

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 : Ecotoxicologie animale

Intitulé

**L'effet thérapeutique de la plante médicinale
Equisetum arvense sur une colite induite par l'acide
acétique chez le rat de la souche Wistar.**

Présenté Par:

- ✓ Ali saci Bouchra
- ✓ Boumankar Nour elhouda
- ✓ Outouat Nawel
- ✓ Ouarad Kenza

Membres de Jury:

Dr. Nadji Safia (MCA)

Président

Université 20 août 1955-Skikda

Dr. Benzazia Samia (MCA)

Directeur de mémoire

Université 20 août 1955-Skikda

Dr. Malahi lamia (MCB)

Examinatrice

Université 20 août 1955-Skikda

Année universitaire 2024/2025

Remerciements

Au début de ce travail, nous exprimons notre profonde gratitude à Allah, Le Tout-Puissant, qui nous a accordé la force, la patience et la persévérance tout au long de notre parcours universitaire. Il a été pour nous un soutien indéfectible à chaque étape.

Nous adressons nos sincères remerciements aux membres du jury pour avoir accepté d'évaluer ce modeste travail, et en particulier à Madame Mellahi Lamia, examinatrice du jury, qui ne nous a jamais ménagé ni son amabilité, ni sa générosité, ni son aide précieuse.

Nous lui sommes particulièrement reconnaissants pour ses conseils judicieux et ses remarques constructives, notamment au sein du service animalerie, où elle a toujours été présente pour nous orienter.

Nous exprimons également notre plus profonde reconnaissance à Madame Naji Safia, qui a su reconnaître nos efforts, nous encourager et nous soutenir tout au long de nos années universitaires.

Il nous tient aussi à cœur de remercier avec toute notre considération notre encadrante, Madame Ben Zazia Samia, Maître de conférences à l'Université de Skikda, pour sa patience, son dévouement et ses précieuses orientations. Elle nous a accordé de son temps et de son énergie sans compter, et ses remarques méthodologiques ainsi que ses conseils scientifiques ont largement contribué à la maturation et à l'amélioration de ce travail.

Nous exprimons également toute notre reconnaissance à Mesdames Nassira et Asma pour leur aide généreuse et leur disponibilité constante, qui ont facilité la partie pratique de cette recherche. Nos remerciements s'adressent aussi à Monsieur Karim et Madame Dounia pour leur soutien et leur collaboration.

Nous ne saurions oublier l'équipe du service d'anatomie pathologique (Anapath) de l'hôpital des frères Saâd Guermèche (EPH Skikda), qui nous a chaleureusement accueillis et permis de réaliser l'étude histologique des échantillons. Merci pour leur rigueur scientifique et leur esprit de coopération :

Médecin chef : Dr Djelmi Leïla


Cheffe de service : Jamaa Yamina

Cheffe d'équipe : Ben Khoua Kenza

Biologiste : Kefouche Sonia

Enfin, nous exprimons notre gratitude la plus sincère à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, directement ou indirectement, à la réalisation de ce travail. À tous ceux qui ont cru en nous, nous ont encouragés et soutenus tout au long de cette aventure scientifique, nous disons : merci du fond du cœur.





Tout d'abord, je remercie le Dieu, notre créateur de m'avoir donné la force, la volonté et le courage afin d'accomplir ce modeste travail.

Je dédie ce travail

A ma mère : «Djamila», la tendresse, la sympathie et le sacrifice, qui m'a toujours orienté pour le meilleur

A mon père : «Abd Elhafid » qui m'a inculqué le courage, l'espoir et m'a permis d'atteindre mes objectifs, il a été d'un grand secours par son soutien et sa présence pendant les moments difficiles

*mes chères soeurs : Hassiba , Khadidja, Leila ,
A mes chers frères :Abd Anour, fares, Rachid, Djamel Eddine .
Mon affection pour vous est sans limite, votre soutien a sans doute été important pour le bon déroulement de mes études.*

A ceux qui m'ont soutenu de tout amour quand j'étais faible. Aux amis, le premier pas et le dernier pas, partenaires du long chemin à ceux qui étaient des nuages de pluie dans les années de soudure, mes chères amies


Et en conclusion, une dédicace à celui qui n'accepte jamais et n'acceptera jamais autre chose que d'être aux premiers rangs, à moi-même.

Je dis « Merci »



NOR ELHOUDA





*Tout d'abord, je tiens à remercier **DIEU** de m'avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail.*

Je dédie ce travail:

*À ma merveilleuse mère **ZINEB**, qui a toujours cru en moi et m'a encouragé à poursuivre mes rêves. Sans toi, je n'aurais pas acquis la force et la résilience nécessaires pour aboutir à ce stade. Je t'aime maman et j'implore le tout puissant pour qu'elle t'accorde une bonne santé et une vie longue et heureuse.*

*À mon cher père **MOKHTAR**, ton soutien fut une lumière dans tout mon parcours. Ce modeste travail est le fruit de tous les sacrifices que tu as déployés pour mon éducation et ma formation. Que dieu te garde et te protège.*

*À mes adorables sœurs **ABLA, SAIDA, YASSMINA, HANIFA** pour leurs encouragements permanents Et leur soutien moral.*

*A mes frères **FAYCEL, ABD EL BAKI, YOUNES, ALI, OMAR** qui ont toujours été à mes côtés je le souhaite beaucoup des réussites.*

*À mon fiancé, **ABD EL DJALIL**, pour sa patience, son soutien et son implication, qui m'ont permis de poursuivre mes ambitions sereinement.*

*À mes très chères collègues **NOUR ELHOUDA, NAWELKENZA** que j'ai l'honneur de travailler avec et je les remercie pour les moments formidables qu'on a partagés ensemble.*

*À tous mes amies avec lesquelles j'ai partagé de merveilleux moments, en particulier **BOUCHERA, NOUR ELHOUDA, MERIEM, SARA, IMEN**. Merci pour leurs présences, leurs encouragements et leurs bienveillances dans chaque étape de ce parcours.*

À tous mes enseignants, qui m'ont suivie de mes premières années d'école jusqu'ici



BOUCHERA.



Et leur dernière invocation sera : Louange à Allah, Seigneur de l'univers."

Louange à Allah, au commencement comme à la fin.

À celui qui a dit : « Je suis prêt(e) », et qui a tenu parole.

Ce fut un long chemin, parsemé d'échecs et de réussites, mais nous sommes fiers de notre lutte pour atteindre nos rêves. Un moment tant attendu, rêvé, dans une histoire dont les chapitres sont enfin complétés.

À toi, ma bien-aimée, la prunelle de mes yeux, mon cœur battant, celle dont les prières sincères ont été le secret de ma réussite, mon premier soutien : ma chère maman.

Allah t'a choisie pour être ma mère, quel magnifique destin ! Tu es le meilleur appui, le plus doux des réconforts.

À celui qui m'a appris à donner sans rien attendre en retour, à celui dont je porte le nom avec une immense fierté, à celui que Dieu a honoré de prestance et de sagesse : mon cher père.

À mon époux, mon pilier, mon soutien en toutes circonstances.

À mes frères et sœurs, ma force dans cette vie, que Dieu vous garde comme un pilier solide dans mon existence.

*À toute ma famille,
À tous mes amis, sans exception,*


À tous les professeurs émérites qui nous ont tendu la main et offert leur aide précieuse.

*À vous tous, je dédie ce travail.
Que Dieu nous guide, vous et moi, vers ce qui est bien et juste.*



KENZA





*ceux dont la simple évocation embellit les mots,
À ceux pour qui mes larmes se sont versées en prière...*

*À mon Seigneur Tout-Puissant,
Lui qui m'a offert la patience quand j'étais épuisée, la force quand j'étais faible,
et la lumière quand le monde s'assombrissait à mes yeux...
Toi entre les mains de qui réside tout le bien :
Louange à Toi jusqu'à ce que Tu sois satisfait, louange à Toi lorsque Tu es
satisfait, louange à Toi après Ta satisfaction.*

*À mes chers parents,
Le battement de mon cœur, mon tout premier soutien...
Merci pour chaque prière sincère, chaque instant de fatigue pour moi.
Vous êtes la lumière éternelle de ma vie, et la fierté qui ne s'efface jamais.*

*À ma respectée professeure, Dr. Benzazia Samia,
qui a été bien plus qu'une encadrante...
Un véritable soutien, une source d'encouragement, de confiance et d'attention.
Merci pour vos conseils, votre patience et votre présence à chaque étape.*

*À mes chers frères et sœurs,
Vous êtes ma seconde âme, toujours là, chaleur du cœur et soutien inestimable.
Merci pour vos rires, votre patience, et votre présence dans chaque moment.*

*À vous tous...
Je dédie le fruit de mes efforts et de ma réussite,
Car chacun de vous est une part précieuse de cette réalisation.*



NAWEL



RÉSUMÉ

RÉSUMÉ

L'objectif de cette étude est d'évaluer les effets thérapeutiques de la plante médicinale *Equisetum arvense* (prêle des champs) sur une inflammation colique induite expérimentalement par l'acide acétique 5% chez le rat de la souche *Wistar*. L'évaluation a été réalisée à travers l'analyse de paramètres hématologiques, biochimiques et histopathologiques.

Une analyse phytochimique préalable a révélé que *Equisetum arvense* est riche en composés phénoliques ($95,89 \pm 1,23 \mu\text{g EAG/mg ES}$) et en flavonoïdes ($13,35 \pm 1,18 \mu\text{g EQ/mg ES}$), et présente une activité antioxydant significative ($\text{IC}_{50} = 55,02 \mu\text{g/ml}$).

L'expérimentation a été réalisée sur 20 rats répartis en quatre groupes : G1 (témoin) ; G2 (groupe traité par *E. arvense* : 500mg/kg/j par cavage), G3 (recevant de l'acide acétique 5% par voie rectale), G4 (recevant à la fois *E. arvense* et l'acide acétique).

Les rats ont été pesés au début et à la fin de l'expérience. Des prélèvements sanguins ont été effectués pour les analyses hématologiques et biochimiques, et des échantillons de côlon ont été recueillis pour l'analyse histologique.

Les résultats montrent que l'administration d'acide acétique induit une inflammation sévère, caractérisée par une élévation de la protéine C-réactive, du glucose et de la ferritine, ainsi qu'une diminution du fer sérique. L'hémogramme révèle une baisse des globules rouges, de l'hémoglobine, de l'hématocrite, des plaquettes et des lymphocytes, accompagnée d'une leucocytose. L'analyse histologique du côlon met en évidence des altérations structurelles importantes.

En revanche, le traitement avec *Equisetum arvense* a permis d'atténuer significativement ces perturbations, avec une amélioration notable des paramètres biochimiques et hématologiques, ainsi qu'une préservation de l'intégrité tissulaire colique.

Ces résultats suggèrent qu'*Equisetum arvense* possède un potentiel effet anti-inflammatoire et antioxydant prometteur dans le contexte de l'inflammation intestinale expérimentale.

Mots Clés : *Equisetum arvense*, acide acétique, inflammation, activité antioxydante, hématologie, ferritine, fer sérique, Protéine C-réactive, leucocytose

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the therapeutic effects of the medicinal plant *Equisetum arvense* (field horsetail) on colonic inflammation experimentally induced by 5% acetic acid in Wistar rats. The evaluation was conducted through the analysis of hematological, biochemical, and histopathological parameters.

A preliminary phytochemical analysis revealed that *Equisetum arvense* is rich in phenolic compounds ($95.89 \pm 1.23 \mu\text{g GAE/mg extract}$) and flavonoids ($13.35 \pm 1.18 \mu\text{g QE/mg extract}$), and it exhibits significant antioxidant activity ($\text{IC}_{50} = 55.02 \mu\text{g/ml}$).

The experiment was conducted on 20 rats divided into four groups:

G1 (control),

G2 (group treated with *E. arvense*: 500 mg/kg/day orally),

G3 (receiving 5% acetic acid rectally),

G4 (receiving both *E. arvense* and acetic acid).

The rats were weighed at the beginning and end of the experiment. Blood samples were taken for hematological and biochemical analyses, and colon samples were collected for histological analysis.

The results show that administration of acetic acid induced severe inflammation, characterized by an increase in C-reactive protein, glucose, and ferritin levels, along with a decrease in serum iron. The blood profile revealed a reduction in red blood cells, hemoglobin, hematocrit, platelets, and lymphocytes, accompanied by leukocytosis. Histological analysis of the colon revealed significant structural alterations.

In contrast, treatment with *Equisetum arvense* significantly reduced these disturbances, with notable improvement in biochemical and hematological parameters, as well as preservation of tissue integrity in the colon.

These results suggest that *Equisetum arvense* has potential anti-inflammatory and antioxidant effects that may be beneficial in the context of experimentally induced intestinal inflammation.

Keywords: *Equisetum arvense*, acetic acid, inflammation, antioxidant activity, hematology, ferritin, serum iron, C-reactive protein, leukocytosis

الملخص

يهدف هذا البحث إلى تقييم التأثيرات العلاجية لنبته ذيل الحصان (*Equisetum arvense*) على التهاب القولون الذي يحدث بشكل تجريبي بواسطة حمض الخليك بتركيز 5% في الفئران من نوع ويستار (Wistar). تم التقييم من خلال تحليل معايير دموية وكيميائية حيوية ونسجية.

كشفت التحاليل الكيميائية النباتية المسبقة أن نبته ذيل الحصان غنية بالمركبات الفينولية (1.23 ± 95.89 ميكروغرام مكافئ حمض الغاليك/ملغ من المستخلص) وبالفلافونويدات (1.18 ± 13.35 ميكروغرام مكافئ كيرسيتين/ملغ من المستخلص)، وتظهر نشاطاً مضاداً للأكسدة بشكل ملحوظ ($IC_{50} = 55.02$ ميكروغرام/مل).

أجريت التجربة على 20 فأراً تم توزيعهم على أربع مجموعات:

- ✓ المجموعة 1 (G1): مجموعة ضابطة (شاهد)،
- ✓ المجموعة 2 (G2): مجموعة عولجت بـ 500 *Equisetum arvense* ملغ/كغ/يومياً عبر الفم،
- ✓ المجموعة 3 (G3): مجموعة تلقت حمض الخليك 5% عبر المستقيم،
- ✓ المجموعة 4 (G4): مجموعة تلقت كلاً من *Equisetum arvense* وحمض الخليك.

تم قياس وزن الفئران في بداية ونهاية التجربة. كما تم أخذ عينات دموية للتحاليل الدموية والكيميائية الحيوية، وتم جمع عينات من القولون للتحليل النسيجي.

أظهرت النتائج أن إعطاء حمض الخليك يؤدي إلى التهاب حاد يتميز بارتفاع في مستوى بروتين C التفاعلي، الجلوكوز، والفيريتين، مع انخفاض في الحديد في الدم. كما كشف تحليل الدم عن انخفاض في عدد خلايا الدم الحمراء، الهيموغلوبين، الهيماتوكريت، الصفائح الدموية واللمفاويات، مصحوباً بزيادة في عدد الكريات البيضاء. كما أظهر التحليل النسيجي للقولون وجود تغييرات بنوية ملحوظة.

في المقابل، ساهم العلاج بنبته *Equisetum arvense* في تقليل هذه التغييرات بشكل ملحوظ، حيث أدى إلى تحسين واضح في المعايير الكيميائية الحيوية والدموية، وكذلك في الحفاظ على سلامة أنسجة القولون.

تشير هذه النتائج إلى أن *Equisetum arvense* تمتلك تأثيراً مضاداً للالتهاب ومضاداً للأكسدة يمكن استغلاله في علاج التهاب الأمعاء التجريبي.

الكلمات المفتاحية:

ذيل الحصان، حمض الخليك، التهاب، نشاط مضاد للأكسدة، دمويات، الفيريتين، الحديد في الدم، بروتين C التفاعلي، الكريات البيضاء

Liste des abréviations

% : pourcentage

°C: degré Celsius.

µg : Microgramme.

AlCl₃: Chlorure d'aluminium

ANOVA : Analysis Of Variance.

DPPH : 2,2-Diphényl-1-picrylhydrazyle

EDTA : Éthylène Diamine Tétracétate.

FNS : numération de formule sanguine.

g : Gramme

G1: Groupe témoin

G2: Groupe traité par la plante

G3: Groupe traité par Acide Acétique

G4: Groupe traité par Acide Acétique + La plante

GB : globule blanc

GR: globule rouge.

h : heures

IC₅₀ : Concentration létale 50.

NaCl : Chlorure de sodium

nm : nanomètre.

µg : Microgramme.

µgEAG/mg E

µl: Microlitre .

