires et, par conséquent, de limiter la synthèse des protéines de phase aiguë impliquées dans la réponse inflammatoire systémique. Ces observations sont en accord avec les travaux de Tatlı et Akdemir (2006) ainsi que de Küçük et al. (2016), qui ont rapporté chez les espèces du genre *Verbascum* diverses propriétés pharmacologiques, notamment des activités antioxydantes, anti-inflammatoires et immunomodulatrices.

En outre, la stabilité des valeurs de ferritine et de VS observée dans le groupe traité uniquement par l'extrait de *Verbascum sinuatum* (G2) confirme l'innocuité de ce traitement en conditions physiologiques. L'absence de différence significative par rapport au groupe témoin suggère que l'extrait ne perturbe ni le métabolisme du fer ni les mécanismes régulant la réponse inflammatoire systémique. Cette observation renforce l'hypothèse selon laquelle l'action de *Verbascum sinuatum* est principalement modulatrice, intervenant surtout en présence d'un processus inflammatoire actif plutôt qu'en modifiant les paramètres physiologiques normaux.

Dans l'ensemble, l'évolution parallèle de la glycémie, de la ferritine et de la VS montre que l'induction de la colite par l'acide acétique s'accompagne de perturbations métaboliques et inflammatoires importantes, tandis que le traitement par *Verbascum sinuatum* permet une amélioration progressive de ces paramètres. Ces résultats confirment le potentiel anti-inflammatoire et antioxydant de cette espèce et suggèrent son intérêt dans la prévention ou l'atténuation des conséquences systémiques associées aux états inflammatoires aigus.

Les résultats hématologiques obtenus montrent que l'induction de la colite par l'acide acétique a profondément perturbé l'homéostasie sanguine des animaux du groupe G4. Cette perturbation s'est traduite par une diminution significative du nombre de globules rouges (GR), du taux d'hémoglobine (HGB), de l'hématocrite (HCT) et du volume globulaire moyen (VGM), indiquant l'installation d'un état anémique associé au processus inflammatoire. Cette anémie peut être attribuée à l'effet pro-oxydant de l'acide acétique, responsable d'une production excessive d'espèces réactives de l'oxygène capables d'altérer les membranes érythrocytaires, de favoriser leur hémolyse et de compromettre l'érythropoïèse (Halliwell & Gutteridge, 2015 ; Valko et al., 2007). Les diminutions concomitantes de l'hémoglobine, de l'hématocrite et du VGM reflètent ainsi une altération globale de la lignée érythrocytaire, fréquemment observée dans les états inflammatoires chroniques et les lésions intestinales sévères (Roy, 2010).

Parallèlement, les animaux du groupe G4 ont présenté une diminution du nombre de plaquettes, suggérant une consommation accrue de ces cellules au cours de la réponse inflammatoire. En effet, les plaquettes jouent un rôle actif dans les phénomènes inflammatoires en interagissant avec les leucocytes et l'endothélium vasculaire, tout en participant à la libération de nombreux médiateurs pro-inflammatoires. Leur recrutement au niveau des tissus lésés et leur activation locale peuvent ainsi conduire à une thrombopénie relative observée dans plusieurs modèles de colite expérimentale (Semple et al., 2011 ; Stokes & Granger, 2012 ; Yao et al., 2019).

À l'inverse, le traitement par l'extrait de *Verbascum sinuatum* a permis une amélioration significative de ces paramètres. Chez les animaux du groupe G5, les valeurs des GR, de l'hémoglobine, de l'hématocrite, du VGM et des plaquettes se sont progressivement rapprochées de celles du groupe témoin, témoignant d'un effet protecteur contre les altérations hématologiques induites par l'acide acétique. Cette amélioration pourrait être liée à la richesse de *Verbascum sinuatum* en polyphénols, flavonoïdes et autres métabolites secondaires dotés de propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires. En réduisant le stress oxydatif et l'intensité de la réponse inflammatoire, ces composés contribueraient à préserver l'intégrité des membranes cellulaires, à limiter l'hémolyse et à favoriser le rétablissement des fonctions hématopoïétiques (Yang et al., 2018). Par ailleurs, l'absence de variation significative observée dans le groupe G2 traité uniquement par l'extrait confirme l'innocuité de *Verbascum sinuatum* vis-à-vis des paramètres hématologiques en conditions physiologiques.

Concernant les globules blancs (GB), l'administration d'acide acétique a provoqué une

leucocytose importante au troisième jour, traduisant l'activation d'une réponse inflammatoire aiguë. Cette augmentation est cohérente avec les mécanismes physiopathologiques de la colite expérimentale, caractérisés par une production accrue de cytokines pro-inflammatoires telles que l'IL-1β et le TNF-α, qui stimulent la moelle osseuse et favorisent la mobilisation des leucocytes vers les sites de lésions tissulaires (Nathan et al., 2006). Bien qu'une diminution partielle du nombre de globules blancs ait été observée après dix jours, les valeurs sont demeurées supérieures à celles des animaux témoins, indiquant la persistance d'un processus inflammatoire résiduel.

Le traitement par *Verbascum sinuatum* a cependant réduit significativement cette leucocytose par rapport au groupe recevant uniquement l'acide acétique. Cette diminution témoigne d'une atténuation de la réponse inflammatoire et pourrait être attribuée à l'action des composés phénoliques et flavonoïdiques de l'extrait, capables de moduler la production des cytokines et de limiter le recrutement des cellules inflammatoires. Néanmoins, les valeurs restant légèrement supérieures à celles du groupe témoin suggèrent qu'une réparation tissulaire complète n'avait pas encore été atteinte après dix jours de traitement.

Les observations histopathologiques viennent confirmer les résultats biologiques et hématologiques obtenus. Les groupes G1, G2 et G3 ont présenté une architecture colique normale, caractérisée par une muqueuse intacte, des cryptes de Lieberkühn bien organisées et l'absence d'infiltration inflammatoire significative. Ces observations confirment que l'extrait de *Verbascum sinuatum* n'induit aucune altération histologique de la muqueuse colique, ce qui concorde avec les données rapportées dans la littérature concernant l'innocuité des extraits riches en composés phénoliques (Ghosh et al., 2015).

En revanche, le groupe G4 a présenté des lésions coliques sévères caractérisées par une désorganisation importante de la muqueuse, une destruction partielle des cryptes, des ulcérations étendues ainsi qu'une infiltration massive de cellules inflammatoires au niveau de la muqueuse et de la sous-muqueuse. Ces altérations sont typiques du modèle de colite induite par l'acide acétique et résultent de l'acidification intracellulaire, du stress oxydatif et de la production excessive de médiateurs inflammatoires (Simkin et al., 2000 ; Kolgazi et al., 2013 ; Ashry et al., 2016 ; Souza et al., 2016). Elles reproduisent plusieurs caractéristiques histologiques observées dans les maladies inflammatoires chroniques de l'intestin, notamment la rectocolite hémorragique (Minaiyan et al., 2006).

L'administration de *Verbascum sinuatum* (G5) a permis une amélioration notable de ces lésions, avec une meilleure organisation des cryptes coliques, une diminution de l'infiltration inflammatoire et une restauration partielle de l'intégrité de la muqueuse. Cette amélioration apparaît plus marquée que celle observée dans le groupe traité par le diclofénac (G6), suggérant une efficacité importante de l'extrait végétal dans ce modèle expérimental. Cet effet protecteur pourrait être attribué à l'action synergique de ses composés bioactifs, qui réduisent simultanément le stress oxydatif et la réponse inflammatoire, créant ainsi des conditions favorables à la régénération tissulaire. Après dix jours de traitement, cette tendance s'est confirmée par une restauration plus avancée de l'architecture colique chez les animaux du groupe G5, bien que certaines lésions résiduelles persistent encore, indiquant que le processus de réparation tissulaire n'était pas totalement achevé.

Dans l'ensemble, les résultats hématologiques et histopathologiques convergent pour démontrer que l'acide acétique induit un état inflammatoire sévère associé à une anémie inflammatoire, une leucocytose, des perturbations plaquettaires et des lésions coliques

importantes. À l'inverse, le traitement par *Verbascum sinuatum* atténue significativement ces altérations et favorise la récupération tissulaire, confirmant ainsi son potentiel anti-inflammatoire et antioxydant mis en évidence lors des essais **in vitro**.