CRP: Acide Acétique

HGB: Hémoglobine

HCT: Hématocrite

VGM: Volume Globulaire Moyen

AA: Acide Acétique

Liste des Tableaux

Tableau 01 : Classification des rats 15

Tableau 02 : L'évaluation du gain de poids durant 03 jours du traitement..... 29

Liste des Figures

Figure 01 : Causes et réaction anti-inflammatoire.....	3
Figure 02: Les étapes de la réaction inflammatoire aiguë.....	4
Figure 03 : Formation du transsudat et d'exsudat.....	5
Figure 04 : Processus de migration des neutrophiles à travers les vaisseaux sanguin.....	6
Figure 05 : Aspect morphologique d'Equisetum arvense L.....	11
Figure 06 : L'animalerie de l'université de 20 Aout 1955 Skikda (Photo originale).	14
Figure 07 : Photo représente la plante Equisetum arvense.....	14
Figure 08 : Les conditions d'élevage des rats.....	16
Figure 09 : Photo originale présente le broyage de l'Equisetum arvense	17
Figure 10 : Photos originale présentent les étapes de l'extraction.....	17
Figure 11 : la réduction du DPPH.	19
Figure 12 : Schéma récapitulatif du protocole.	20
Figure 13 : Mesure du poids du rat (photo originale, 2025).....	21
Figure 14 : Technique de gavage et injection intra-rectale	21
Figure 15: Dissection d'un rat	22
Figure 16 : Prélèvement du sang.....	22
Figure 17 : Les tubes de sang	23
Figure 18 : Les organes prélevés d'un rats, Conservation dans le formol.....	23
Figure 19 : Préparation des cassettes	24
Figure 20 : l'inclusion	25
Figure 21 : matériels de la coupe A-microtome, B- lames, C- bain marie, D- l'étuve 140°C.	26
Figure 22 : coloration hématoxyline d'Harris Eosine (HE).....	26
Figure 23 : matériel utilisés pour le montage des lames	27

Figure 24: Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour le dosage de polyphénols totaux.	28
Figure 25 : Courbe d'étalonnage de la Quercétine pour le dosage des flavonoïdes totaux.	28
Figure 26 : L'évaluation du gain de poids durant 03 jours du traitement.	29
Figure 27 : La variation des concentrations du glucose (g/l).....	30
Figure 28 : la variation des concentrations de ferritine (µg/ml)	30
Figure 29 : La variation des concentrations de CRP (mg/l)	31
Figure 30 : La variation de concentration du Fer (µg/dL)	31
Figure 31 : la variation du nombre des globules rouges (10⁶E/µL).	32
Figure 32: La variation d'Hématocrite %.	33
Figure 33: La variation de nombre des PLT (10³/µL).....	33
Figure 34 : la variation de nombre des GB (10³/µL).....	34
Figure 35: La variation de nombre des lymphocytes (10³/µL).....	34
Figure 36: La variation de la concentration du fibrinogène(g/l)	35
Figure 37: Les coupes histologiques du gros intestin (photos originale, 2025).	36

Table des Matières

Remerciement

Dédicace

Résumé

Abstract

ملخص

Introduction 1

Chapitre I

1. Inflammation..... 2

1.1 Définition 2

1.2 Causes de l'inflammation 2

a. Causes exogènes 2

b. Causes endogènes 2

1.3 Types d'inflammation 3

1.3.1 Inflammation aiguë 3

1.3.2. Inflammation chronique 4

1.4 Mécanismes de l'inflammation..... 4

1.4.1 La phase vasculaire 5

1.4.2 La phase cellulaire (amplification) 6

1.4.3 Phase de résolution et de réparation 6

2. Acide acétique..... 7

2.1 Définition 7

3. La Phytothérapie 7

4. Généralité sur les plantes médicinales 8

4.1 Définition des plantes médicinales 8

4.2 Composantes des plantes médicinales 9

4.2.1 Définition du principe actif 9

4.2.2 Les huiles essentielles	9
4.2.3 Les flavonoïdes	9
4.2.4 Les alcaloïdes	9
4.2.5 Les substances amères.....	9
4.2.6 Les tanins.....	10
4.3 Fonctionnement des plantes médicinales	10
4.4 La plante médicinale Equisetum arvense	10
4.4.1 Définition	10
4.4.2 Catégorie de l'Equisetum arvense	11
4.4.3 Usage traditionnel	12
4.4.4 Pharmacologie	12
4.4.5 Composition chimique	12
5. Les antioxydants	13

Chapitre II

I. Matériels	14
1. Matériel biologique	14
1.1 Matériel végétal.....	14
1.2 Matériel animale	15
a. Classification des rats.	15
b. Les conditions d'élevage.....	15
1.3 Matériel chimique	16
1.4 Matériel d'étude au laboratoire	16
II. Méthodes	16
1. Séchage de la plante	16
2. Préparation de l'extrait éthanolique	17
3. Etude quantitative	17
3.1 Dosage des polyphénols totaux	17

3.2	Dosage des flavonoïdes	18
3.3	Etude de l'activité antioxydant de l'extrait	18
3.3.1	Technique du 2, 2'-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) :	18
a.	Principe de la réaction.....	18
b.	Mode opératoire	18
4.	Détermination de l'IC50	19
5.	Protocole de l'expérimentation	20
6.	Mesure de poids	21
7.	Traitement des rats	21
8.	Le prélèvement du sang et des organes	22
8.1	Prélèvement sanguin	22
8.1.1	Etude hématologique	23
8.1.2	Dosage des paramètres biochimique	23
8.2	Prélèvement des organes.....	24
9.	Etude histologique	24
9.1	Étude macroscopique.....	24
9.2	La préparation des cassettes	24
9.3	La circulation	24
9.4	L'inclusion	25
9.5	La coupe	25
9.6	La coloration d'Hémalun Eosine (H.E) :	26
9.7	Le montage	26

Chapitre III

I.	Résultats	28
1.	Evaluation des polyphénols	28

2. Evaluation des flavonoïdes	28
3. Evaluation de l'activité antioxydante	29
4. Effet de l'acide acétique et de l'E. arvensesur la croissance et le gain de poids.....	29
5. Effet de l'acide acétique et l'E. arvensesur les paramètres biochimiques	29
a. Ferritine	29
b. Taux glucose	30
c. Protéine C-réactive (CRP)	31
d. Fer sérique	31
6. Effet de l'acide acétique et l'E. arvensesur les paramètres hématologiques	32
a. Les globules rouges.....	32
b. Hématocrite	32
c. Les plaquettes	33
d. Globules blancs	33
e. Lymphocytes	34
7. Effet de l'acide acétique et de l'E. arvensesur le taux de fibrinogène:	35
8. Etude histologique	35
8.1 Effets d'acide acétique et l'extrait de la plante E. arvensesur l'histologie de la colique.	35
II. Discussion	37
Conclusion et Perspectives	43
Références Bibliographique	44

Introduction

Introduction :

L'inflammation représente une réponse physiologique complexe et essentielle de l'organisme face à diverses agressions d'origine physique, chimique, biologique ou infectieuse, permettant de préserver son intégrité fonctionnelle (**Cheriti et al., 2016**). Bien qu'elle soit généralement protectrice, cette réaction immunitaire peut devenir délétère lorsque l'agent pathogène est particulièrement agressif, persistant, ou en cas de dérégulation des mécanismes cellulaires et moléculaires impliqués dans le processus inflammatoire (**Weill et al., 2003**). Ainsi, l'inflammation joue un rôle central dans l'étiopathogénèse de nombreuses maladies chroniques telles que l'arthrite, le diabète, l'asthme, les allergies et certains types de cancer (**Viladomiu et al., 2016**).

Face à l'ampleur des pathologies inflammatoires et à leur impact croissant sur la santé publique, leur prise en charge repose principalement sur l'usage d'anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS) et de glucocorticoïdes. Toutefois, ces traitements sont associés à des effets indésirables notables, notamment en cas d'utilisation prolongée, comme cela est fréquent dans les inflammations chroniques (**Chiolero et al., 2000**). Parmi ces effets, on note des complications gastro-intestinales (ulcères gastroduodénaux, perforations, sténoses), rénales (insuffisance rénale aiguë) et parfois cardiovasculaires (**Soubrier et al., 2013**).

Dès lors, la recherche de nouvelles alternatives thérapeutiques, notamment des molécules naturelles à potentiel anti-inflammatoire élevé et à moindre toxicité, devient une priorité. À ce titre, les plantes médicinales constituent une source précieuse de composés bioactifs.

Parmi celles-ci, *Equisetum arvense* L., connue sous le nom de prêle des champs, est traditionnellement utilisée dans le traitement de diverses affections telles que la tuberculose, les catarrhes des voies urinaires, les hémorragies (nasales, pulmonaires et gastriques), ainsi que pour renforcer les ongles cassants et freiner la chute des cheveux (**Esmail, 2017**). Elle est également reconnue pour ses propriétés diurétiques, antioedémateuses (**Carneiro, 2013**), antioxydantes et antimicrobiennes (**Milovanović et al., 2007**). En raison de sa richesse en substances bioactives, cette plante suscite un intérêt croissant en tant qu'option thérapeutique prometteuse. Cependant, les études portant spécifiquement sur son activité anti-inflammatoire demeurent rares.

C'est dans ce contexte que s'inscrit la présente étude, qui vise à évaluer les activités anti-inflammatoires et les caractéristiques phytochimiques de l'extrait éthanolique d'*Equisetum arvense* chez le rat soumis à une inflammation induite par l'acide acétique par voie intrarectale.

Notre travail contient trois chapitres : le premier une synthèse bibliographique. Suivi par le matériel et les méthodes utilisées le troisième présente les résultats obtenus (Interprétation et discussion) et finalement une conclusion.

*Chapitre 1 : synthèse
bibliographique*

1. Inflammation

1.1 Définition :

L'inflammation est un mécanisme physiologique de protection de l'organisme face à une agression qui provoque une détérioration des tissus. Elle peut être induite par un traumatisme, une brûlure, une exposition aux radiations ou l'introduction d'agents pathogènes externes (virus, bactéries, parasites, antigènes) (**Schoroderet, 1992**). Selon **Weill et al. (2003)**, l'inflammation a pour fonction principale d'éliminer l'agent nuisible et de favoriser la régénération des tissus. L'inflammation aiguë, qui est une inflammation de courte durée, constitue un processus bénéfique pour l'organisme, lui offrant la possibilité de rétablir son intégrité physiologique. L'aspect néfaste de l'inflammation se manifeste lorsque celle-ci s'installe et se transforme en inflammation chronique. Dans ce contexte, il est nécessaire de maîtriser la réaction inflammatoire à l'aide de médicaments (**Weill et al., 2003**).

1.2 Causes de l'inflammation

Il existe de nombreux facteurs ou causes susceptibles de provoquer une inflammation. Ces dernières peuvent provenir de diverses sources :

a. Causes exogènes :

- **Agents physiques** : traumatismes, radiations, électricité, froid, chaleur, piqûres, coupures.
- **Agents chimiques** : acides, bases, diverses substances minérales ;
- **Agents biologiques** : microorganismes pathogènes (virus, bactéries, parasites, champignons) ainsi que d'autres agents tels que le vin, le pollen et les toxines. (**Booting et Booting, 2000**) (**Prin et al., 2009**).

b. Causes endogènes :

- **Causes trophiques** : elles sont liées à une insuffisance de vascularisation ;

Conflits immunitaires : observés dans les pathologies inflammatoires chroniques. (**Revillard, 2001**).



Figure 01 : Causes et réaction anti-inflammatoire (Prin *et al*, 2009).

1.3 Types d'inflammation :

1.3.1 Inflammation aigue :

Quatre phénomènes typiques caractérisent l'inflammation aiguë : l'œdème, la douleur, la chaleur et la rougeur. Elle peut aussi être associée à des déficits fonctionnels régionaux en fonction de la sévérité de l'agression (Botting et Botting, 2000). Sa durée varie de quelques jours à quelques semaines. L'inflammation aiguë se subdivise en trois phases principales : une phase vasculaire immédiate (durée de quelques minutes) marquée par des changements dans la microcirculation locale, une phase suivante caractérisée par le déploiement de diverses cellules immunitaires qui facilite l'éradication des micro-organismes nuisibles et des tissus endommagés, et enfin une phase de guérison et cicatrisation qui restaurera les tissus en quelques jours (Weill *et al.*, 2003) (figure 2).

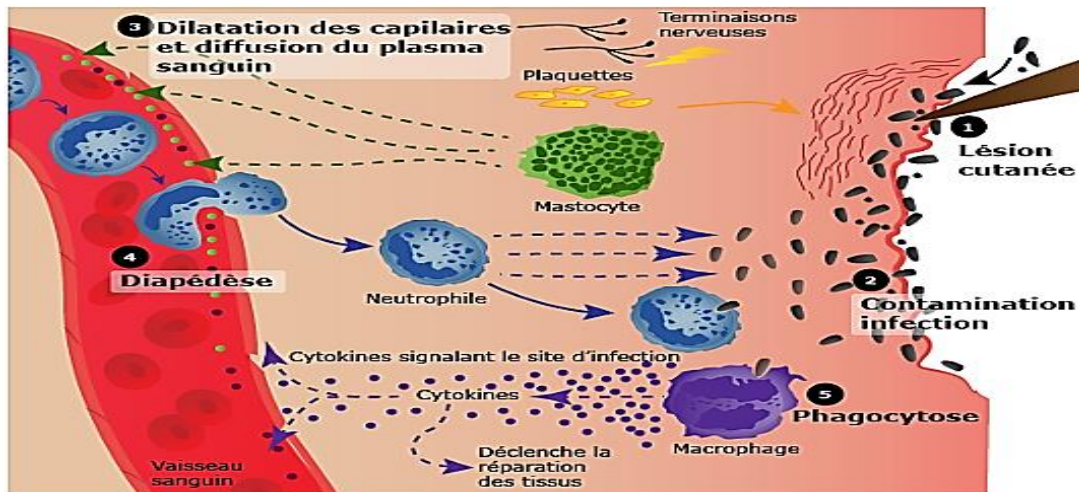


Figure 02 : Les étapes de la réaction inflammatoire aiguë (Patrice, 2014)

1.3.2. Inflammation chronique :

L'inflammation chronique est une inflammation prolongée qui ne peut guérir spontanément et est caractérisée par des exacerbations ou une évolution prolongée allant jusqu'à plusieurs semaines ou années. D'autre part, elle s'exprime par des cellules immunitaires CI (Iwalewa *et al.*, 2007 ; Serhan *et al.*, 2010). En d'autres termes, l'inflammation chronique survient en raison de l'échec de l'inflammation aiguë, souvent parce que la phase vasculo-exsudative s'est déroulée sans signes apparents. Pour plus d'inflammation chronique (Rousselet *et al.*, 2005). Ce sont les trois phénomènes qui entrent en jeu dès lors dans une inflammation chronique, réaction de l'inflammation, destruction du tissu et réparation se poursuit. Dans de nombreux cas, l'inflammation n'entraîne pas une régénération correcte des tissus, mais se reconstruit plutôt sur la base d'une réparation contractée (Weill *et al.*, 2003).

1.4 Mécanismes de l'inflammation

On distingue trois phases majeures dans le processus inflammatoire :

- Une phase vasculaire immédiate.
- Une phase cellulaire.
- Une phase de résolution et de réparation.

La phase de latence désigne la période qui s'écoule entre l'entrée de l'agent « étranger » et l'apparition des signes inflammatoires.

Elle correspond au moment où l'agent étranger est identifié par des récepteurs spécifiques. C'est cette interaction entre l'agent étranger-récepteur qui déclenche l'activation initiale des systèmes plasmatiques et cellulaires.

1.4.1 La phase vasculaire :

Cliniquement, elle se manifeste par les quatre signes fondamentaux de l'inflammation aiguë : rougeur, chaleur, gonflement et douleur. Elle comprend trois processus (Fig.3) : une congestion active, un œdème inflammatoire (exsudat) et une migration leucocytaire à travers la paroi vasculaire (diapédèse) (Rousselet *et al.*, 2005).

- **Congestion active** : À la suite d'une lésion tissulaire, une congestion active survient très rapidement. Celle-ci correspond à une modification du calibre des vaisseaux, précédée d'une courte phase de vasoconstriction. Elle se traduit par une vasodilatation des artérioles puis des capillaires au niveau de la zone affectée (Carl et Carole, 2010).
- **L'œdème inflammatoire** : Cela provient d'une élévation de la pression hydrostatique liée à la vasodilatation, mais surtout d'une augmentation de la perméabilité de la paroi des petits vaisseaux, sous l'influence de médiateurs chimiques tels que l'histamine (Rousselet *et al.*, 2005).
- **Diapédèse leucocytaire** : La diapédèse leucocytaire correspond à la migration des leucocytes hors de la microcirculation, suivie de leur accumulation au niveau du site de la lésion. Ce processus concerne d'abord les polynucléaires, durant les 6 à 24 premières heures, puis, un peu plus tard, entre 24 et 48 heures, les monocytes et les lymphocytes. Il s'agit d'un passage actif à travers les parois vasculaires (Carl et Carole, 2010).

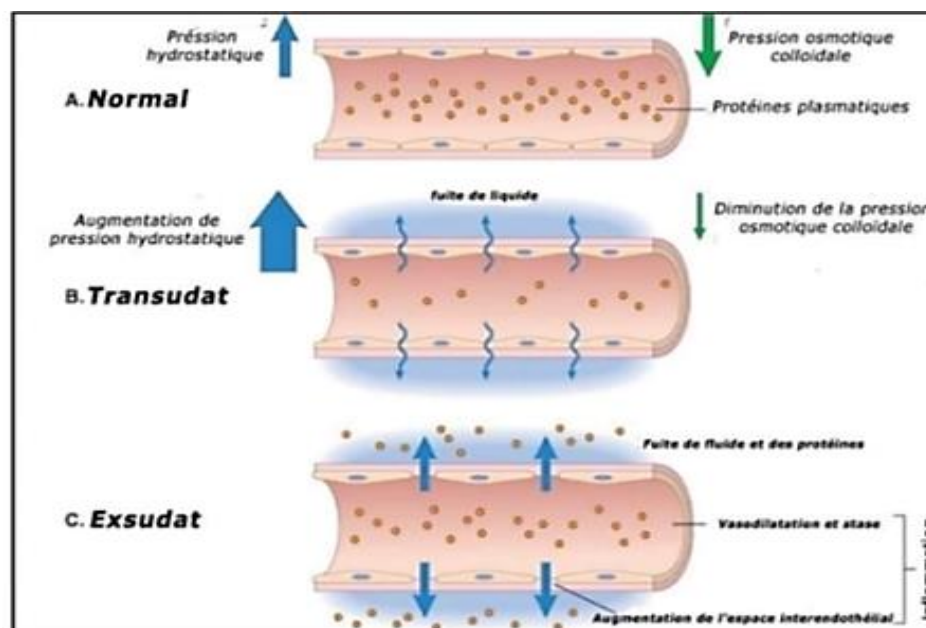


Figure 03: Formation du transsudat et d'exsudat (Kumar *et al.*, 2007).

1.4.2 La phase cellulaire (amplification) :

La phase cellulaire, qui succède à la phase vasculaire, résulte de la mobilisation de nombreuses cellules. Cette mobilisation cellulaire permet l'élimination des micro-organismes pathogènes ainsi que des tissus endommagés (Weill *et al.*, 2003).

La première étape de la phase cellulaire correspond à la migration des cellules sanguines vers le site de la lésion, qui se produit dans les 30 à 60 minutes suivant cette agression (Weill *et al.*, 2003)

Les cellules immobilisées peuvent ensuite migrer à travers la paroi des vaisseaux vers le site inflammatoire (diapédèse). Ce processus de diapédèse est actif et implique notamment une contraction réversible des cellules endothéliales ainsi que de nombreuses molécules d'adhésion (Carcelain *et al.*, 2018).

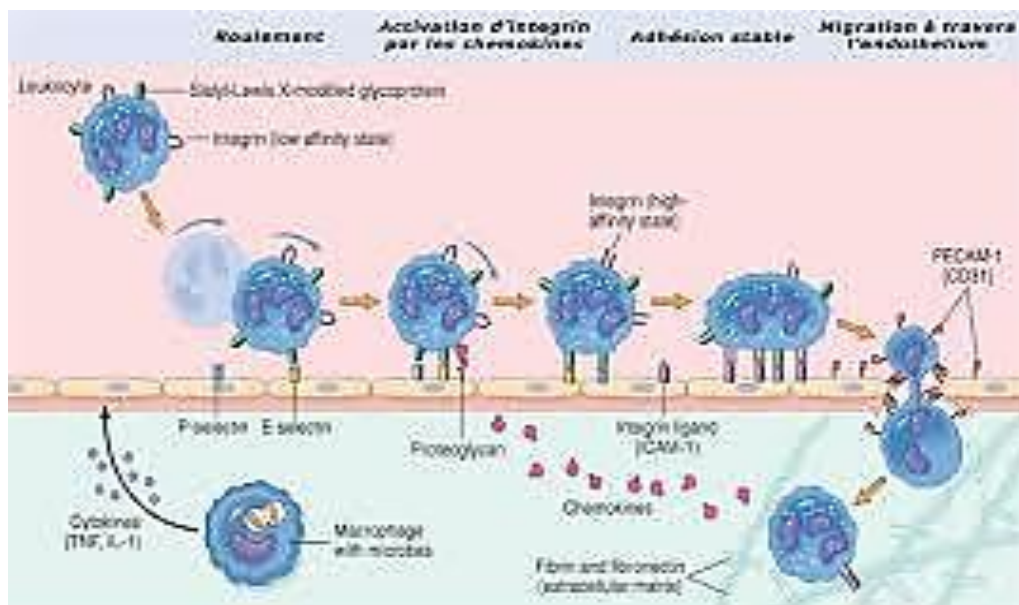


Figure 04: Processus de migration des neutrophiles à travers les vaisseaux sanguin

(Kumar *et al.*, 2007).

1.4.3 Phase de résolution et de réparation

Après la maîtrise de l'agression, la réaction inflammatoire cesse. Les macrophages interviennent pour éliminer les débris cellulaires et libèrent des cytokines qui favorisent la régénération tissulaire. Cette réparation est assurée par les fibroblastes, qui produisent du collagène, ainsi que par les cellules endothéliales, responsables de la formation de nouveaux vaisseaux sanguins (néoangiogenèse).

Des cytokines à effet anti-inflammatoire, telles que l'IL-10, interviennent progressivement pour supplanter les médiateurs pro-inflammatoires, en freinant à la fois leur production et leur activité. Ainsi, l'inflammation entre dans une phase de résolution (**Noack et Kolopp-Sarda, 2018**).

Lorsque les cellules immunitaires ne sont plus nécessaires au niveau du site inflammatoire, elles quittent le tissu ou meurent, soit par absence de signaux de survie, soit par apoptose.

Les mécanismes de l'inflammation aiguë restent les mêmes, quel que soit l'agent déclencheur (**Noack et Kolopp-Sarda, 2018**).

2. Acide acétique

L'acide acétique CH_3COOH est couramment présent dans la nature ; on le retrouve sous sa forme libre dans certaines sécrétions humaines, telles que l'urine et la sueur. Un grand nombre de plantes renferment des esters d'acide acétique (**N .Bonard, et al**)

2.1 Définition

L'acide acétique, également connu sous le nom d'acide éthanoïque, est un acide organique dont la formule chimique est CH_3COOH . L'acide acétique pur, également connu sous le nom d'acide acétique glacial, est un liquide transparent et inflammable (**J. Bruyere**). Évidemment, le vinaigre en contient, c'est un antiseptique et un désinfectant.

3. La Phytothérapie :

La phytothérapie, mot d'origine grecque signifiant « soigner par les plantes », repose sur l'utilisation des végétaux à des fins médicinales. Depuis toujours, les plantes ont constitué les premiers remèdes de l'humanité. On estime que sur les quelque 250 000 espèces végétales existant sur Terre, entre 35 000 et 70 000 ont été employées à un moment donné pour leurs vertus thérapeutiques dans diverses cultures. À travers l'histoire, les herbes ont occupé une place centrale dans les pratiques de guérison, donnant naissance, grâce à une observation et une expérimentation constantes, à une véritable science empirique (**Miraldi et Baini, 2018**).

La phytothérapie constitue une méthode efficace tant pour la prévention que pour le traitement de nombreux maux quotidiens. Bien que la médecine moderne ait accompli d'importants progrès, les remèdes à base de plantes présentent plusieurs avantages, que ce soit pour des affections légères comme le rhume ou pour des maladies plus graves comme la tuberculose ou la malaria. Aujourd'hui,

face à la diminution de l'efficacité de certains médicaments, notamment les antibiotiques, l'intérêt pour les traitements phytothérapeutiques connaît un regain (**Chevallier, 2001**).

L'utilisation des plantes médicinales pour se soigner remonte aux origines mêmes de l'humanité. Depuis des temps anciens, l'homme a cherché dans la nature des remèdes pour lutter contre les maladies, comme en témoignent des écrits anciens, des vestiges historiques et même des spécimens végétaux. Cette pratique est le fruit d'un long apprentissage basé sur l'observation et l'expérience, qui a permis d'identifier les propriétés curatives de différentes parties des plantes (écorces, graines, fruits, etc.) (**Petrovska, 2012**). La science moderne a confirmé l'efficacité de ces plantes et en a intégré plusieurs dans la pharmacopée contemporaine. La compréhension historique de leur usage a ainsi renforcé les compétences des professionnels de santé face aux défis médicaux modernes (**Bonnafous, 2013**).

4. Généralité sur les plantes médicinales :

4.1 Définition des plantes médicinales

La plante médicinale est une plante utilisée pour ses propriétés thérapeutiques. Cela signifie qu'une de ses parties (feuille, bulbe, racine, graines, fruits, fleurs) peut être employée dans le but de guérir. Leur utilisation remonte à des milliers d'années, ou l'homme utilisait les plantes pour se soigner. La nécessité de se nourrir ayant poussé les hommes à goûter aux végétaux qui les entouraient, ils ont pu constater que les crampes d'estomac cessaient lorsqu'ils mâchaient telles plantes, qu'il y en avait d'autres qui faisaient disparaître la fatigue ou la douleur, d'autres encore qui provoquaient la mort. C'est ainsi qu'auraient été sélectionnés, au fil des générations, la plupart des plantes médicinales et des poisons. Une telle explication laisse dans l'ombre des processus effectifs de choix des plantes pour des usages déterminés (**Mazars, 2016**).

Les plantes médicinales sont inscrites à la Pharmacopée française dans ses différentes éditions successives, la première datant de 1818. L'édition actuellement en vigueur, la XI^e (2012), comprend deux listes de plantes élaborées par un groupe d'experts de l'ANSM : liste A (plantes médicinales utilisées traditionnellement) qui comporte 365 plantes et liste B (plantes médicinales utilisées traditionnellement en l'état ou sous forme de préparation dont les effets indésirables potentiels sont supérieurs au bénéfice thérapeutique) qui recense 123 plantes. De plus, une liste de plantes médicinales à usage thérapeutique non exclusif, qui comprend 147 plantes ainsi libérées du monopole pharmaceutique, en application des décrets n° 2008-839 et 2008-841 du 22 août 2008, a été établie. Les plantes médicinales relèvent, en France, du monopole pharmaceutique, c'est-à-dire qu'elles ne peuvent être dispensées au public qu'en pharmacie, conformément à l'article L. 4211-1/5° du Code de la santé publique, à l'exception toutefois d'un certain nombre de plantes « libérées » de ce monopole (**Lehmann, 2015**).

4.2 Composantes des plantes médicinales

4.2.1 Définition du principe actif

Un principe actif est une molécule dotée de propriétés thérapeutiques, utilisée à des fins curatives ou préventives chez l'homme ou l'animal. On le trouve dans une drogue végétale ou dans une préparation dérivée de celle-ci (**Pelt, 1980**).

4.2.2 Les huiles essentielles

Les huiles essentielles sont des composés aromatiques volatils, responsables de l'odeur caractéristique des plantes. Elles sont synthétisées et stockées dans les organes sécréteurs de la plante (**Iseran et al., 2001**).

Ces molécules jouent un rôle écologique important en protégeant la plante contre un excès de lumière et en attirant les insectes pollinisateurs (**Dunstan et al., 2013**). Sur le plan thérapeutique, elles sont utilisées pour traiter diverses affections inflammatoires, telles que les allergies, l'eczéma et les troubles intestinaux (**Iseran et al., 2001**). Par ailleurs, elles trouvent des applications dans les industries cosmétique et alimentaire (**Kunkele & Lobmeyer, 2007**).

4.2.3 Les flavonoïdes

Les flavonoïdes sont responsables de la coloration des feuilles, des fleurs, des fruits et d'autres parties des plantes. Selon Wichtl et Anton (2009), ils possèdent des propriétés antibactériennes. Certains flavonoïdes présentent également des effets anti-inflammatoires et antiviraux (**Iseran et al., 2001**).

4.2.4 Les alcaloïdes

Les alcaloïdes sont des composés naturels azotés à caractère basique, généralement dérivés d'acides aminés (**Kunkele et Lobmeyer, 2007**). Leur action physiologique est très puissante, pouvant être soit médicinale, soit toxique. En raison de leur forte activité, de nombreux médicaments sont issus des alcaloïdes (**Ali-Delille, 2013**).

4.2.5 Les substances amères

Les substances amères constituent un groupe diversifié de composés caractérisés par leur goût amer. Cette amertume stimule les sécrétions salivaires, favorisant ainsi l'appétit, la digestion et une meilleure absorption des nutriments, ce qui contribue à une meilleure nutrition de l'organisme (**Iseran et al., 2001**).

4.2.6 Les tanins

Les tanins sont des substances amorphes présentes dans de nombreux végétaux. Utilisés en tannerie pour leur capacité à rendre les peaux imputrescibles, ils possèdent également des propriétés antiseptiques, antibiotiques, anti-inflammatoires, anti-diarrhéiques, hémostatiques et vasoconstrictrices (Ali-Delille, 2013). Parmi les plantes riches en tanins figure notamment le chêne (Kunkele et Lobmeyer, 2007).

4.3 Fonctionnement des plantes médicinales :

Au cours des dernières décennies, les avancées en recherche pharmaceutique ont permis d'analyser la composition chimique de nombreuses plantes médicinales. L'industrie pharmaceutique a ainsi reproduit synthétiquement plusieurs de leurs composants et a mis au point de nouvelles combinaisons thérapeutiques, bénéfiques tant pour les patients que pour la préservation des ressources naturelles (Kunkele et Lobmeyer, 2007).

Chaque plante contient des milliers de substances actives, dont les proportions varient. Bien que ces principes actifs isolés présentent une efficacité limitée, leur association avec d'autres composants de la plante révèle un potentiel pharmacologique accru (Cleu et Carillon, 2012). Ce phénomène, appelé synergie, distingue la phytothérapie de la médecine moderne : alors que les médicaments classiques reposent souvent sur un seul principe actif, les remèdes à base de plantes exploitent l'ensemble de leurs constituants (Donald, 2000).

Les plantes médicinales agissent à la fois de manière curative et préventive (Simon, 2001). Leur métabolisme produit d'abord des métabolites primaires (sucres, acides gras, acides aminés), puis des métabolites spécialisés, responsables de leurs propriétés thérapeutiques (Bruneton, 1999).

4.4 La plante médicinale *Equisetum arvense* :

4.4.1 Définition :

Equisetum arvense Une plante herbacée vivace appartenant à la famille des Equisetaceae, communément appelée Prêle commune La prêle appartient à une famille de plantes anciennes et primitives qui remontent à l'époque des dinosaures. L'espèce est originaire des régions arctiques et tempérées de l'hémisphère nord, notamment de Corée et du Japon. Il existe 30 espèces dans le genre *Equisetum* (Huh et Han, 2015), provenant de l'hémisphère nord. L'espèce *Equisetum* se trouve en abondance partout au Canada, aux États-Unis à l'exception du sud-est, en Europe et jusqu'au sud de

l'Asie incluant la Turquie, l'Iran, l'Himalaya ainsi que diverses régions de la Chine (à l'exception de sa partie sud-est), la Corée et le Japon (Gleason et Cronquist, 1991)



Figure 05 : Aspect morphologique d'*Equisetum arvense* L. (Asgarpanah, 2012)

4.4.2 Catégorie de l'*Equisetum arvense*

Systématique de classification de l'*Equisetum arvense* d'après Navdeep *et al.* (2010).

Royaume : Plantae

Sous le règne : Tracheophyta

Division : Equisetophyta

Classe : Equisetopsida

Sous-classe : Equisetidae

Classe : Equisetales

Famille : Equisetaceae

Genre : Equisetum

Espèce : *Equisetum arvense*

4.4.3 Usage traditionnel :

L'*Equisetum arvense* est employée en médecine traditionnelle pour traiter les affections urinaires et prostatiques, le contrôle de l'énurésie, la prise en charge des symptômes irritants du système urinaire, la régénération des tissus pulmonaires suite à une tuberculose pulmonaire ainsi que d'autres maladies, l'œdème métabolique ou hormonal, les hémorragies, les blessures, les rhumatismes et les engelures (**Grieve,1971**). Cette plante est couramment utilisée comme un agent anti-inflammatoire dans le bain pour traiter les affections cutanées en Europe, en Asie et en Amérique, ainsi que comme antiseptique en Turquie et en Amérique (**Navdeep et al., 2010**).

4.4.4 Pharmacologie :

Selon **Takeshi et al. (2005)**, l'extrait d '*Equisetum arvense*, éthanolique comme aqueux, a démontré une capacité à capturer les radicaux libres, ce qui lui confère un rôle d'antioxydant. Selon **Rezaie et al. (2011)**, l'extrait d'*Equisetum arvense* aurait des propriétés sédatives, pré-anesthésiques et anti-anxiété. Il détient également une caractéristique anti-agrégante plaquettaire (**Hassane et al., 2004**). Selon **Soleiman et al. (2005)**, l'extrait méthanolique d'*Equisetum arvense* a démontré une action antidiabétique sur des rats diabétiques provoqués par la streptozotocine. Les huiles essentielles d'E. arvense sont connues pour leur action antimicrobienne sur une diversité de souches bactériennes comme *S. aureus*, *E. coli*, *K. pneumoniae*, *P. aeruginosa*, *S. enteritidis* ainsi que des champignons tels qu'*Aspergillus niger* et *Candida albicans* (**Radulovic et al., 2006**). L'activité hépatoprotectrice distincte de l'extrait soluble dans l'EtOAc d'E. arvense a été démontrée à une concentration de 400 g/ml (**Oh et al., 2006**).

L'extrait hydroalcoolique de cette plante a démontré des propriétés anti-inflammatoires lors d'expérimentations sur l'œdème de la patte provoqué par le carraghénane, ainsi qu'un effet antidouleur induit par l'acide acétique (**Fabricao Hoffmann Martins Do Monte et al., 2004**).

4.4.5 Composition chimique

Selon l'étude phytochimique menée par (**Oh et al., 2004**) sur les extraits de la partie aérienne de cette plante, deux pétrosines phénoliques ont été détectées : l'onitine et l'onitine-9-O glucoside. De plus, quatre flavonoïdes ont également été identifiés : l'apigénine, la lutéoline, le kaempférol-3-O-glucoside et la quercétine-3-O-glucoside. L'extrait méthanolique des tiges stériles d'*Equisetum arvense* a permis l'isolement de l'acide Di-E-caféoyl-mso-tartrique, considéré comme le principal dérivé d'acide hydroxycinnamique (**Veit et al., 1991**).

Trois glycosides phénoliques ont été découverts dans les jeunes pousses d'*Equisetum arvense* : l'equisetumoside A (3-méthoxy-11, 12-dihydroxy-phényl-hexane-9-one-4-O-beta-D-glucopyranoside), l'equisetumoside B (3-méthoxy-4, 11-dihydroxy-phénylhexane-9-one-12-O-bêta-D-glucopyranoside) et l'equisetumoside C (sel de potassium de l'acide cis-férulique 4-O-bêta-D-glucopyranoside), comme indiqué (**Chang *et al.*, 2001.**)

Selon Radulović *et al.* (2006), l'*Equisetum arvense* renferme 25 composés volatils, comme l'ont démontré grâce à la GC, la GC/MS et la RMN du ¹³C. Les composés volatils étaient principalement constitués d'acétone (18,34%), d'acétone cis-géranyle (13,74%), de thymol (12,09%) et de trans-phytol (10,06%). *E. arvense* renferme de la silice ainsi que divers autres composants, y compris le calcium, le potassium, le soufre, le sodium, le magnésium, le chlore et le phosphore (**Sola-Rabada *et al.*, 2016.**)

L'examen phytochimique initial a révélé que l'extrait éthanolique d'*Equisetum arvense* renferme des substances phénoliques, des tanins, des glycosides, des alcaloïdes, des saponines, des terpènes et des flavonoïdes (**Sinha, 2012 ; Hoffmann-Martins-Do-Monte *et al.*, 2004.**) On a également rapporté la présence d'alcaloïdes tels que la nicotine, la palustrine et la palustrinine dans cette plante (**Cetojevic-Simin *et al.*, 2010.**)

Selon Takeshi *et al.* (2005), les parties supérieures et corporelles de la prêle des champs sont riches en vitamines C et E. L'étude de D'Agostino *et al.* (1984) a permis de caractériser un sitostérol (60%), un campestérol (32,9%) et un isofucostérol (5,9%) dans l'extrait hydroalcoolique de cette plante.

5. Les antioxydants :

Les antioxydants, qu'ils soient de petites molécules indépendantes ou des biomolécules polymériques (**Charlton *et al.*, 2023**), forment le système de protection de l'organisme contre les dégâts provoqués par les espèces réactives de l'oxygène. Leur mode d'action varie généralement en fonction de la dose administrée (**Gómez-Sierra *et al.*, 2023**).

Les antioxydants ne se contentent pas de neutraliser les radicaux libres, ils possèdent également des propriétés anti-inflammatoires, anti-allergiques, anti-thrombotiques, antivirales et anticancéreuses (**Unsal *et al.*, 2020**).



***Chapitre II : Matériel et
méthodes***

Les travaux expérimentaux de cette étude ont été conduits dans laboratoire d'analyses médicales "El – Fayçal " SKIKDA et service d'anatomie pathologique (Service Anapath Skikda), les laboratoires de biochimie du hall technologique, ainsi qu'à l'animalerie du département de biologie de la faculté des sciences, Université du 20 Aout 1955 SKIKDA.



Figure 06: L'animalerie (Photo originale, 2025).

I. Matériels

1. Matériel biologique :

1.1 Matériel végétal :

La plante utilisée dans cette étude est *Equisetum arvense* qui est une plante médicinale, qui appartient à la famille Equisetaceae, communément appelé prêle des champs en français, commun horsetail, fieldhorsetail en anglais (Sandhuet *al.*, 2010).



Figure 07: Photo représente la plante *Equisetum arvense* (Asgarpanah, 2012)

1.2 Matériel animale :

Notre étude expérimentale a été réalisée sur 20 rats du sexe male de la souche Albinos wistar males, provenant de l'institut pasteur d'Alger, pesant de (220à 250) g, au début de l'expérimentation. Cette espèce largement utilisés dans divers domaines de la recherche expérimentale. Avant l'expérimentation, les rats sont gardés à l'animalerie pour une période d'adaptation de 20 jours.

a. Classification des rats.

Tableau 01 :Classification des rats (Berkenhout,1769).

Règne	Animale
Embranchement	Cordés
Classe	Mammifères
Ordre	Rongeurs
Famille	Muridés
Genre	<i>Rattus</i>
Espèce	<i>Rattusnorvegicus</i>

b. Les conditions d'élevage :

Les animaux ont été répartis on 4 groupes de 6 rats chacun dans des cages en plastique, munies d'une mangeoire et d'un biberon d'eau, chaque cage marqué d'une lettre numérique de lot qui lui corresponde, sont tapissés d'une litière constituée de copeaux de bois.