Conclusion et Perspectives

Conclusion et Perspectives

De nos jours, les plantes aromatiques et médicinales suscitent un intérêt croissant en raison de leur richesse en composés bioactifs et de leurs nombreuses applications dans les domaines de la médecine et de la pharmacie. Cet engouement s'explique notamment par la recherche de solutions thérapeutiques naturelles capables de compléter ou de remplacer certains traitements conventionnels, souvent associés à des effets indésirables.

Dans ce contexte, la présente étude a porté sur l'évaluation des propriétés phytochimiques ainsi que des activités antioxydantes et anti-inflammatoires des extraits bruts *d'Equisetum arvense* et *Verbascum sinuatum*. Les résultats d'extraction ont révélé des rendements variables entre les deux espèces étudiées. L'analyse phytochimique a mis en évidence des teneurs importantes en composés phénoliques et en flavonoïdes, connus pour leur implication dans de nombreuses activités biologiques. Cette richesse en métabolites secondaires pourrait expliquer, en grande partie, les effets biologiques observés.

L'évaluation de l'activité antioxydante *in vitro* a montré une capacité significative de piégeage des radicaux libres pour les deux extraits, avec une activité plus prononcée chez *Verbascum sinuatum*, qui a présenté une valeur d'IC50 de 36,8 µg/mL. De même, l'étude de l'activité anti-inflammatoire a confirmé la supériorité de cet extrait, avec une IC50 de 49 µg/mL contre 133 µg/mL pour *Equisetum arvense*.

Par ailleurs, l'étude *in vivo* réalisée chez le rat a démontré un effet protecteur de l'extrait végétal face aux perturbations induites par l'acide acétique. Après trois jours de traitement, une amélioration significative des paramètres biologiques altérés a été observée, notamment au niveau de la glycémie, de la ferritine, de la vitesse de sédimentation et des paramètres hématologiques. Cette amélioration s'est davantage accentuée après dix jours de traitement, particulièrement chez les animaux ayant reçu l'extrait de *Verbascum sinuatum*, qui a montré une meilleure efficacité dans la régulation des paramètres physiologiques étudiés.

En conclusion, les résultats obtenus confirment qu'*Equisetum arvense* et *Verbascum sinuatum* représentent des sources naturelles prometteuses de molécules bioactives à fort potentiel pharmacologique. Leur richesse en composés phénoliques et flavonoïdiques, associée à leurs propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires, soutient leur intérêt potentiel dans la prévention et la prise en charge des pathologies associées au stress oxydatif et aux processus inflammatoires.

- **Perspectives futures**

Les travaux futurs devraient s'orienter vers l'isolement, l'identification et la caractérisation structurale des molécules responsables des activités biologiques observées. Il serait également nécessaire d'approfondir l'étude des mécanismes moléculaires impliqués dans leurs effets antioxydants et anti-inflammatoires afin de mieux comprendre leurs modes d'action. Par ailleurs, l'évaluation de la toxicité aiguë, subchronique et chronique des extraits demeure indispensable pour garantir leur innocuité. L'optimisation des procédés d'extraction, des doses thérapeutiques et des formes galéniques pourrait également contribuer à améliorer leur efficacité. Enfin, la réalisation d'études précliniques approfondies et d'essais cliniques contrôlés permettra de confirmer leur sécurité d'emploi et leur potentiel thérapeutique chez l'Homme, ouvrant ainsi la voie au développement de nouveaux phytomédicaments ou nutraceutiques d'origine naturelle.

Références bibliographies

Références bibliographiques

A

1. Akdemir, Z., et al. (2003). Antioxidant activity of Verbascum thapsus extracts. Phytotherapy Research.

2. Alenzi, F. Q., Alanazi, F. G. B., Al-Faim, A. D., Al-Rabea, M. W., Tamimi, W., Tarakji, B., Kujan, O., Al-Jabri, A., & Wyse, R. K. H. (2013). The role of eosinophils in asthma. Health, 5(2), 339–343.

3. Ashry, E. E., Abdellatief, R. B., Mohamed, A. E., & Kotb, H. I. (2016). Protective effect of ketamine against acetic acid-induced ulcerative colitis in rats. Pharmacology & Pharmacy, 7(1), 9.

B

4. Badole, S., & Kotwal, S. (2017). Evaluation of proximate composition, free radical scavenging activity, and phytochemical analysis of Equisetum arvense L. extracts. Indian Journal of Natural Products and Resources, 8(2), 146–150.

5. Banchereau, J., Briere, F., Caux, C., Davoust, J., Lebecque, S., Liu, Y. J., Pulendran, B., & Palucka, K. (2000). Immunobiology of dendritic cells. Annual Review of Immunology, 18, 767–811.

6. Bannwarth, B. (2005). Traitements anti-inflammatoires. Place des AINS classiques et des COX-2. EMC-Médecine, 2(5), 524–531.

7. Barnes, P. J. (1998). Anti-inflammatory actions of glucocorticoids: Molecular mechanisms. Clinical Science, 94, 557–572.

8. Barnig, C. (2016). Médiateurs lipidiques pro-résolvants dans l'inflammation allergique. Revue Française d'Allergologie, 56, 38–42.

9. Belmassous, N. (2017). Étude phytochimique comparative des trois plantes connues antidiabétiques issues de la région de Batna (Mémoire de master, Université Mohamed Khider de Biskra).

10. Berkenhout, J. (1769). Outlines of the natural history of Great Britain and Ireland (Vol. 1). P. Elmsly.

11. Blois, M. S. (1958). Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. Nature, 181, 1199–1200.

12. Boumendjel, A., Stoing Taiwe, G., Ngo Bun, E., Chabrol, T., Beney, C., Sinniger, V., Haudecoeur, R., Marcourt, L., Challal, S., Ferreira Queiroz, E., Souard, F., Le Borgne, M.,

Lomberget, T., Depaulis, A., Lavaud, C., Robin, P., Wolffender, J. L., Bonaz, B., & De Waard, M. (2013). Occurrence of the synthetic analgesic tramadol in an African medicinal plant. Angewandte Chemie International Edition, 52(45), 11780–11784.

13. Bourkhiss, M., Hnach, M., Paolini, J., Costa, J., Farah, A., & Satrani, B. (2010). Propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires des huiles essentielles des différentes parties de Tetraclinis articulata (Vahl) Masters du Maroc. Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège, 79, 141–154.

14. Boyer, F. (2016). Stress oxydant et pathologie diabétique : Impact de l'hyperglycémie et de l'albumine glyquée sur les cellules cardiaques et adipeuses (Thèse de doctorat, Université de La Réunion). http://www.theses.fr/2016LARE0003.

15. Bruneton, J. (1999). Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales (3e éd.). TEC & DOC.

C

16. Campbell, J. J., Hedrick, J., Zlotnik, A., Siani, M. A., Thompson, D. A., & Butcher, E. C. (1998). Chemokines and the arrest of lymphocytes rolling under flow conditions. Science, 279(5349), 381–384.

17. Cavaillon, J. (1993). Cytokines et inflammation. Veterinary Research, 24(4), 368–369.

18. Chobanian, A. V. (1990). Anti-atherogenic effect of captopril in the Watanabe heritable hyperlipidemic rabbit. Hypertension, 12, 327–331.

19. Cynober, L. (2000). Médiateurs de l'inflammation : Contrôle par les nutriments azotés. Nutrition Clinique et Métabolisme, 14, 194–200.

D

20. Danton, O. (2017). Extraction des substances naturelles antalgiques à partir des plantes utilisées dans la pharmacopée traditionnelle au Mali (Thèse de doctorat, Université Clermont Auvergne).

21. De Franco, A. L., Robertson, M., & Locksley, R. M. (2009). Immunité : La réponse immunitaire dans les maladies infectieuses et inflammatoires (Chap. 3, p. 83). De Boeck.

22. Djeridane, A., Yous, M., Nadjemi, B., Boutassouna, D., Stocker, P., & Vidal, N. (2006). Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. Food Chemistry, 97, 654–660.

23. Duwiejua, M., Zeitlin, L. J., Waterman, P. G., Chapman, J., Mhango, G. J., & Provan, G. J. (1993). Anti-inflammatory activity of resins from some species of the plant family

Burseraceae. Planta Medica, 59(1), 12–16.