Durant la période d'adaptation et expérimentale Les rats ont été maintenir sous des conditions naturelles (température ambiantes et photopériode naturelle), ils ont été nourris à base à la nourriture standard (Croquette), l'eau est fournie aux animaux et renouvelée, les cages sont nettoyées et la litière est changée quotidiennement.



Figure 08 : Les conditions d'élevage des rats (Photo originale, 2025).

1.3 Matériel chimique :

Dans le cadre de cette étude, l'acide acétique a été utilisé comme agent chimique de traitement chez les rats. Il a été préparé à une concentration de 5 % par dilution dans une solution de chlorure de sodium à 0,9 % (NaCl).

1.4 Matériel d'étude au laboratoire :

L'ensemble de matériel et des produits utilisés dans notre expérimentation seront cités au fur et à mesure de leur utilisation.

II. Méthodes :

1. Séchage de la plante :

L'étude phytochimique a porté sur la partie aérienne de la prêle des champs, obtenue séchée auprès d'un herboriste local. La plante a été réduite en poudre fine par broyage mécanique afin de faciliter l'extraction en maximisant la surface de contact avec le solvant.



Figure 09 : le broyage de l'*Equisetum arvense* (Photo originale, 2025).

2. Préparation de l'extrait éthanolique :

L'extrait éthanolique d'*Equisetum arvense* a été préparé par macération solide-liquide. Une quantité de 50 g de poudre de plante a été immergée dans 300 ml d'éthanol 96 %, puis agitée à l'aide d'un agitateur électrique pendant 24 heures à l'obscurité. Le mélange obtenu a été filtré à l'aide d'un papier filtre Whatman (épaisseur 3 mm), et le filtrat a été concentré sous vide à l'aide d'un évaporateur rotatif. Cette opération a été répétée trois fois pour optimiser le rendement. L'extrait final a été transféré dans des boîtes de Pétri, puis séché dans une étuve à 40 °C jusqu'à obtention d'un résidu sec.



1. Agitation

2. Filtration

3. Rotavape

4. Extrait après séchage

Figure 10 : présentent les étapes de l'extraction (Photo originale, 2025).

3. Etude quantitative :

3.1 Dosage des polyphénols totaux :

Le dosage a été réalisé par la méthode de Folin-Ciocalteu cité par Wong *et al.* (2006).

3.2 Dosage des flavonoïdes :

La méthode de trichlorure d'aluminium (AlCl₃) cité par **Djeridane et al. (2006)** est utilisée pour quantifier les flavonoïdes.

3.3 Etude de l'activité antioxydant de l'extrait :

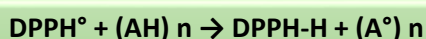
3.3.1 Technique du 2, 2'-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) :

a. Principe de la réaction :

Pour étudier l'activité anti-radicalaire des différents extraits, nous avons opté pour la méthode qui utilise le DPPH comme un radical libre relativement stable.

Le DPPH est un radical libre stable, violet en solution et présentant une absorbance caractéristique à 517 nm. Cette couleur disparaît rapidement lorsque le DPPH est réduit en diphényle picryl-hydrazine par un composé à propriété anti-radicalaire, entraînant ainsi une décoloration (l'intensité de la coloration est inversement proportionnelle à la capacité des antioxydants présents dans le milieu à donner des protons) (**Sanchez-Moreno, 2002**).

On peut résumer la réaction sous la forme de l'équation :



b. Mode opératoire :

Le mélange réactionnel est préparé comme suit : 400µl des solutions d'extraits sont ajoutées à 1600µl (DPPH 0.4%) préparée dans du méthanol. Parallèlement un contrôle négatif est préparé en mélangeant 400µl de méthanol avec 1600µl de la solution éthanolique de (DPPH 0.4%). La lecture de l'absorbance est faite contre un blanc préparé pour chaque concentration à 517nm après 30min d'incubation à l'obscurité et à température ambiante. Le contrôle positif est représenté par une solution d'un antioxydant standard ; l'acide ascorbique (la vitamine C) dont l'absorbance a été mesuré dans les mêmes conditions que les échantillons secs pour chaque concentration, le test est répété 3 fois.

➤ L'activité anti-radicalaire est donnée par la formule suivante : (**Yen et Duh, 1994**)

$$\text{Activité anti - radicalaire (\%)} = \frac{\text{Abs contrôle négative} - \text{Abs échantillon}}{\text{Ab contrôle négative}} \times 100$$

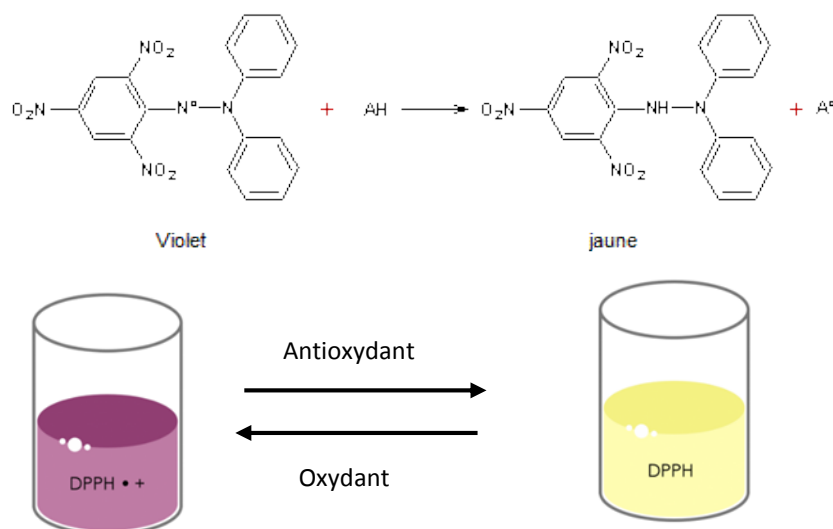


Figure 5 : la réduction du DPPH.

4. Détermination de l'IC₅₀ :

Par définition la valeur IC₅₀ est la concentration de l'acide ascorbique (vit C) 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 différente de l'extrait testé (**Belmassous,2017**).

5. Protocole de l'expérimentation :

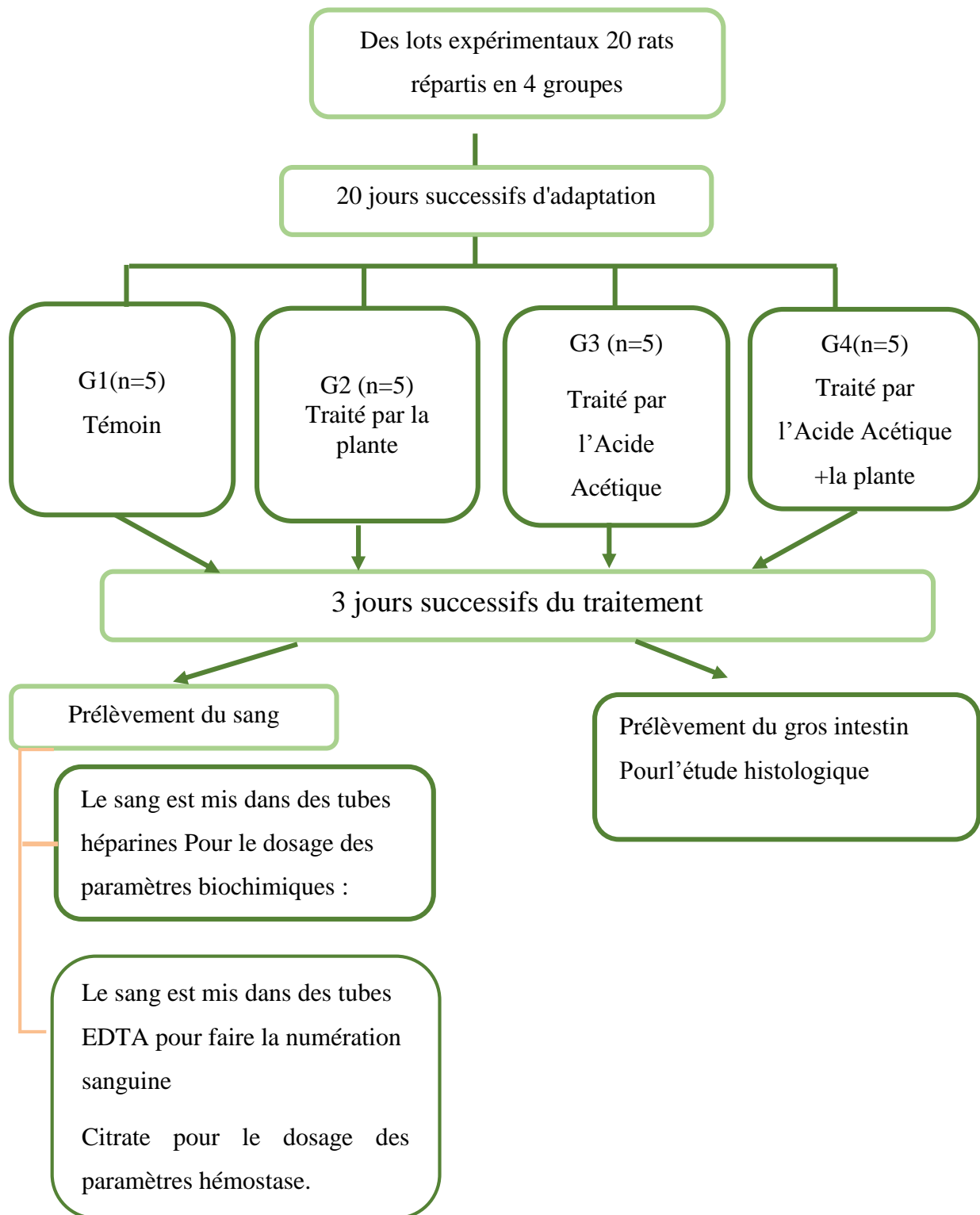


Figure 12 :Schéma récapitulatif du protocole.

6. Mesure de poids :

Pendant la durée de traitement, la mesure du poids est effectuée sur les rats chaque jour à l'aide d'une balance (Aston).



Figure 13 : Mesure du poids du rat (photo originale, 2025).

7. Traitement des rats :

Après 20 jours de l'adaptation, les 20 rats males on « été réparties équitablement en quatre groupes de cinq rats chacun, il s'agit de

- **Groupe G1** : Témoin (-) ne reçoivent aucun traitement.
- **Groupe G2** : témoins (+) Rats traités par une dose de 500mg/kg/j du poids corporel de l'extrait d'*Equisetum arvense* par gavage.
- **Groupe G3** : Rats traités par 1.5 ml de l'acide acétique 5 % par voie intra-rectale.
- **Groupe G4** : Rats traités par l'extrait d'*Equisetum arvense*, après 1h ou bien 30min de temps ils reçoivent l'acide acétique 5 % par voie intra rectale.



Technique de gavage Injection intra-rectale

Figure 6 : Technique de gavage et injection intra-rectale (photo originale,2025).

8. Le prélèvement du sang et des organes :

Au 4^{ème} jour de l'expérimentation, les rats sont d'abord anesthésiés à l'aide de chloroforme afin d'éviter toute douleur ou stress. Une fois l'anesthésie confirmée, l'euthanasie est pratiquée, suivie par la dissection des rats pour le prélèvement du sang au niveau cardiaque et l'intestin grosse.



Figure 15 : Dissection d'un rat (photo originale, 2025).

8.1 Prélèvement sanguin :

Les prélèvements du sang sont réalisés immédiatement après la dissection au niveau de l'aorte.



Figure 16 : Prélèvement du sang (photo originale, 2025).

Le sang prélevé est recueilli dans trois types différents de tubes hémolysés.

- EDTA pour numération hématologiques.
- Héparine pour le dosage des paramètres biochimiques.
- Citrate pour le dosage des paramètres hémostasie.



Figure 17: Les tubes de sang (photo originale, 2025).

Les tubes sont centrifugés à l'aide d'une centrifugation (ROTOFIX 32 A) réglé par 3000 tour /5min

Les analyses biochimiques et hématologiques ont été ensuite effectuées dans le laboratoire d'analyses médicales "El – Fayçal " SKIKDA.

8.1.1 Etude hématologique :

La numération des éléments figurés du sang est réalisée sur un Automate de l'FNS du modèle sysmex XS 500i.

8.1.2 Dosage des paramètres biochimique :

Le dosage des paramètres biochimiques a été réalisés par un automate (BECKMAN COULTER AU480).

8.2 Prélèvement des organes :

Suite à leur prélèvement rapide, les organes ont été soigneusement rincés à l'aide d'une solution physiologique de NaCl à 90% puis pesés. Ils ont ensuite été fixés dans une solution de formol 10% en vue de leur examen histologique, réalisée au service d'anatomie pathologique (**Service Anapath Skikda**).



Figure 18: Les organes prélevés d'un rats, Conservation dans le formol (photo originale,2025)

9. Etude histologique :

9.1 Étude macroscopique

Le prélèvement histologique est une biopsie d'un très petit morceau d'un organe.

9.2 La préparation des cassettes :

Les organes sont coupés avec un quêtteur en des 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 24h.



Figure 7 : Préparation des cassettes (photo originale, 2025)

9.3 La circulation :

La circulation, effectuée automatiquement sur une période de 24 heures, constitue une étape essentielle en histologie pour préparer les tissus en vue de leur coupe. Ce processus comprend plusieurs phases successives destinées à éliminer l'eau des tissus et à la remplacer par de la paraffine, une substance hydrophobe et rigide. Cette imprégnation permet de solidifier les échantillons, leur assurant ainsi la consistance nécessaire pour obtenir des coupes fines et précises. Plusieurs étapes doivent être réalisées :

- **La post fixation** : (Formol à 10%) permet le passage des fixateurs aqueux aux alcools.
- **La Déshydratation** : Dans des bains d'alcool de concentrations croissantes (70%, 90%, 96%) et enfin dans un bain d'acétone.
- **La Substitution** : Consiste à remplacer l'éthanol qui n'est pas miscible à la paraffine par xylène.

- **L'imprégnation** : correspond à la substitution du solvant par la paraffine à 70°C durant 10h30min.

9.4 L'inclusion :

L'enrobage, réalisé à l'aide d'une station combinant des éléments chauffants et réfrigérants, consiste à infiltrer les échantillons de tissus avec de la paraffine liquide. Cette étape permet de maintenir l'organisation interne des structures tissulaires tout en assurant un soutien mécanique indispensable lors de la coupe au microtome. Une fois l'enrobage terminé, les blocs de paraffine contenant les tissus sont stockés à -2 °C jusqu'à leur utilisation pour la microtomie.

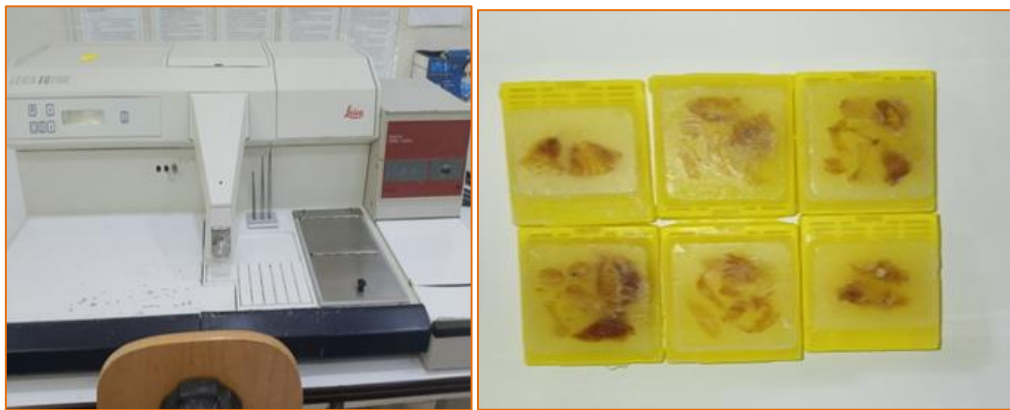


Figure 20 : l'inclusion (photo originale, 2025)

9.5 La coupe :

À l'aide d'un microtome, on fait :

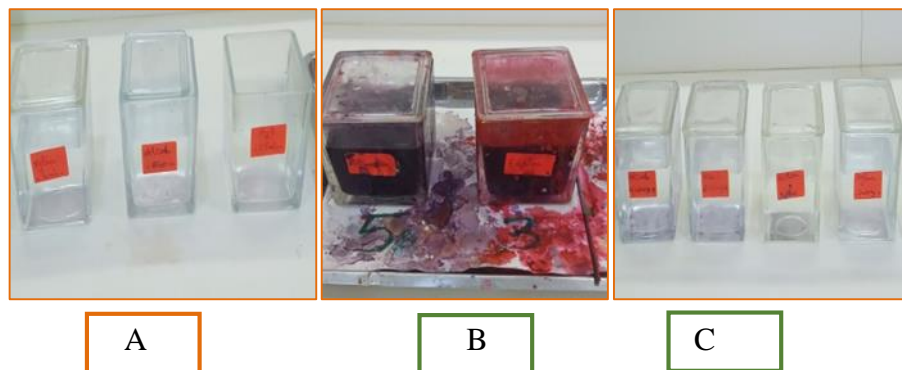
- **Le dégrossissement** : en réglant l'épaisseur des coupes à 10 ou 20 μm selon la taille de l'organe. On réalise ensuite **les coupes** fines à 3 μm .
- Le ruban de coupes est ensuite déposé dans un bain-marie à 37 °C pour détendre la paraffine et lisser les sections.
- Une fois les sections bien étalées, elles sont récupérées à l'aide d'une lame, identifiée par le code correspondant au bloc.
- Les lames sont ensuite placées dans une étuve à 140 °C pendant 30 minutes. Cette étape permet l'adhérence des coupes au support, l'évaporation de l'eau résiduelle et le début du déparaffinage.



**Figure 8 :matériels de la coupe A-microtome, B- lames, C- bain marie, D- l'étuve 140°C.
(Photos originale, 2025).**

9.6 La coloration d'Hémalun Eosine (H.E) :

La coloration histologique repose sur l'utilisation de l'hématoxyline d'hémalun, qui teinte les noyaux cellulaires en mauve foncé, et de l'éosine, qui colore le cytoplasme ainsi que d'autres structures tissulaires en rose. Cette méthode, largement utilisée en histologie, dure environ 45 minutes.



**Figure 9 : coloration hématoxyline d'Harris Eosine (HE) réalisé par 3étapes
(A-Déparaffinage, B- Coloration, C- éclaircissement (photo originale, 2025).**

9.7 Le montage :

Après le passage du xylène, on procède au montage. On commence par humidifier légèrement la lame avec un peu de xylène, puis on dépose une petite goutte de colle spéciale, comme l'EUKITT. Cette résine permet non seulement de fixer solidement la lamelle, mais aussi d'assurer une transparence optimale pour l'observation au microscope.

On place ensuite la lamelle avec soin, en exerçant une légère pression pour chasser les éventuelles bulles d'air. Il est important d'identifier chaque lame avec son code ou son nom. Une fois le montage terminé, les lames sont laissées à sécher complètement avant d'être rangées dans un porte-lames.