E

24. Espinosa, E., & Chillet, P. (2006). Immunologie (Chap. 6, pp. 107–127). Ellipses Éditions Marketing.

F

25. Flamme, I., & Risau, W. (1992). Induction of vasculogenesis and hematopoiesis in vitro. Development, 116(2), 435–439.

G

26. Galli, S. J. (1993). New concepts about the mast cell. The New England Journal of Medicine, 328(4), 257–265.

27. Genetet, N. (1997). Immunologie (36e éd., Chap. 6, pp. 221–230).

28. Ghosh, S., Saha, K., Dasgupta, S., & Gomes, A. (2015). In vitro and in vivo anti-arthritic and anti-inflammatory activity of Bungarus fasciatus venom. Journal of Toxins, 2(1), 5–8.

29. Guesmi, A., & Atmani, D. (2009). Influence of edaphic and climatic factors on phenolic compounds and antioxidant activity of medicinal plants. Food Chemistry, 114(3), 1096–1104.

H

30. Hantson, P. (2002). Efficacité et sécurité de l'association paracétamol-codéine dans le traitement de la douleur. Revue Médicale de Liège, 57(10), 645–650.

31. Hongzhi, D., Xiaoying, H., Yujie, G., Le, C., Yuhuan, M., Dahui, L., & Luqi, H. (2022). Classic mechanisms and experimental models for the inflammatory effect of traditional Chinese medicine (pp. 108–119).

32. Hoyles, R. K., Derrett-Smith, E. C., Khan, K., Shiwen, X., Howat, S. L., Wells, A. U., Abraham, D. J., & Denton, C. P. (2011). An essential role for resident fibroblasts in experimental lung fibrosis is defined by lineage-specific deletion of high-affinity type II transforming growth factor beta receptor. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, 183(2), 249–261.

K

33. Karasuyama, H., Mukai, K., Obata, K., Tsujimura, Y., & Wada, T. (2011). Nonredundant roles of basophils in immunity. Annual Review of Immunology, 29, 45–69.

34. Khan, K. M., Scott, A., Cook, J. L., & Duronio, V. (2004). What is "inflammation"? Are

we ready to move beyond Celsus? British Journal of Sports Medicine, 38(3), 248–249.

35. Khanna, R., Bhadoriya, K., Tripathi, Y. C., & Varshney, V. K. (2023). In vitro and in vivo anti-inflammatory activity of Cupressus torulosa D. Don needles extract and its chemical characterization. Journal of Ethnopharmacology, 314, Article 116578.

36. Kherbache, A., Senator, A., Laouicha, S., Al-Zoubi, R. M., & Bouriche, H. (2020). Phytochemical analysis, antioxidant and anti-inflammatory activities of Helichrysum stoechas (L.) Moench extracts. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 29, Article 101826. https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101826

37. Khoyratty, T. E., Ai, Z., Ballesteros, I., Eames, H. L., & Mathie, S. (2022). Distinct transcription factor networks control neutrophil-driven inflammation. Nature Reviews Immunology, 22, 1093–1106.

38. Kolgazi, M., Uslu, U., Yüksel, M., Velioğlu-Öğünç, A., Ercan, F., & Alican, I. (2013). The role of the cholinergic anti-inflammatory pathway in acetic acid-induced colonic inflammation in the rat. Chemico-Biological Interactions, 205(1), 72–80.

39. Koohi-Hosseinabadi, O., Koohpeyma, F., Safarpour, A. R., Nematollahy, P., Kazemi, M., Shahriarirad, R., Tanideh, R., Mojahedtaghi, M., Ghaemmaghami, P., Iraji, A., Goudarzi, K., & Tanideh, N. (2025). Antioxidant and anti-inflammatory effects of Equisetum arvense L. on acetic acid-induced ulcerative colitis in rats. Scientific Reports, 15(1), Article 13727. https://doi.org/10.1038/s41598-025-97693-x

40. Kouadio Kouakou, J., Ouattara-Soro, F., Abizi, G. S., Zougrou N'Guessan, E., Kouakou Koffi, R., Begbin Kouassi, E., Kangah, M. K. T., Kablan Kassi, J. J., & Koffi, S. (2021). Activité anti-inflammatoire et études phytochimiques de l'extrait aqueux des écorces de Distemonanthus benthamianus Baill. European Scientific Journal, 17(7), 74–93.

41. Küçük, S., Kapakin, S., & Göktaş, Y. (2016). Learning anatomy via mobile augmented reality: Effects on achievement and cognitive load. Anatomical Sciences Education, 9(5), 411–421. https://doi.org/10.1002/ase.1611

42. Kumar, V., Abbas, A. K., & Aster, J. C. (2020). Inflammation and repair. In Robbins and Cotran Pathologic Basis of Disease (pp. 57–96). Elsevier.

L

43. Lagnika, L. (2005). Étude phytochimique et activité antipaludique de substances naturelles issues de plantes béninoises (Thèse de doctorat, Université Louis Pasteur de Strasbourg / Université d'Abomey-Calavi).

44. Li, X., Xia, T., Meng, H., & Liu, X. (2023). Design of nanoformulation of specialized

proresolving mediators to facilitate inflammation resolution and disease treatment. Nano Today, 52, Article 101978.

45. Liao, Y., et al. (2025). Human papillomavirus infection is associated with an increased risk of glaucoma: Evidence from an electronic health record study. Ophthalmology, 132(6), 1161–1168.

46. Liu, Y. J., Kanzler, H., Soumelis, V., & Gilliet, M. (2001). Dendritic cell lineage, plasticity and cross-regulation. Nature Immunology, 2(7), 585–589.

47. Liu, R., Gao, M., Qiang, G. F., Zhang, T. T., Lan, X., Ying, J., & Du, G. H. (2009). The anti-amnesic effects of luteolin against amyloid-β25–35 peptide-induced toxicity in mice involve the protection of the neurovascular unit. Neuroscience, 162(4), 1232–1243. https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2009.05.003.

M

48. Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Rémésy, C., & Jiménez, L. (2004). Polyphenols: Food sources and bioavailability. The American Journal of Clinical Nutrition, 79(5), 727–747. https://doi.org/10.1093/ajcn/79.5.727

49. Mannion, B. A., Weiss, J., & Elsbach, P. (1990). Separation of sublethal and lethal effects of polymorphonuclear leukocytes on Escherichia coli. Journal of Clinical Investigation, 86(2), 631–641.

50. Medzhitov, R. (2008). Origin and physiological roles of inflammation. Nature, 454(7203), 428–435.

51. Mekaj, Y. H. (2016). The roles of platelets in inflammation, immunity, wound healing and malignancy. International Journal of Clinical and Experimental Medicine, 9(3), 5347–5358.

52. Metcalfe, D. D., Baram, D., & Mekori, Y. A. (1997). Mast cells. Physiological Reviews, 77(4), 1033–1079.

53. Miara, M. D., Brinis, L., & Rebbas, K. (2013). Contribution à la connaissance de la flore médicinale de la région de Tiaret (Algérie occidentale). Phytothérapie, 11(5), 312–321.

54. Mimica-Dukić, N., Božin, B., Soković, M., Mihajlović, B., & Matavulj, M. (2008). Antimicrobial and antioxidant activities of Equisetum arvense L. extracts. Industrial Crops and Products, 28(1), 89–95.

55. Minaiyan, M., Ghannadi, A., & Karimzadeh, A. (2006). Anti-ulcerogenic effect of ginger (Zingiber officinale Roscoe rhizome) on cysteamine-induced duodenal ulcer in rats. DARU Journal of Pharmaceutical Sciences, 14(2), 97–101.

56. Mustafa, R. A., Hamid, A. A., Mohamed, S., & Bakar, F. A. (2010). Total phenolic

compounds, flavonoids, and radical scavenging activity of 21 selected tropical plants. Journal of Food Science, 75(1), C28–C35. https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01401.x

57. Muster, D. (2005). Médicaments de l'inflammation. Elsevier.

N

58. Nathan, C. (2006). Neutrophils and immunity: Challenges and opportunities. Nature Reviews Immunology, 6(3), 173–182. https://doi.org/10.1038/nri1785

59. Ndiaye, M., Sy, G., Dièye, A., Touré, M., & Faye, B. (2006). Évaluation de l'activité anti-inflammatoire des feuilles d'Annona reticulata (Annonaceae) sur l'œdème aigu de la patte de rat induit par la carraghénine. Journal de Pharmacie et de Médecine Traditionnelle Africaine, 14, 179–186.