Figure 10 : matériel utilisés pour le montage des lames (photo originale, 2025).

➤ **La lecture :**

L'observation des lames se fait dans laboratoires de biochimie au niveau du hall technologie (le service d'anapath), elles ont été observées à l'aide d'un microscope optique Leica. Les agrandissements utilisés sont X 10 et X 40.

➤ **L'analyse statistique :**

- Les résultats sont exprimés en moyenne \pm SEM.
- La différence entre les groupes est exprimée par le test ANOVA (la différence est significative quand $p \leq 0.05$). Les différences sont considérées comme :
 - ❖ Significatives lorsque * ($P \leq 0.05$).
 - ❖ Hautement significative ** ($P \leq 0.01$).
 - ❖ Très hautement significatives *** ($P \leq 0.001$).
- La classification entre les groupes est réalisée par le test de Tukey.
- L'analyse statistique des données a été effectuée par le logiciel SPSS version 20 (Dagnelie, 1999).

➤ **De sorte que :**

* : comparaison entre les quatre groupes (Anova)

a : comparaison entre G1 et G3.

b : comparaison entre G1 et G4.

c : comparaison entre G3 et G4.

d : comparaison entre G2 et G1.

***Chapitre III: Résultat et
discussion***

I. Résultats :

1. Evaluation des polyphénols :

La teneur en polyphénols a été déterminée à partir de la courbe d'étalonnage qui a l'équation de régression linéaire suivante : $y = 0,0084x + 0,0016$, avec un coefficient de détermination élevé ($R^2 = 0,996$). Les résultats montrent que l'extrait de *Equisetum arvense* renferme une quantité significative de polyphénols, estimée à $95,89 \pm 10,23$ ($\mu\text{gEAG}/\text{mg}/\text{ES}$).

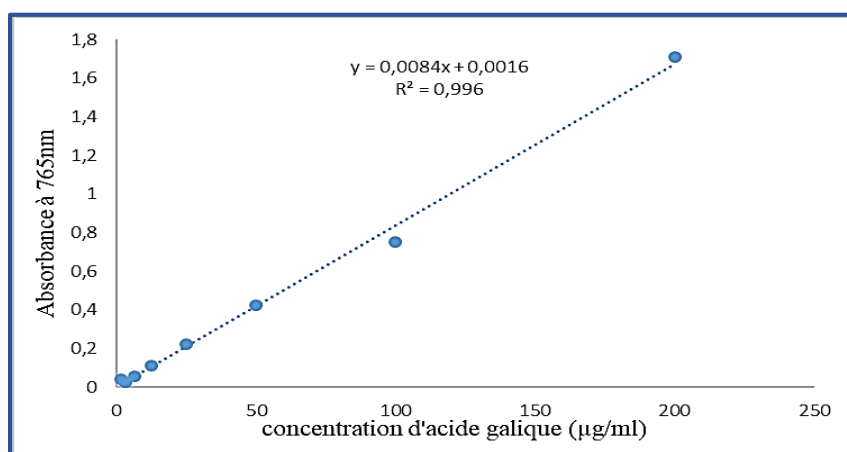


Figure 24 : courbe d'étalonnage de l'acide galique pour le dosage de polyphénol totaux

2. Evaluation des flavonoïdes :

La teneur en flavonoïdes a été déterminée en se basant sur l'équation de la droite de régression de la courbe d'étalonnage de la Quercétine. Les résultats indiquent que l'extrait d'*Equisetum arvense* contient une quantité notable de flavonoïdes, estimée à $13,35 \pm 1,18$ ($\mu\text{gEQ}/\text{mg}/\text{ES}$).

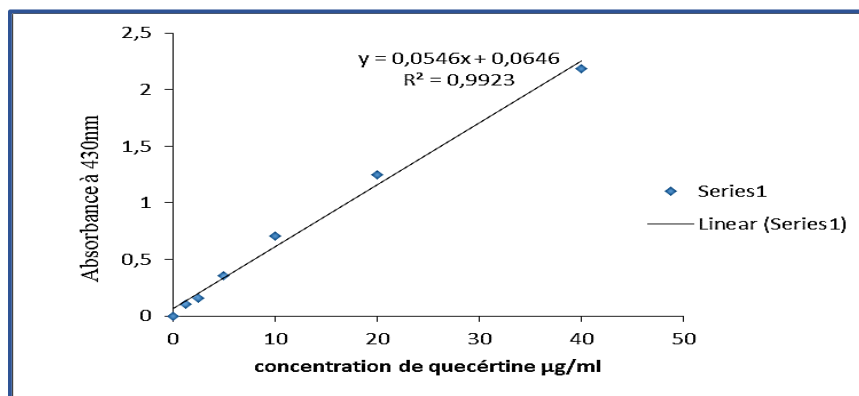


Figure 25 : Courbe d'étalonnage de la Quercétine pour le dosage des flavonoïdes totaux

3. Evaluation de l'activité antioxydante :

Les résultats des propriétés antioxydantes de l'extrait brut de la plante étudiée et de la vitamine C sont présentés par IC50 dont IC50 de la vit C est 20 et IC50 de la plante est $55 \pm 0.002 \mu\text{g/ml}$.

4. Effet de l'acide acétique et de l'*E. arvenses* sur la croissance et le gain de poids :

La figure (23) présente l'évolution du gain de poids chez les rats des groupes témoins et traités. Une différence significative ($P \leq 0,001$) a été observée entre les quatre groupes globalement, une diminution du poids corporel a été constatée dans l'ensemble des groupes. Cette perte de poids est significativement plus marquée chez les groupes traités (G3 et G4) comparativement aux groupes témoins. De plus, la comparaison entre les groupes G3 et G4 révèle une différence significative ($P \leq 0,001$).

Tableau 02 : L'évaluation du gain de poids durant 03 jours du traitement.

Paramètre	Lots expérimentaux			
	G1	G2	G3	G4
Poids initiale (g)	$314,66 \pm 12.58$	294.28 ± 29.90	$274,75 \pm 18.07$	280.14 ± 20.79
Poids final (g)	$294,66 \pm 15.01$	276 ± 32.88	$239,75 \pm 20.99$	265 ± 18.79
Gain de poids (g)	-20	-18,28	-35	-15.14

5. Effet de l'acide acétique et l'*E. arvenses* sur les paramètres biochimiques :

a. Ferritine :

Les résultats obtenus (figure 25) présentent une différence significative entre les quatre groupes ($P \leq 0,001$). Une élévation significative du taux de ferritine est observée dans le groupe G3 par rapport aux groupes témoins ($P \leq 0,001$), et une légère augmentation observable chez les rats du groupe G4 comparativement aux témoins. En revanche, le groupe G4 présente une diminution significative ($P \leq 0,001$) de la ferritine par rapport à G3.

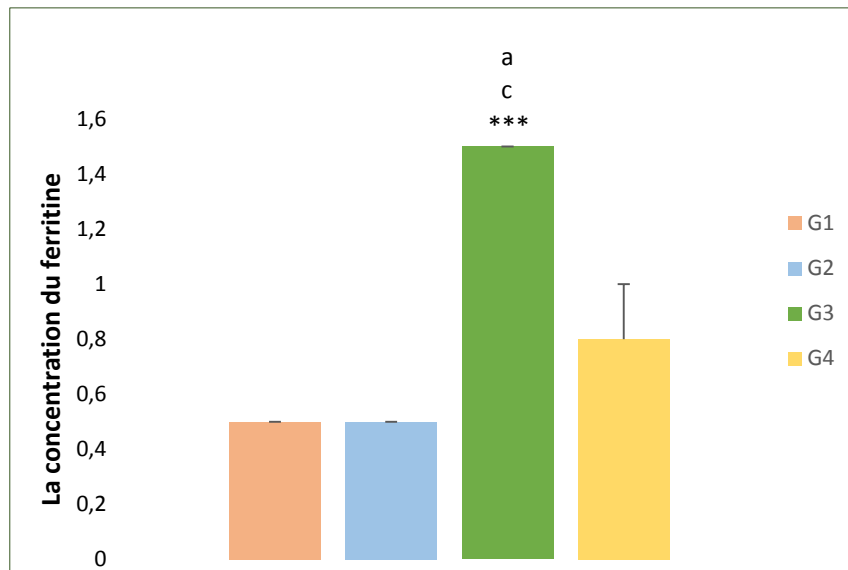


Figure 27 : la variation des concentrations de ferritine ($\mu\text{g/ml}$)

b. Taux glucose :

Les résultats présentés dans la figure (24) montrent une différence significative ($P \leq 0,001$) entre les quatre groupes. Une élévation significative du taux de glucose est observée dans les groupes G3 et G4 par rapport aux groupes témoins. Toutefois, le groupe G4 présente une diminution significative de la glycémie par rapport au groupe G3.

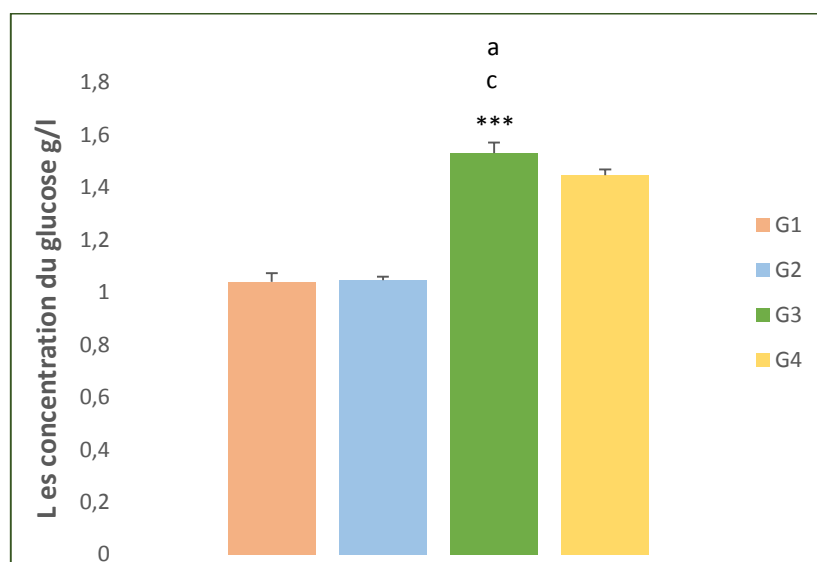
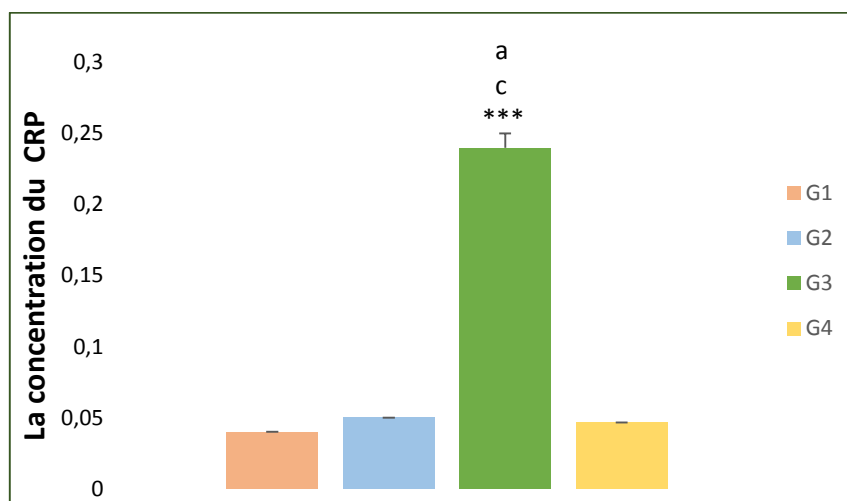


Figure 28 : La variation des concentrations du glucose (g/l)

c. Protéine C-réactive (CRP) :

Selon les résultats illustrés par la figure (26), une différence significative ($P \leq 0,001$) a été observée entre les quatre groupes, avec une augmentation significative ($P \leq 0,001$) du taux de CRP chez le G3 par rapport aux groupes témoins et au groupe G4. La comparaison entre le groupe G4 et le groupe témoin G1 ne révèle aucune différence significative.



***Figure 28: La variation des concentrations de CRP (mg/l)**

d. Fer sérique :

Les résultats présentés dans la figure (27) montrent une différence significative ($P \leq 0,001$) entre l'ensemble des groupes. Une diminution significative du taux de fer sérique a été observée dans les groupes traités par l'acide acétique (G3) ainsi que dans le groupe G4, par rapport aux groupes témoins. Par ailleurs, une augmentation significative ($P \leq 0,001$) est notée chez le G4 par rapport au G3.

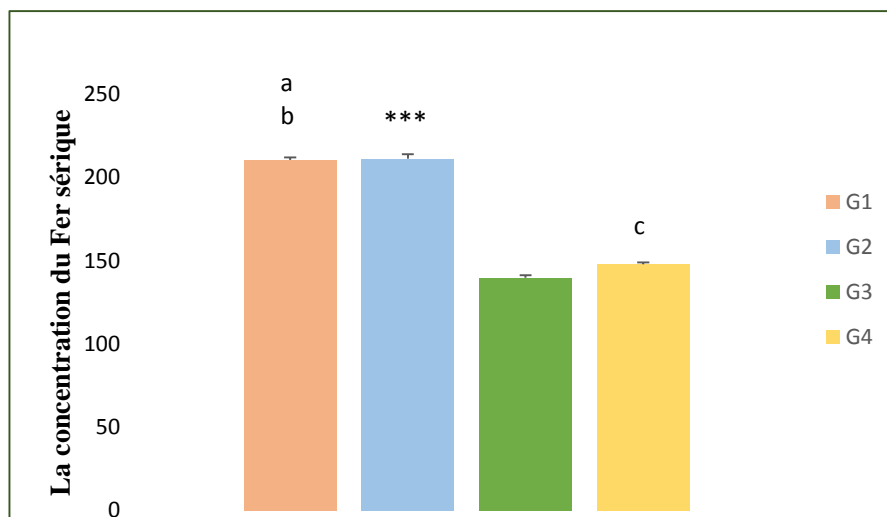


Figure 28 : La variation de concentration du Fer (µg/dL)

6. Effet de l'acide acétique et l'*E. arvensis* sur les paramètres hématologiques :

a. Les globules rouges :

Les résultats présentés par la figure (28) montrent des variations significatives ($P \leq 0,001$) du nombre de globules rouges entre les quatre groupes. Une diminution significative du nombre de globules rouges est observée chez le groupe G3 par rapport aux groupes témoins. Par ailleurs une augmentation significative est notée dans le G4 par rapport au G3.

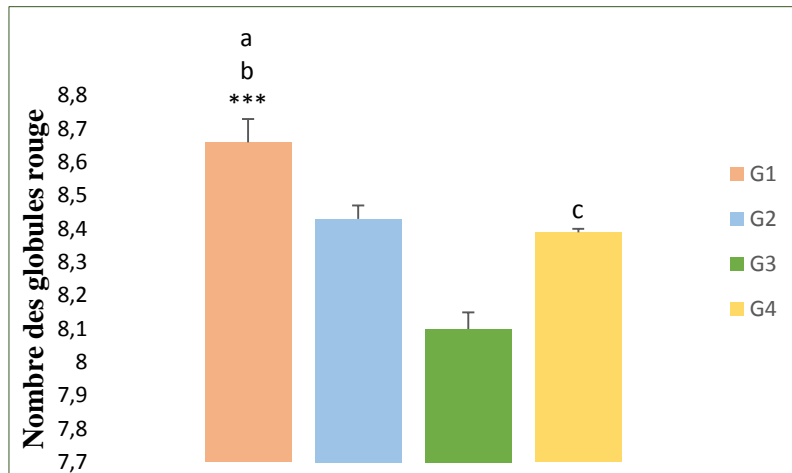


Figure 29 : la variation du nombre des globules rouges (10⁶E/μL).

b. Hématocrite :

La figure (29) met en évidence une différence significative ($P \leq 0,001$) dans les pourcentages d'hématocrite entre les quatre groupes. Une diminution significative ($P \leq 0,001$) est observée dans le groupe G3 par rapport aux groupes G1 et G2 ainsi qu'au groupe G4. En revanche, une augmentation significative ($P \leq 0,001$) du taux d'hématocrite est notée dans le groupe G4 comparativement aux G1 et G2.

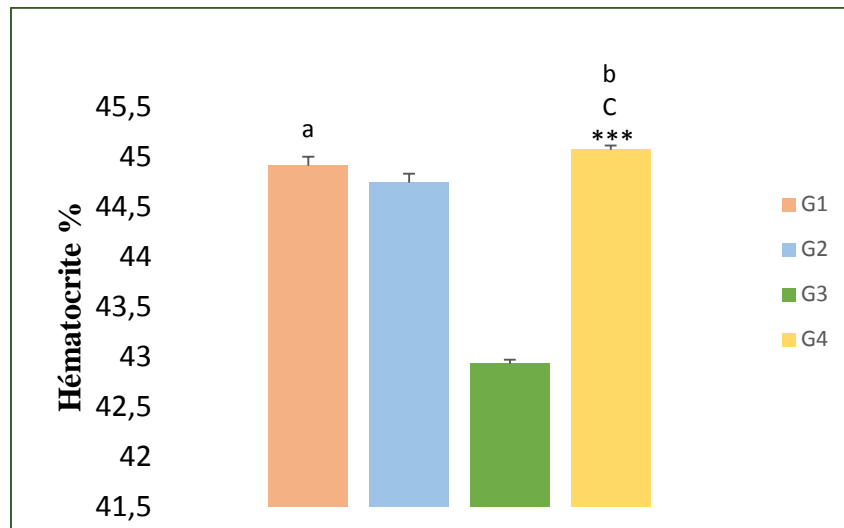


Figure 30 : La variation d'Hématocrite %.

c. Les plaquettes :

Selon la figure (30) les résultats obtenus révèlent une différence significative ($P \leq 0,001$) entre les quatre groupes, avec une diminution significative ($P \leq 0,001$) chez les rats du groupe G3 par rapport aux groupes G1, G2 et G4. Au contraire la comparaison entre G1 et G4 ne montre aucune différence significative bien qu'une légère diminution soit notée chez le G4.