O

60. Orliaguet, G., Gall, O., & Benabesses-Lambert, F. (2013). Nouveautés concernant les anti-inflammatoires stéroïdiens et non stéroïdiens. Le Praticien en Anesthésie-Réanimation, 17, 228–237.

P

61. Papoutsi, Z., Kassi, E., Mitakou, S., Aligiannis, N., Tsiapara, A., & Chrousos, G. P. (2006). Acteoside and martynoside exhibit estrogenic/antiestrogenic properties. Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology, 98, 63–71.

Q

62. Queneau, P., Froudarakis, M., Salvador, M., Villani, P., & Vital-Durand, D. (2004). Automédication concernant les antalgiques. In P. Queneau & G. Ostermann (Eds.), Le médecin, le malade et la douleur (pp. 389–398). Masson.

R

63. Raymondjean, M. (2007). Les mécanismes de l'inflammation périphérique. Revue Francophone des Laboratoires, 389, 21–28.

64. Revillard, J. P. (2001). Immunologie (4e éd.). De Boeck.

65. Rice-Evans, C. A., Miller, N. J., & Paganga, G. (1996). Structure–antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. Free Radical Biology and Medicine, 20(7), 933–956.

66. Robbins, S. P. (2003). Comportement organisationnel : Concepts, controverses et

applications (5e éd.). Prentice Hall International.

67. Rousselet, M. C., Vignaud, J. M., Hofman, P., & Châtelet, F. P. (2005). Inflammation et pathologie inflammatoire. Chapitre 3, pp. 1–58.

68. Roy, A. D., Litvak, E., & Paccaud, F. (2010). Des réseaux responsables de leur population : Moderniser la gestion et la gouvernance en santé. Le Point en administration de la santé et des services sociaux.

S

69. Sanchez-Moreno, C. (2002). Methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods and biological systems. International Journal of Food Science and Technology, 8, 121–137.

70. Sanogo, R. (2006). Développement, Environnement et Santé : Rôle des plantes médicinales en médecine traditionnelle. Dans la 10e Université d'été de l'IEPE et du SIFEE (pp. 1–53).

71. Saraei, A., et al. (2013). Design and evaluate alginate nanoparticles as a protein delivery system. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/287281195_Design_and_evaluate_alginate_nanoparticles_as_a_protein_delivery_system.

72. Scalbert, A., Johnson, I. T., & Saltmarsh, M. (2005). Polyphenols: Antioxidants and beyond. The American Journal of Clinical Nutrition, 81(1), 215S–217S.

73. Semple, J. W., Italiano, J. E., & Freedman, J. (2011). Platelets and the immune continuum. Blood, 117(20), 5570–5578. https://doi.org/10.1182/blood-2010-09-265645

74. Sène, M., Ndiaye, M., Barboza, F. S., Diatta, W., Sarr, A., et al. (2016). Activité anti-inflammatoire de l'extrait aqueux des feuilles d'Elaeis guineensis Jacq. (Arecaceae) sur l'œdème aigu de la patte de rat induit par la carraghénine. International Journal of Biological and Chemical Sciences, 10(6), 2568–2574.

75. Senatore, F., Rigano, D., Formisano, C., Grassia, A., Basile, A., & Sorbo, S. (2007). Phytogrowth-inhibitory and antibacterial activity of Verbascum sinuatum. Fitoterapia, 78, 244–247.

76. Sharma, B., Kumar, A., & Sarin, J. (2016). Academic stress, anxiety, remedial measures adopted, and their satisfaction among medical students: A systematic review. International Journal of Health Sciences and Research, 6, 368–376.

77. Sherwood, L. (2006). Physiologie humaine (2e éd.). De Boeck.

78. Shinde, U. A., Phadke, A. S., Nair, A. M., Mungantiwar, A. A., Dikshit, V. J., & Saraf, M.

N. (1999). Membrane stabilizing activity—a possible mechanism of action for the anti-inflammatory activity of Cedrus deodara wood oil. Fitoterapia, 70, 251–257.

79. Simkin, G. O., et al. (2000). IL-10 contributes to the inhibition of contact hypersensitivity in mice treated with photodynamic therapy. Journal of Immunology, 164(5), 2457–2462.

80. Souza Araújo, D. F., Guerra, G. C. B., Araújo Júnior, R. F., Araújo, A. A., Assis, P. O. A., Medeiros, A. N., et al. (2016). [Title not provided]. Journal of Dairy Science, 99.

81. Stokes, K. Y., & Granger, D. N. (2012). Platelets: A critical link between inflammation and microvascular dysfunction. The Journal of Physiology, 590(5), 1023–1034. https://doi.org/10.1113/jphysiol.2011.225631.

T

82. Tatli, I. I., & Akdemir, Z. S. (2006). Traditional uses and biological activities of Verbascum species. FABAD Journal of Pharmaceutical Sciences, 31(2), 85–96.

83. Tousoulis, D., Kampoli, A. M., Papageorgiou, N., Androulakis, E., Antoniades, C., Toutouzas, K., & Stefanadis, C. (2011). Pathophysiology of atherosclerosis: The role of inflammation. Current Pharmaceutical Design, 17(37), 4089–4110.

V

84. Voehringer, D. (2013). Protective and pathological roles of mast cells and basophils. Nature Reviews Immunology, 13(5), 362–375.

W

85. Wichtl, M., & Anton, R. (2003). Plantes thérapeutiques : Tradition, pratique officinale, science et thérapeutique (2e éd.). TEC & DOC.

86. Wong, J. G., Anderson, R. A., Graham, G. M., Chu, M. C., Sauer, M. V., Guarnaccia, M. M., & Lobo, R. A. (2006). The effect of cinnamon extract on insulin resistance parameters in polycystic ovary syndrome: A pilot study. Fertility and Sterility.

Y

89. Yang, H., Wang, W., Romano, K. A., Gu, M., Sanidad, K. Z., Kim, D., Yang, J., Schmidt, B., Panigrahy, D., Pei, R., Martin, D. A., Ozay, E., Wang, Y., Song, M., Bolling, B. W., Xiao, H., Minter, L. M., Yang, G. Y., Liu, Z., Rey, F. E., & Zhang, G. (2018). Targeting inflammation with dietary omega-3 fatty acids attenuates colon carcinogenesis. Science Translational Medicine, 10(443), Article eaan4116. https://doi.org/10.1126/scitranslmed.aan4116.

90. Yao, Y., et al. (2019). Integration of deep learning and feature embedding for protein–protein interaction prediction. PeerJ, 7, Article e7126. https://doi.org/10.7717/peerj.7126**.**
91. Yen, G., & Duh, P. (1994). Scavenging effect of methanolic extract of peanut hulls on free radical and active oxygen species. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 42, 629–632.
92. Yougbaré-Ziébrou, M. N., Ouédraogo, N., Lompo, M., Bationo, H., Yaro, B., Gnoula, C., et al. (2016). Activités anti-inflammatoire, analgésique et antioxydante de l'extrait aqueux des tiges feuillées de Saba senegalensis Pichon (Apocynaceae). Phytothérapie, 14(4), 213–219.

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

Université 20 Août 1955
Skikda
Faculté des Sciences
Département des Sciences
de la Nature et de la Vie

Skikda le 08/01/2026

-Autorisation de dépôt du mémoire de Master-

Je soussigné ..... Benzazia Samira .....

Grade : MCA

Encadrant(e) du travail de Master intitulé :

« Extraction, caractérisation et évaluation de l'activité anti-oxydante et anti-inflammatoire de principes actifs ds extraits d'Equisetum arvense L et Verbascum sinuatum »

Présenté et soutenu publiquement par les étudiants :

1- El Kouz Kholoud
2- Nechla Imane
3- Ghelaa Malak
4- .....

Spécialité : Biochimie Appliquée .....

Certifie par la présente que les étudiants ont pris en considération l'ensemble des remarques, modifications et corrections formulées par les membres du jury lors de la soutenance qui s'est déroulée le 24/01/2026

En conséquence, le manuscrit final étant désormais conforme aux exigences scientifiques et académiques requises, j'autorise les étudiants suscités à procéder au dépôt officiel du mémoire auprès de la bibliothèque.

Emargement de l'encadrant

Benzazia Samira

Scanned with CamScanner