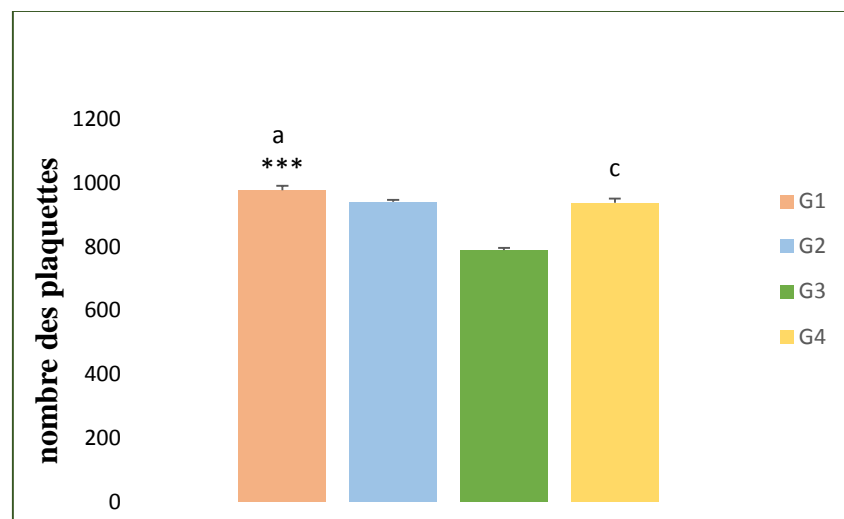


Figure 31 : La variation de nombre des PLT ($10^3/\mu\text{L}$).

d. Globules blancs :

La figure (31) représenté les variations du nombre des globules blancs, ces derniers montrent qu'il y'a une différence significative ($P \leq 0,001$) entre les quatre groupes. La comparaison entre les groupes témoins montre qu'il y a aucune différence significative

($P \geq 0,05$). Par ailleurs on observe, une augmentation significative chez les groupes traités (G3 et G4) par rapport au groupes témoins et une diminution significative chez G4 par rapport au G3.

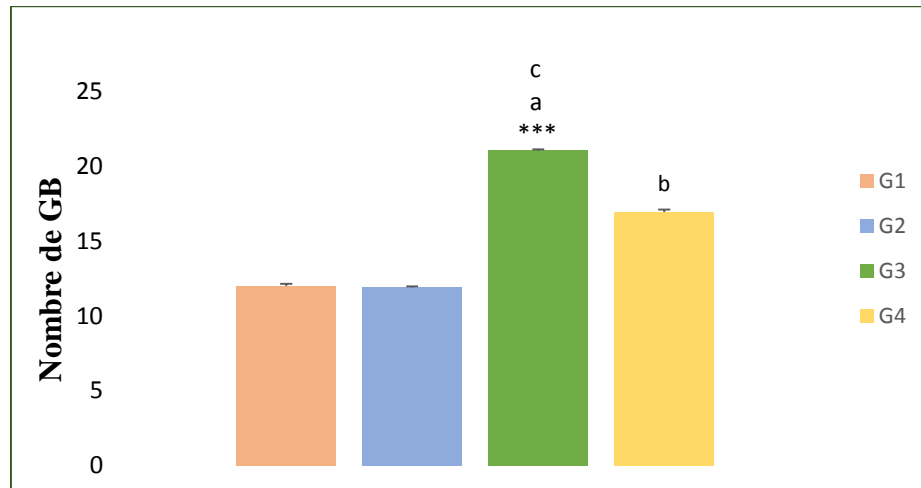


Figure 32: la variation de nombre des GB ($10^3/\mu\text{L}$).

e. Lymphocytes :

Les résultats de nombre des lymphocytes présenté par la figure (32) montrent une différence significative ($P \leq 0,001$) entre les quatre groupes. La comparaison multiple entre les groupes montre une diminution significative ($P \leq 0,001$) des lymphocytes chez G3 ; G4 par rapport au G1 et G2, et une diminution significative ($P \leq 0,001$) chez G4 par rapport au G3.

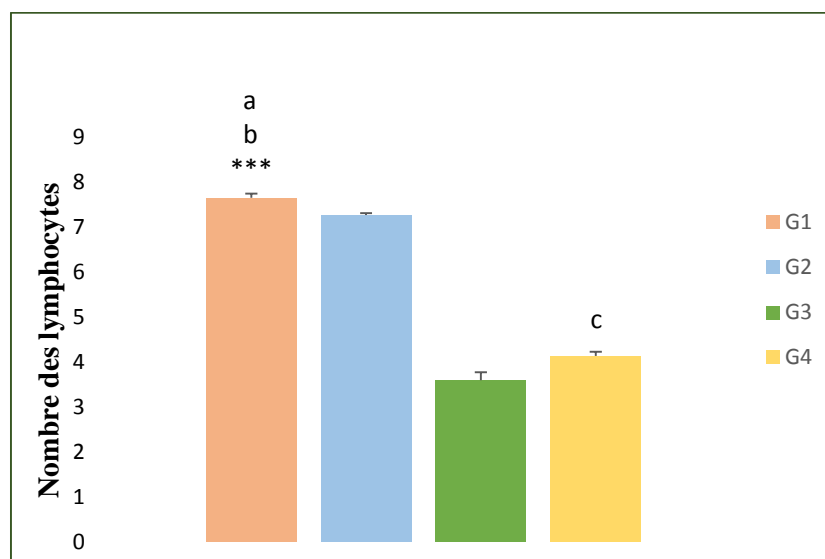


Figure 33: La variation de nombre des lymphocytes ($10^3/\mu\text{L}$).

7. Effet de l'acide acétique et de l'*E. arvensis* sur le taux de fibrinogène :

Les résultats présentés dans la figure (33) montrent une différence significative ($P \leq 0,001$) entre les quatre groupes. Une augmentation significative ($P \leq 0,001$) du taux de fibrinogène est observée dans le G3 ainsi que dans le groupe G4 comparativement aux groupes témoins. Une diminution significative ($P \leq 0,001$) est notée dans le groupe G4 par rapport au groupe G3.

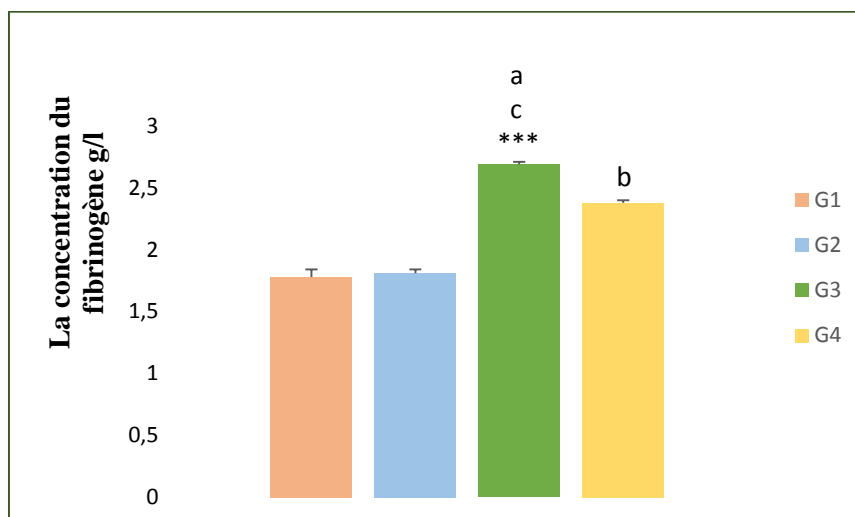


Figure 34: La variation de la concentration du fibrinogène(g/l)

8. Etude histologique :

Afin de confirmer les résultats obtenus pour les paramètres biochimiques et hématologiques, une analyse histologique du côlon a été réalisée sur les différents groupes d'animaux expérimentaux.

8.1 Effets d'acide acétique et l'extrait de la plante *E. arvensis* sur l'histopathologie de la colique :

Les observations histologiques du côlon des rats des groupes G1 et G2 montrent une architecture tissulaire normale : épithélium intact, cryptes bien organisées, muqueuse, sous-muqueuse et musculuse sans anomalies ni infiltration de cellules inflammatoires. En revanche, les rats du groupe G3, traités par voie intra-rectale avec de l'acide acétique à 5 % pendant 3 jours, présentent des lésions coliques sévères, caractérisées par des altérations macroscopiques et histopathologique (dégénérescence épithéliale, inflammation aiguë de la muqueuse, œdème sous-muqueux, infiltration massive de cellules inflammatoires et perte des cryptes, accompagnées d'un épaissement de la paroi colique, sans changement de coloration). Chez les rats du groupe G4 (traités par l'acide acétique et l'extrait de la plante), l'observation

microscopique révèle une nette amélioration de la structure histologique du côlon. L'extrait d'*Equisetum arvense* semble exercer un effet protecteur significatif, réduisant l'intensité des lésions inflammatoires et contribuant à la restauration partielle de l'architecture colique.

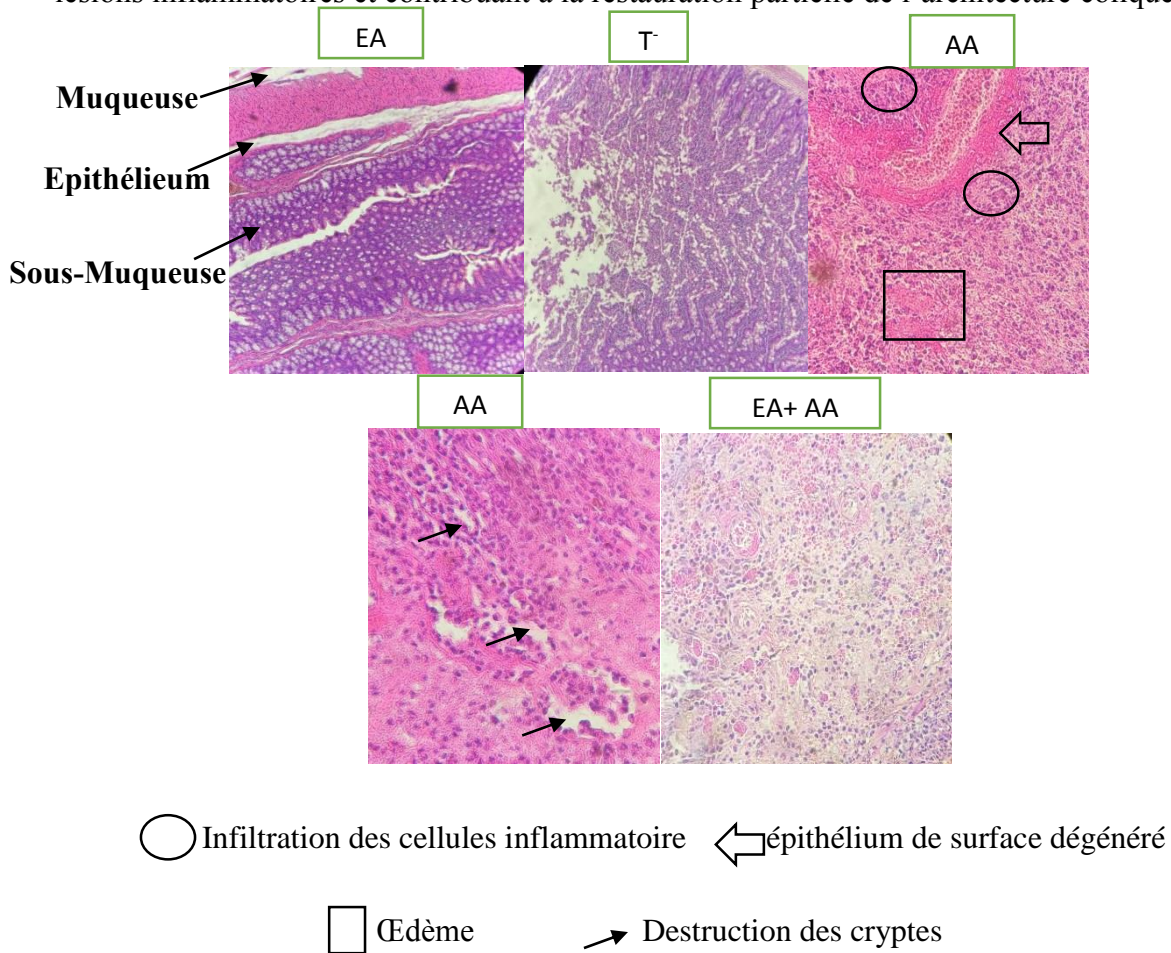


Figure 35 : Les coupes histologiques des intestins (photos originale, 2025).

II. Discussion

L'objectif principal de cette étude est d'évaluer l'activité anti-inflammatoire de l'extrait éthanolique d'*Equisetum arvense* chez des rats mâles de souche Wistar, après induction expérimentale d'une colite aiguë par voie intra-rectale à l'aide d'acide acétique.

L'analyse phytochimique de l'extrait éthanolique d'*E. arvense* a révélé une richesse en composés phénoliques ($95,89 \pm 10,23$ µg EAG/mg d'extrait sec) et en flavonoïdes ($13,35 \pm 1,18$ µg EQ/mg d'extrait sec). Ces résultats sont en accord avec ceux rapportés par **George Owusu et al. (2020)** et **Badole et Kotwal (2017)**, qui ont également mis en évidence la présence de flavonoïdes et d'acides phénoliques dans les extraits de cette plante. La variation de la teneur en polyphénols et flavonoïdes peut s'expliquer par des facteurs environnementaux (nature du sol, conditions climatiques), la méthode d'extraction utilisée (**Bursal et al., 2011**), la composition phénolique des extraits (**Hayouni et al., 2007**), ainsi que des différences variétales et génétiques (**Zhao et al., 2014**).

Ces composés bioactifs sont connus pour leurs propriétés antioxydantes, notamment leur capacité à neutraliser les radicaux libres, inhiber la peroxydation lipidique, et chélater les ions métalliques (**Kherbache, 2023**). Les polyphénols présentent également des effets antimicrobiens, anti-inflammatoires, anti-allergiques et antithrombotiques (**Manach et al., 2004**). L'activité antioxydante de l'extrait évaluée par l'IC50 a été estimée à 50.02 µg/mL, une valeur significative comparée à celle de la vitamine C, confirmant les résultats obtenus par **Mimica et al. (2008)**. Cette activité est attribuée à la forte teneur en polyphénols et flavonoïdes, considérés comme des antioxydants primaires (**Moussa et al., 2011**).

Koohi-Hosseiniabadi et al. (2025) ont rapporté que *E. arvense* contient des flavonoïdes tels que le kaempférol, reconnu pour ses propriétés anti-inflammatoires et antioxydantes, notamment sa capacité à inhiber les espèces réactives de l'oxygène (ROS).

L'administration intra-rectale d'acide acétique a induit une inflammation colique manifeste chez les rats, caractérisée par des signes cliniques tels qu'une somnolence excessive, une perte d'appétit, une réduction du poids corporel, une faiblesse généralisée et une diminution de l'activité spontanée. Une rougeur et un gonflement des yeux ont également été observés, en plus d'une diarrhée fréquente. Ces symptômes traduisent une réaction inflammatoire aiguë et sont en accord avec les observations rapportées par **Axelsson (1990)**. Dans certains cas, des

décès ont été enregistrés en fin d'expérimentation, ce qui reflète la sévérité de l'inflammation induite.

La perte pondérale significative chez les rats traités à l'acide acétique confirme une altération métabolique, probablement liée à une réduction de la consommation alimentaire, comme l'ont suggéré **El Hilaly et al. (2004)** et **Mukinda et Syce (2007)**. **Kullmann et al. (2001)** ont également rapporté qu'une colite aiguë s'accompagne d'une baisse de l'ingestion de nourriture et d'un ralentissement de la croissance corporelle.

Cependant, les rats traités avec la combinaison acide acétique + extrait d'*E. arvense* ont présenté une amélioration du gain pondéral, ce qui pourrait être attribué à la présence de composés bioactifs stimulant la digestion (**Bekara et al., 2015**). Les flavonoïdes, en particulier, sont reconnus pour leur rôle protecteur chez les plantes et leurs effets bénéfiques chez l'humain, tels que des actions anti-inflammatoires, antioxydantes, antimicrobiennes et anticancéreuses (**Asghar et al., 2016**).

L'inflammation induite par l'acide acétique a également entraîné une augmentation significative de la glycémie chez les rats, ce qui est en accord avec les travaux de **Mustafa et al. (2010)** et **Boyer (2016)**, qui ont montré que l'inflammation et le stress oxydatif perturbent la régulation du glucose. Ce déséquilibre est notamment lié à l'activation de l'axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien, stimulant la libération de glucagon et réduisant l'insuline, favorisant ainsi l'hyperglycémie (**Pourramzanzide Saraei et al., 2013 ; Eraslan et al., 2007**).

En revanche, les rats traités avec la combinaison acide acétique + extrait d'*E. arvense* ont montré une réduction significative du taux de glucose sanguin. Ce résultat concorde avec plusieurs études antérieures (**EMA, 2014 ; Ghorbani, 2008 ; Yildirim, 2008**). Les composés phytochimiques identifiés dans l'extrait (tanins, glycosides, alcaloïdes, saponines, terpènes et flavonoïdes) pourraient jouer un rôle important dans la régulation de la glycémie en augmentant la sensibilité à l'insuline et en réduisant le stress oxydatif (**Takeshi et al., 2005 ; Sinha, 2012 ; Hoffmann-Martins-Do-Monte et al., 2004**).

L'analyse de la CRP a montré une élévation significative de cette protéine chez les rats traités à l'acide acétique, confirmant la présence d'une réponse inflammatoire aiguë. La CRP est un biomarqueur précoce dont la concentration augmente dès la 6e heure de l'inflammation et atteint un pic à 24 heures (**Shahriarirad et al., 2024 ; Borghini et al., 2013**).

Dans les groupes traités avec l'extrait d'*E. arvense*, une réduction marquée des taux de CRP a été observée, suggérant une atténuation de la réponse inflammatoire. Ces résultats sont en accord avec les travaux de **Do Monte et al. (2004)**, qui ont montré que l'extrait hydroalcoolique d'*E. arvense* possède des effets anti-inflammatoires significatifs dans des modèles expérimentaux tels que l'œdème induit par le carraghénane. Par ailleurs, un extrait protéique brut de la plante a démontré une stimulation des cytokines Th1, notamment l'IL-2 et l'IFN- γ (**Jun Yukitake et al., 2011**), renforçant ainsi l'hypothèse de son potentiel immunomodulateur.

Nos résultats ont révélé une augmentation significative de la concentration du fibrinogène chez les groupes traités à l'acide acétique (AA), protéine soluble synthétisée par le foie et généralement élevée lors des états inflammatoires (**Benrouibah et Kadja, 2021**). Le fibrinogène joue un rôle central dans la régulation de la réponse inflammatoire dans divers tissus, comme l'ont démontré plusieurs études (**Adams RA et al., 2007**). Avant même son extravasation vers l'espace périvasculaire, une concentration élevée de fibrinogène dans le sang est considérée comme un indicateur d'un état pro-inflammatoire et un marqueur de risque accru de pathologies inflammatoires vasculaires, notamment l'hypertension et l'athérosclérose. De plus, ses produits de dégradation, tels que les D-dimères, sont largement utilisés en clinique comme marqueurs d'inflammation et de risque thrombotique (**Lowe GD, 2005**). Les peptides dérivés du fibrinogène, comme le fibrinopeptide B, exercent également une activité chimiotactique sur les leucocytes et contribuent ainsi à la modulation de l'inflammation (**Skogen WF et al., 1988**). Par ailleurs, **Jennewein et al. (2011)** ont mis en évidence l'implication du fibrinogène dans l'activation des leucocytes, des cellules endothéliales et des cellules mononuclées, marquée par une production accrue d'espèces réactives de l'oxygène (ROS), de cytokines pro-inflammatoires et de chimokines telles que les protéines inflammatoires macrophagiques 1 et 2. Concernant la ferritine, nos résultats montrent une élévation marquée de son taux chez les rats traités par l'AA, corroborant son rôle dual en tant que biomarqueur et médiateur pathogène de l'inflammation. Liao et al. (2025) expliquent que cette élévation est induite par la libération de cytokines pro-inflammatoires telles que l'IL-6, l'IL-1 β et le TNF, en réponse à l'inflammation locale causée par l'AA. En revanche, les rats ayant reçu un traitement combiné *Equisetum arvense* et AA présentent une amélioration des taux de fibrinogène et de ferritine, suggérant un effet anti-inflammatoire de cette plante. Cette activité pourrait être attribuée à la richesse en polyphénols d'*Equisetum arvense*, connus pour leurs multiples propriétés biologiques, notamment antioxydantes, antimicrobiennes, anti-thrombotiques, anti-allergiques et anti-inflammatoires (**Manach et al., 2004**).

Nos résultats ont montré une diminution significative des globules rouges, de l'hématocrite et des plaquettes chez les rats traités à l'acide acétique (AA), comparativement au groupe témoin. Ces observations sont en accord avec les travaux d'**Oluwafemi et al. (2014)**. Cette réduction témoigne à la fois de la destruction des hématies et d'une inhibition de leur synthèse, traduisant ainsi un début d'anémie. Cette anémie semble résulter d'une production excessive de radicaux libres induite par l'acide acétique, lesquels attaquent les membranes des globules rouges, provoquant leur lyse, et entraînant par conséquent une diminution de leur nombre, avec des modifications concomitantes des paramètres HGB, HCT et VGM.

Selon **Weill et Batteaux (2003)**, l'inflammation intestinale chronique peut induire une production accrue de cytokines pro-inflammatoires, causant des dommages à la muqueuse intestinale et une perte sanguine. **Gasche et al. (2004)** confirment également ce mécanisme.

La diminution du nombre de plaquettes observée chez les animaux traités par AA peut s'expliquer par leur recrutement au site inflammatoire, où elles adhèrent aux leucocytes pour renforcer la réponse immunitaire via la formation d'agrégats cellulaires, ce qui réduit leur concentration dans la circulation. Elles libèrent aussi des cytokines et des chimiokines qui attirent les neutrophiles sur le site de l'inflammation, contribuant ainsi à l'amplification de la réponse inflammatoire (**Sonmez et al., 2013**).

L'administration de l'extrait d' *Equisetum arvense* a entraîné une réduction significative du nombre de plaquettes, ce qui est conforme aux résultats de **Hassane et al. (2004)**, lesquels ont mis en évidence les propriétés anti-agrégantes plaquettaires de cette plante.

Par ailleurs, une augmentation des leucocytes a été observée chez les rats traités par l'acide acétique, ce qui indique un état inflammatoire systémique, en accord avec les données de **Roitt et al. (2002)** et **Karmakar et al. (2000)**. Cette augmentation confirme l'implication active des cellules immunitaires dans la défense contre l'agression induite par l'AA (**Fahim et al., 2012**). D'après **Egger et al. (2000)**, lors d'une inflammation intestinale, des cytokines telles que TNF- α , IL-1 β et IL-6 sont produites en grandes quantités par les cellules inflammatoires (macrophages, lymphocytes, PNN), contribuant à la dégradation tissulaire.

Les profils leucocytaires sont également de bons indicateurs physiologiques du stress, car ils sont modulés par celui-ci et peuvent être reliés aux taux hormonaux associés (**Dhabhar et al., 1996**). L'augmentation significative des leucocytes peut aussi indiquer une migration vers le

site de l'inflammation (**Roitt et al., 2002**). **Hall et al. (2011)** rapportent que cette mobilisation est caractéristique de la phase aiguë de l'inflammation, marquée par une infiltration rapide de la muqueuse colique par les PNN (**Sertejn et al., 2003; Hall et al., 2011**). En outre, ces derniers, ainsi que les cellules dendritiques et les macrophages, sont parmi les premières cellules immunitaires recrutées, et leur présence conjointe avec les lymphocytes T suggère leur rôle potentiel dans l'activation de la réponse adaptative.

Après l'administration d'AA, une diminution significative des lymphocytes a également été notée. Cette baisse pourrait être attribuée à l'effet des glucocorticoïdes qui induisent une séquestration des lymphocytes et des éosinophiles dans les poumons et la rate, tout en inhibant leur production médullaire. À long terme, cela pourrait même entraîner une involution du tissu lymphoïde (**Liu YZ et al., 2017**). Le stress psychophysiologique pourrait

également contribuer à cette immunosuppression en inhibant la production d'interleukine-2, nécessaire à la prolifération et à l'activation des lymphocytes (**Merlot, 2004**).

Enfin, les animaux traités à la fois par l'acide acétique et l'extrait d'*Equisetum arvense* ont montré une amélioration significative de l'ensemble des paramètres hématologiques, en accord avec les travaux de **Do et al. (2004)**. Des études antérieures ont démontré que l'extrait standardisé de cette plante possède une capacité d'immunomodulation ciblant les cellules immunocompétentes impliquées dans le processus inflammatoire (**Jerath et al., 2016 ; Mimica-Dukic et al., 2008**). De plus, l'extrait hydroalcoolique (50/50 %) d'*Equisetum arvense* a révélé un effet anti-inflammatoire manifeste. Selon **Gasche et al. (2004)**, l'inflammation intestinale chronique est associée à une production excessive de cytokines pro-inflammatoires, qui contribuent de manière significative aux lésions de la muqueuse intestinale. Cette altération de l'intégrité de la muqueuse peut entraîner des pertes sanguines récurrentes, favorisant ainsi l'apparition d'une anémie. Par ailleurs, ces cytokines jouent un rôle central dans la pathogenèse de l'anémie inflammatoire, comme le confirment également **Weiss et al. (2005)**. Elles interfèrent avec le métabolisme du fer en inhibant sa libération et son absorption, ce qui perturbe le processus d'érythropoïèse. (**Nemeth et al., 2004**).

L'examen histologique du côlon des rats des groupes G1 (témoin sain) et G2 (traité uniquement par l'extrait de *Equisetum arvense*) révèle une architecture tissulaire colique conservée. En revanche, les rats du groupe G3, soumis à une administration intra-rectale d'acide acétique à 5 % pendant trois jours, présentent des lésions coliques sévères tant au niveau macroscopique.

Ces altérations histopathologiques corroborent les données précédemment rapportées par **Simkin et al. (2000)**, **Kolgazi et al. (2013)**, **Ashry et al. (2016)** et **Souza et al. (2016)**, selon lesquelles l'acide acétique induit une acidification intracellulaire importante, responsable de dommages intestinaux significatifs. De plus, la réduction de l'épaisseur du côlon observée dans notre étude, associée à des érosions, ulcérations, et une inflammation de la muqueuse et de la sous-muqueuse, est en accord avec les résultats de **Minaiyan et al. (2006)**, **Mustafa et al. (2006)** et **Tsianos et al. (2009)**.

Le modèle d'induction de la rectocolite hémorragique par l'acide acétique est largement utilisé en recherche expérimentale pour simuler la pathogenèse de la colite humaine. Il se caractérise par une nécrose muqueuse et sous-muqueuse, une dilatation vasculaire, un œdème sévère, des ulcérations profondes, et une infiltration massive de cellules inflammatoires au niveau du tissu intestinal (**Alsharif, 2022**). Selon **Adakudugu et al. (2020)**, l'acide acétique provoque également des lésions coliques visibles au microscope telles que des ulcères, des hémorragies et des zones érythémateuses.

Ces modifications histologiques sont liées à l'activation des cellules immunitaires résidentes et à l'infiltration de cellules inflammatoires circulantes, (**Podolsky, 2007** ; **Abraham et Cho, 2009**). La libération excessive de cytokines pro-inflammatoires telles que le TNF- α et l'IL-1 β contribue à l'aggravation des lésions tissulaires (**Mustafa et al., 2006**).

En revanche, chez les animaux du groupe G4, traités à la fois par l'acide acétique et l'extrait d'*Equisetum arvense*, une nette amélioration de l'organisation histologique du côlon a été observée. L'architecture des cryptes est partiellement restaurée, l'infiltration inflammatoire est significativement réduite, et les signes de dégénérescence épithéliale sont moins marqués. Ces observations suggèrent que l'extrait d'*Equisetum arvense* exerce un effet protecteur notable contre les lésions inflammatoires coliques, probablement en raison de ses propriétés anti-inflammatoires et antioxydantes.

Conclusion

Conclusion et perspectives

Les plantes médicinales, utilisées depuis plus de 7000 ans, constituent le socle de la phytothérapie grâce à leurs propriétés thérapeutiques. Dans ce cadre, notre étude a porté sur l'évaluation des effets de l'extrait éthanolique d'*Equisetum arvense* (prêle des champs) sur l'inflammation induite chez le rat wistar par l'acide acétique 5%.

L'administration intra-rectale d'acide acétique a induit des effets toxiques notables, traduits par des perturbations significatives des paramètres hématologiques, biochimiques, histopathologiques et une réduction du gain pondéral. Plus précisément, on observe :

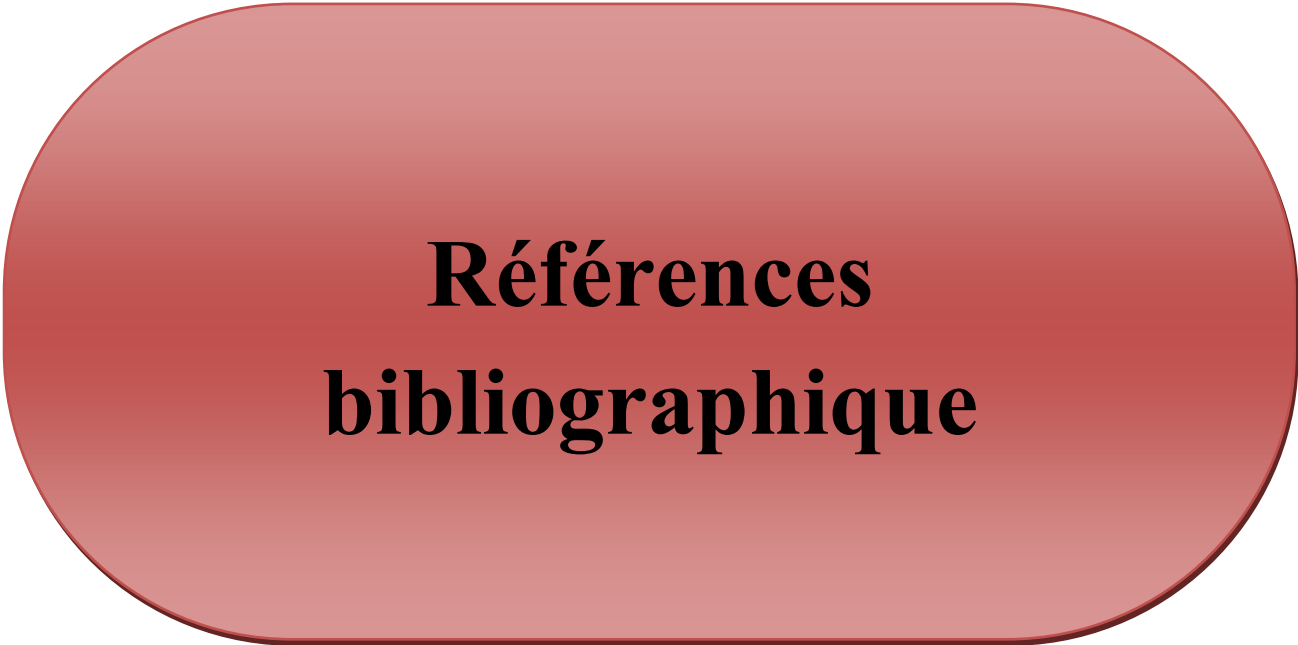
- Une diminution significative du poids corporel, traduisant une altération de l'état général.
- Une augmentation des concentrations plasmatiques de glucose, de la protéine C-réactive (CRP), de la ferritine et du fibrinogène.
- Une altération du profil hématologique avec une baisse des globules rouges, des plaquettes, des lymphocytes, du fer sérique et de l'hématocrite, accompagnée d'une leucocytose.
- Des lésions histologiques marquées au niveau colique : dégénérescence de l'épithélium, infiltration de cellules inflammatoires et destruction des cryptes.

En revanche, le traitement par l'extrait éthanolique d'*Equisetum arvense* a permis de corriger ces altérations de manière significative. Des améliorations ont été observées tant au niveau biochimique et hématologique qu'au niveau de la structure histologique du côlon, suggérant un effet protecteur et anti-inflammatoire de la plante.

Ces résultats soutiennent le potentiel thérapeutique prometteur d'*Equisetum arvense* dans la modulation de la réponse inflammatoire. Pour approfondir cette piste, il serait pertinent de mener des études complémentaires :

- **Études à long terme** avec des durées de traitement variées et une large gamme de doses pour établir une relation dose-effet plus précise.
- **Analyses mécanistiques avancées**, telles que la spectroscopie RMN et la microscopie électronique à balayage, afin de visualiser les modifications cellulaires et tissulaires induites par la plante.
- **Caractérisation phytochimique approfondie** des extraits par LC/MS-MS ou GC/MS, en vue d'identifier les molécules bioactives responsables de l'effet anti-inflammatoire observé.

En somme, *Equisetum arvense* apparaît comme une source naturelle prometteuse de composés thérapeutiques, méritant une exploration plus poussée pour une éventuelle valorisation en phytothérapie moderne.



**Références
bibliographique**

Références Bibliographiques :

- **Adakudugu, E. A., Ameyaw, E. O., Obese, E., Biney, R. P., Henneh, I. T., Aidoo, D. B., Oge, E. N., Attah, I. Y., et Obiri, D. D. (2020).** Protective effect of bergapten in acetic-induced colitis in rats: involvement of antioxidant and anti-inflammatory mechanisms. *Journal of Inflammation Research*, 13 : 541-552.
- **Adams, R. A., Bauer, J., Flick, M. J., Sikorski, S. L., Nuriel, T., Lassmann, H., ... & Akassoglou, K. (2007).** The fibrin-derived γ 377–395 peptide inhibits microglia activation and suppresses relapsing paralysis in central nervous system autoimmune disease. *The Journal of Experimental Medicine*, 204(3), 571–582. <https://doi.org/10.1084/jem.20061931>
- **Alsharif, I. A., Fayed, H. M., Abdel-Rahman, R. F., Abd-Elsalam, R. M., et Ogaly, H. A. (2022).** Miconazole Mitigates Acetic Acid-Induced Experimental Colitis in Rats: Insight into Inflammation, Oxidative Stress and Keap1/Nrf-2 Signaling Crosstalk, 11(02) : 303.
- **Asgarpanah J., et Roohi, E. (2012).** Phytochimie et propriétés pharmacologiques d'*Equisetum arvense* L. *Journal of Medicinal Plants Research* , 6 (21), pp 3689-3693.
- **Asghar N., Naqvi S. A. R., Hussain Z., Rasool, N., Khan Z. A., Shahzad S. A., and Jaafar, H. Z. 2016.** Compositional difference in antioxidant and antibacterial activity of all parts of the *Carica papaya* using different solvents. *Chemistry Central Journal*, 10(1), pp 5.
- **Ashry, E. E., Abdellatif, R. B., Mohamed, A. E., et Kotb, H. I. (2016).** Protective effect of ketamine against acetic acid-induced ulcerative colitis in rats. *Pharmacology and Pharmacy*, 7(1) : 9–17.
[assessment-report-equisetum-arvense-l-herba_en.pdf](#).
- **Axelsson, L. G., et Ahlstedt, S. (1990).** Characteristics of immune-complex-induced chronic experimental colitis in rats with a therapeutic effect of sulphasalazine. *Scandinavian Journal of Gastroenterology*, 25(3) : 203–209.
- **Badole, S., & Kotwal, S. (2017).** Evaluation of proximate, free radical scavenging activity, and phytochemical analysis of *Equisetum Arvense* L. extracts. *Indian Journal of Natural Products and Resources (IJNPR)*[Formerly *Natural Product Radiance (NPR)*], 8(2), 146-150.)
- **Bekara, A., Ait Hamadouche, N., Kahloula, K., Sadi, N., & Aoues, A.-e.-K. (2015).** Étude phytochimique et activité antioxydante de l'extrait aqueux de *Pimpinella anisum* L. *Algerian Journal of Natural Products*.

- **Belmassous, N. (2017).** Etude phytochimique comparative des trois plantes connues antidiabétique issue de la région de Batna. Université Mohamed Khider de Biskra, Faculté des sciences exactes et sciences de la nature et de la vie, Département des sciences de la nature et de la vie.
- **Benrouibah, N., & Kadja, N. (2021).** L'inflammation et les maladies inflammatoires [Mémoire de Master, Centre Universitaire Abdel Hafid Boussouf - Mila]. Thèses-Algérie
- **Berkenhout, J. (1769).** Outlines of the natural history of Great Britain and Ireland: Containing a systematic arrangement and concise description of all the animals, vegetables and fossils which have hitherto been discovered in these kingdoms . 1:5. Londres: P. Elmsly
- **Bonnafous C Ph.D, (2013)** .Traité scientifique Aromatherapie. Aromatologie et Aromachologie. Édition Dangles, Escalquens, P 36, 66- 68.
- **Borghini, T., Laurence, V et Dagmar, K. (2013).** Fiche technique Protéine C réactive (CRP) et Vitesse de sédimentation (VS). Bourg
- **Botting RM, Botting JH (2000).** Pathogenesis and mechanism of inflammation and pain: An overview. Clinical Drug Investigation, 19, 1-7
- **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) . Thèses.fr. <http://www.theses.fr/2016LARE0003> /document
- **Bruneton, J., (1999).** Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes médicinales. Editions Tec & Doc, Paris, éditions médicales internationales. 483-560p.
- **Bursal, E., et Köksal, E. (2011).** Evaluation of reducing power and radical scavenging activities of water and ethanol extracts from sumac (*Rhus coriaria* L.). Food Research International, 44(7) :2217-2221.
- **Carcelain.G ; Chevailler . A ; Fournel. S ; Gubler. B ; Lelièvre.J ; Seillés. E ; Vitte. J. (2018).** Carsin . A .,et al. (2012) . Physiopathologie de l'asthme avec intolérance à l'aspirine. Concepts classiques et nouvelles voies métaboliques d'intérêt.Revue des Maladies Respiratoires .(29) : 118- 127.
- **Carl cruzilles et carole siebert, (2010).** Precessus inflammatoires et infectieux ; pp 200 ; (9,12) pp, Italie.
- **Carneiro, D. M., Freire, R. C., Honório, T. C. D., Zoghaib, I. V. J., Cardoso, F. F. D. S. e S., Tresvenzol, L. M. F., Paula, J. R. de, Sousa, A. L. L., Jardim, P. C. B. V., et Cunha, L. C. da. (2014).** Randomized, double-blind clinical trial to assess the acute diuretic effect of *Equisetum arvense* (field horsetail) in healthy volunteers. Evidence-

Based Complementary and Alternative Medicine, Article e760683.
<https://doi.org/10.1155/2014/760683>

- **Cetojevic-Simin DD, Canadanovic-Brunet JM, Bogdanovic GM, Djilas SM, Cetkovic GS, Tumbas VT and Stojiljkovic BT, (2010).** Antioxidative and antiproliferative activities of different horsetail (*Equisetum arvense* L.) extracts. *J Med Food*; 13(2): 452-459.
- **Chang J, Xuan L, Xu Y. (2001).** Three new phenolic glycosides from fertile sprout of *Equisetum arvense*. *Zhiwu Xuebao*, 43(2): 193-197.
- **Charles N Serhan, Peter A Ward and Derek W Gilroy (2010).** *Fundamentals of Inflammation*. Cambridge University Press, 2-3.
- **Charlton NC, Mastuygin M, Török B, Török M (2023).** Structural Features of Small Molecule Antioxidants and Strategic Modifications to Improve Potential Bioactivity. *Molecules*. 28(3) : 1057 P.
- **Cheriti, A., Rahmani, S. & Belboukhari, N. (2016).** Evaluation de l'activité anti-inflammatoire d'extraits aqueux de feuilles *Limoniastrum feei* (Plumbaginacea). *Algerian Journal of Arid Environment "AJAE"*, 6(1), 80-86.
- **Chevallier A(2001).** Larousse Encyclopédie des plantes médicinales, pour la présente édition, ,P 10
- **Chiolero, A., Würzner, G. & Burnier, M. (2000).** Les inhibiteurs sélectifs de la cyclooxygénase de type 2 : moins d'effets rénaux que les anti-inflammatoires non stéroïdiens classiques. *Néphrologie*, 21 : 425-430.
- **Dagnelie,(1999):** Tests d'ajustement à une loi et test d'indépendance de deux variables qualitatives analyse de la variance (1). faculté universitaire des sciences agronomiques B-5030 Gembloux (Belgique) In: Dayan A. et al. (éd.). *Manuel de gestion* (vol. 2). Paris, Ellipses, 876-890,
- **Dhabhar, F. S., Miller, A. H., McEwen, B. S., et Spencer, R. L. (1996).** Stress-induced changes in blood leukocyte distribution. Role of adrenal steroid hormones. *Journal of Immunology*, 157(4) : 1638–1644.
- **Djeridane,A., Yousfi,M., Nedjemi,B., Boutassouma,D., Stocker,P., et Vidal,N. (2006).** Antioxidant activity of some Algerian Medicinal Plants Extracts Containing Phenolic Compounds. *Food Chemistry*, 97 :654-660.
- **Do Monte FHM, dos Santos Júnior JG, Russi M, et al. (2004)** Antinociceptive and anti-inflammatory properties of the hydroalcoholic extract of stems from *Equisetum arvense* L. in mice. *Pharmacol Res* 49(3): 239–43

- **Donald P., (2000).** Medicinal plants and phytomedicines. Linking plant biochemistry and physiology to human health. Briskin. American Society of Plant Physiologists
- **Dunstan H., Florentine S. K., Calvino-cancela M., westbrooke M. E., Palmier G. C., (2013).** Dietary characteristics of Emus (*Dromaius novaehollandiae*) in semi-arid New South Wales, Australia
- **Egger, B., Daperno, M., et Frossard, J.-L. (2000).** Cytokine production in inflammatory bowel disease. *Scandinavian Journal of Gastroenterology*, 35(12) :1297–1303. Expérimentation, Usages, N°.13, 1-20 (2013)
- **European Medicines Agency. (2016).** Assessment report on *Equisetum arvense* L., herba (field horsetail) (EMA/HMPC/278089/2015). Committee on Herbal Medicinal Products (HMPC). Retrieved from <https://www.ema.europa.eu/en/documents/herbal-report/final->
- **Gasche, C., Lomer, M. C. E., Cavill, I et Weiss, G. (2004).** Iron, anaemia, and inflammatory bowel diseases. *Gut*, 53(8), 1190-1197.
gastrointestinal tract. *Journal of Leukocyte Biology*, 89(4) : 539–548.
- **Ghorbani, A., Rakhshandeh, H., et Sadeghnia, H. R. (2008).** Antihyperglycemic and antioxidant effects of *Equisetum arvense* L. in streptozotocin-induced diabetic rats. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 7(2) : 107–112.
- **Gleason HA, Cronquist A (1991).** Manual of vascular plants of vascular plants of Northeastern United and Adjacent Canada.
- **Gómez-Sierra T, Jiménez-Uribe A P, Ortega-Lozano A J, Ramírez-Magaña K J, Pedraza-Chaverri J (2020).** Antioxidants affect endoplasmic reticulum stress-related diseases. *Vitam Horm.* 121 : 169-196.
- **Hall, J. A., McDonald, C., et McDonald, J. A. (2011).** Neutrophil recruitment to the gastrointestinal tract. *Journal of Leukocyte Biology*, 89(4) : 539–548.
- **Hassane M, Mohammed EH, Abdelkhaleq L, Mohammed B, Mohammed A, Fouad A, Adnane R, Abderrahim Z. (2004).** Platelet anti-aggregant property of some Moroccan medicinal plants. *J. Ethnopharmacol*, 94:317-322.
- **Hayouni, E. A., Abedrabba, M., Bouix, M., et Hamdi, M. (2007).** The effects of solvents and extraction method on the phenolic contents and biological activities of Tunisian *Quercus coccifera* L. and *Juniperus phoenicea* L. fruit extracts. *Food Chemistry*, 105(3) : 1126–1134. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.02.010>
- **Hoffman Martins Do Monte F, Guilherme dos Santos J. Jr, Russi M, Nascimento Bispo Lanziotti V.M, Almeida Moreira Leal, L.K.M. & de Andrade Cunha G.M. (2004).** Antinociceptive and anti-inflammatory properties of the hydroalcoholic extract

of stems from *Equisetum arvense* L. in mice. *Pharmacological Research*, 49(3) : 239–243.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19086514>

- **Huh M. K. and Han M. D. (2015)**. Inhibitory effect of hyaluronidase and DPPH radical scavenging activity using extraction of *Equisetum Arvens*. *European Journal of Advanced Research in Biological and Life Sciences*, 3 (2): 2056-5984.
- **ISERIN P., MASSON M (2001)**. Larousse des plantes médicinales : identification, préparation, soins. 2^{ème} édition de VUEF, Hong Kong:p.8.
- **Iwalewa, E. O., McGaw, L. J., Naidoo, V., &Eloff, J. N. 2007**. Inflammation: the foundation of diseases and disorders. A review of phytomedicines of South African origin used to treat pain and inflammatory conditions. *African Journal of Biotechnology*, 6(25).
- **Jennewein, C., Tran, N., Paulus, P., Ellinghaus, P., Eble, JA et Zacharowski, K. (2011)**. Nouveaux aspects des fragments de fibrine(ogène) au cours de l'inflammation. *Médecine moléculaire*, 17(5-6), 568-573
- **Jerath R, Cearley SM, Jensen M (2016)** Widespread membrane potential changes *Journal of Pharmaceutical Research*, 7(2) : 107–112.
- **Karmakar, R., Bhattacharya, R., et Chatterjee, M. (2000)**. Étude biochimique, hématologique et histopathologique en relation avec l'hépatotoxicité induite par le cadmium chez la souris. *Biometals*, 13 : 231–239.
<https://doi.org/10.1023/A:1009279803842>
- **Kherbache, A. (2023)**. Activités anti-inflammatoires et antioxydantes d'extraits de *Helichrysum stoechas* (L.) Moench (Thèse de doctorat, Université Ferhat Abbas Sétif 1, Algérie). Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Département de Biochimie.
- **Kolgazi, M., Uslu, U., Yuksel, M., Velioglu-Ogunc, A., Ercan, F., et 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.
<https://doi.org/10.1016/j.cbi.2013.06.00>
- **Koohi-Hosseiniabadi, O., Koohpeyma, F., Safarpour, A. R., Nematollahy, P., Kazemi, M., Shahriarirad, R., Tanideh, R., Mojahedtaghi, M., Ghaemmaghani, P., Iraj, A., Goudarzi, K., et Tanideh, N. (2025)**. Effets antioxydants et anti-inflammatoires d'*Equisetum arvense* L. sur la colite ulcéreuse induite par l'acide chez le rat. *Scientific Reports*, 15(1), Article 13727. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-97693-x>

- **Kullmann, F., Messmann, H., Alt, M., Gross, V., Bocker, T., Schölmerich, J., et Rüschoff, J. (2001).** Clinical and histopathological features of dextran sulfate sodium-induced acute and chronic colitis associated with dysplasia in rats. *International Journal of Colorectal Disease*, 16(4) : 238–246. <https://doi.org/10.1007/s003840100311>
- **Kumar Vinay, Abul K Abbas, Nelson Fausto and Richard Mitchell (2007).** Robbins Basic Pathology, 8th Edition, 20-60.
- **Kumar , V., Abul, K. A., Nelson F. (2007).** Robbins Basic Pathology, 8th Edition, p.20-60
- **Kunkele U et Lobmeyer T.R.,(2007).** Plantes médicinales, Identification, Récolte, Propriétés et emplois. Edition parragon Books L tol : 33 -318.
- **Lehmann H. (2015).**Les plantes médicinales en France, entre pharmacie et herboristerie : aspects historiques et législatifs. *Annales Pharmaceutiques Françaises*, 56.
- **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>
- **Martinez-Cayuela M. (1995).** Oxygen free radicals and human disease. *Biochimie*, 77 :147-161.
- **Merlot, É. (2004).** Conséquences du stress sur la fonction immunitaire chez les animaux d'élevage. *INRA Productions Animales*, 17(4) : 255–264. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2004.17.4.3601>
- **Mimica-Dukić, N., Simin, N., Cvejić, J., Jovin, E., Orčić, D., et Božin, B. (2008).** Phenolic compounds in field horsetail (*Equisetum arvense* L.) as natural antioxidants. *Molecules*, 13(7) : 1455–1464. <https://doi.org/10.3390/molecules13071455>
- **Mimica-Dukić, N., Simin, N., Cvejić, J., Jovin, E., Orčić, D., et Božin, B. (2008).**
- **Minaiyan, M., Ghannadi, A., et Karimzadeh, A. (2006).** Anti-ulcerogenic effect of ginger (rhizome of *Zingiber officinale* Roscoe) on cysteamine-induced duodenal ulcer in rats. *DARU Journal of Pharmaceutical Sciences*, 14(2) : 97–101.
- **Miraldi E., Bains G.(2018).** Medicinal plants and health in human history: From empirical use to modern phytotherapy. *J Siena Acad Sci*, , 10 :7-12
- **Moussa IB, Descroix L, Maiga OF, Gautier E, Adamou MM, Esteves M, Yéro KS, Abdou MM, Mamadou I, Breton EL, Abba B. 2011.** Les changements d'usage des sols et leurs conséquences hydrogéomorphologiques sur un bassinversant endoréique sahélien. *Sécheresse*, 22: 13-24.

- **Mustafa, A., El-Medany, A., Hagar, H. H., et El-Medany, G. (2006).** Ginkgo biloba attenuates mucosal damage in a rat model of ulcerative colitis. *Pharmacological Research*, 53(4) : 324–330. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2006.01.008>
- **Mustafa, R. A., Hamid, A. A., Mohamed, S., et 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>
- **N. Bonard, et al.(2011).**, Fiche Toxicologique, N°. 149, Inrs, (2011).
- **Navdeep Singh Sandhu, Sarabjit Kaur, Divneet Chopra. (2010).** Pharmacognostic Evaluation of Equisetum arvense Linn. *International Journal of PharmTech Research* 2(2): 1460 1464; (Article 1)
- **Nemeth, E., Tuttle, M. S., Powelson, J., Vaughn, M. B., Donovan, A., Ward, D. M., Ganz, T., et Kaplan, J. (2004).** Hcpicidin regulates cellular iron efflux by binding to ferroportin and inducing its internalization. *Science*, 306(5704) : 2090–2093
- **Noack, M. et Kolopp-Sarda, M. N. (2018).** Cytokines et inflammation : physiologie, physiopathologie et utilisation thérapeutique. *Revue Francophone des Laboratoires*, 2018 :499, 28-37
- **Oh H, Kim DH, Cho JH, Kim YC. (2004).** Hepatoprotective and free radical scavenging activities of phenolic petrosins and flavonoids isolated from Equisetum arvense. *J. Ethnopharmacol*, 95: 421-424.
- **Patrice Magnard. (2014).** La réaction inflammatoire aiguë. Copyright 2000-2014 Maxicours RCS PARIS B432623429.
- **Pelt J.-M. (1980).** Les drogues. Leur histoire, leurs effets, Ed. Doin
- **Petrovska BB.(2012).** Historical review of medicinal plants' usage. *Pharmacogn Rev*, , 6(11):1- 5. doi: 10.4103/0973-7847.95849.
- **Prin L, Hachulla E., Hennache B., Bonnotte B., Dubucquoi S., Abbal M., Faure G., Bouletreau P., (2009).** Available from : http://w3med.univlille2.fr/inflammation/documents/Immuno_1.pdf.
- **Radulović Niko, Stojanović Gordana and Palić Radosav. (2006).** Composition and anti-microbial activity of Equisetum arvense L. essential oil. *Phytotherapy Research*, 20(1):85–88.
- **Rezaie A, Ahmadizadeh C, Mosavi G, Nazeri M, Jafari B, Ebadi R. (2011).** Comparative Study of Sedative, Pre-Anesthetic and Anti-Anxiety Effect of Equisetum

- arvense (horse's Tail) Extract with Diazepam on Rats. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 5(10): 786-789.
- **Roitt, I., J. Brostoff et D. Male (2002).** Immunologie. d. B. Université Bruxelles : De Boeck Université, p 480.
 - **Rousselet, J.M., Vignaud, P. Hofman F.P et Chatelet. (2005).** Inflammation et pathologie inflammatoire (Chapitre 3). G:/chapitre3inflamma.htm.
 - **Sánchez-Moreno, C. (2002).** Methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods and biological systems. Food Science and Technology International, 8(3) : 121–137.
 - **Sandhu, N. S., Kaur, S., et Chopra, D. (2010).** *Equisetum arvense*: Pharmacology and phytochemistry – A review. Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research, 3(3) : 146–150.
 - **Shahriarirad, R., Seifbehzad, S., Erfani, A., Nekouei, F., Ashkani-Esfahani, S., Hosseinzadeh, M., Tanideh, N., Koohi-Hosseiniabadi, O., et Sarkari, B. (2024).** Evaluation of *Salvia officinalis* in the treatment of acetic acid-induced ulcerative colitis in a rat model. Journal of Coloproctology, 44(3) : e156–e162. <https://doi.org/10.1055/s-0044-1787141>
 - **Simkin GO et al. (2000).** IL-10 contributes to the inhibition of contact hypersensitivity in mice treated with photodynamic therapy. J Immunol, 164(5) : 2457-2462.
 - **Sinha NS. (2012).** In vitro antibacterial activity of ethanolic extract of *Equisetum arvense* L. International Journal of Pharmaceutical and Biological Research, 3(1): 19121.
 - **Sola-Rabada A, Rinck J, Belton DJ, Powell AK and Perry CC. (2016).** Isolation of a wide range of minerals from a thermally treated plant: *Equisetum arvense*, a Mare's tale. Journal of Biological Inorganic Chemistry, 21(1): 101–112.
 - **Sonmez, M., Ince, H. Y., Yalcin, O., Ajdžanović, V., Spasojević, I., Meiselman, H. J., et Baskurt, O. K. (2013).** The role of membrane fluidity in determining red blood cell deformability: evaluation of linear alcohols using ektacytometry and EPR spectroscopy. PLoS ONE, 8(9) : e76579. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0076579>.
 - **Soubrier, M., Rosenbaum, D. & Tatar, Z. (2013).** Anti-inflammatoires non stéroïdiens et vaisseaux. Revue du rhumatisme, 80(3), 204-208.
 - **Takeshi Nagai, Takao Myoda, Toshio Nagashima. (2005).** Antioxidative activities of water extract and ethanol extract from field horsetail (tsukushi) *Equisetum arvense* L. Food Chemistry, 91 : 389–394.

- **Tsianos EV, Katsanos K. (2009).** Do we really understand what the immunological disturbances in inflammatory bowel disease mean? *World journal of gastroenterology: WJG*,15(5) : 521.
- **Unsal V, Cicek M, Sabancilar I (2020).** Toxicity of carbon tetrachloride, free radicals and role of antioxidants. *Rev Environ Health*. 36(2) : 279-295.
- **Veit M, Strack D, Czygan FC, Wray V, Witt L. (1991).** Di-E-caffeoyl-meso-tartaric acid in the barren sprouts of *Equisetum arvense*. *Phytochem*, 30(2): 527-529.
- **Viladomiu, M., Hontecillas, R. & Bassaganya-Riera J. (2016).** Modulation of inflammation and immunity by dietary conjugated linoleic acid. *European journal of pharmacology*, 785, 87-95.
- **Weill, B., et Batteux, F. (2003).** Immunopathologie et réactions inflammatoires. Bruxelles: De Boeck, 12-32.
<https://books.google.dz/books?id=W6PXmDcywP0C&lpg=PA95&hl=fr&pg=PA11#v=onepage&q&f=false>
- **Weiss, G et Goodnough, L. T. (2005).** Anemia of chronic disease. *New England Journal of Medicine*, 352(10), 1011-1023.
- **Wong, C.C., Li, HB., Cheng, KW., Chen, F. (2006).** A systematic Survey of antioxidant activity of 30 Chinese medicinal plants using the ferric reducing antioxidant power assay. *Food Chem.*,97 :705-711.
- **Yen, G. C., et Duh, P. D. (1994).** Scavenging effect of methanolic extracts of peanut hulls on free-radical and active-oxygen species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42(3) : 629–632.
- **Yildirim, A., Karakaya, S., et Duman, H. (2008).** Effect of *Equisetum arvense* extract on the pancreas of streptozotocin-induced diabetic rats *Journal : Acta Histochemica*, 110(6) : 510–514. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19086577>.
- **Yukitake, J., et Yamamoto, Y. (2011).** Enhancement of cytokine (IL-2, IFN- γ) production in Th1 cells by crude protein extract of *Equisetum arvense* LINNE. *Journal of Analytical Bio-Science*, 34(5) : 339–344
- **Zhao, C. N., et al. (2014).** Antioxidant activities of polyphenols extracted from tea leaves (*Camellia sinensis*) and their structure-activity relationship. *Food Chemistry*, 153 : 296-302.