



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



**Faculté des sciences**  
**Département de Sciences Agronomiques**  
**En Vue de l'obtention du Diplôme de Master**  
**En Sciences Agronomiques**  
**Spécialité : Systèmes de production Agro-écologique**  
**Thème :**

**Etude de l'effet de l'emploi de thé de vermicompost sur la culture de  
certaines fleurs.**

**Présenté par :**

- Helimi Nachoua**
- Bouchoucha Boutheyne**
- Ballout Malek**
- Snani Oumaima**

**Soutenue devant le jury :**

<b>Encadreur :</b>	<b>Laib Djamel Eddine</b>	<b>M.A.A.</b>	<b>Univ skikda</b>
<b>Président(e) :</b>	<b>Sayed Ibtissem</b>	<b>M.C.B</b>	<b>Univ skikda</b>
<b>Examineur :</b>	<b>Hafsi Zakaria</b>	<b>M.C.B</b>	<b>Univ skikda</b>

**Année Universitaire :2023-2024**

# Remerciements

*Je remercie tout d'abord Dieu tout puissant et miséricordieux de m'avoir donné santé, force, courage, volonté et patience pour réaliser ce travail.*

*J'adresse mes plus vifs remerciements à **Mr Laib Djamel Eddine** qui m'a proposé cet intéressant thème de travail. J'ai beaucoup apprécié ses qualités scientifiques, humaines et surtout son optimisme tout le long du parcours. Je la remercie pour son aide, sa disponibilité, ses précieux conseils. Ce fut un plaisir et une chance de travailler avec lui.*

*Je tiens également à exprimer ma reconnaissance aux membres de jury qui ont accepté la lourde charge d'être examinateur de ce travail : **Mr . Hafsi Zakaria** et **Mme . Sayed Ibtissem** qui nous a fait l'honneur de présider le jury de la soutenance.*

## " Dédicace "

" Et la dernière de ses supplications sera : Louange à Allah, Seigneur de l'univers."

Louange à Allah au début et à la fin, car rien ne se fait sans Lui, ni effort ni succès, sauf par Sa grâce. Ni la solution est proche, ni le chemin est facile, mais je l'ai faite et réussie, et j'en suis reconnaissante même si elle était difficile à accepter.

Je dédie avec tout mon amour ce travail

À ma mère , mon ange gardien, ma force après Allah, mon premier et éternel soutien, à celle qui m'a soutenu sans limites et m'a donné sans rien attendre en retour. Je te dédie cette réalisation, sans tes sacrifices, elle n'aurait pas été possible ( **Metallaoui Nadjet** )

À mon père , une source de respect et de crainte d'Allah, celui qui m'a appris à donner sans attendre en retour, celui dont je porte le nom avec fierté ( **Helimi Nour Elddine** )

À celui qui a dit à mon sujet : " Je vais te soutenir comme ton frère "

Celui qui a tendu la main sans jamais se lasser ni se lasser de moi, mon frère , que Dieu te garde comme un pilier stable pour moi ( **Nabih** )

À celle qui a été une lumière dans mes moments sombres, quand les tempêtes et les difficultés me submergeaient, celle qui était ma sécurité, ma sœur ( **Nour Elhouda** )

À ceux qui m'ont comblé d'amour, qui m'ont toujours donné de la force et ont été mon refuge dans toutes mes difficultés, ( **Metallaoui Abd Alhak , Zohier , Karima , Samira** )

À mes amies , mes compagnes des premiers pas et des pas avant la dernière étape, celles qui ont été des nuages porteurs durant ces années difficiles ( **Rania , Amani , Boutheyne , Malek , Oumaima** )

À ceux qui incarnent le savoir et la connaissance, ceux qui portent la mission la plus sacrée dans la vie, ceux qui ont tracé pour nous le chemin de la connaissance et de la sagesse, ( **nos chers enseignants** )

**Dédicace à tous ceux qui me connaissent**

- Nachoua -

## " Dédicace "

Louange à Allah par amour, gratitude et reconnaissance pour le commencement et la fin - "Et la dernière de leurs supplications sera: Louange à Allah, Seigneur de l'univers".

Me voici aujourd'hui, debout sur le seuil de ma remise de diplôme, cueillant les fruits de mes efforts et levant mon chapeau... Alors, Seigneur, à Toi la louange avant que Tu ne sois satisfait, à Toi la louange lorsque Tu es satisfait, à Toi la louange après la satisfaction.

À ceux qui m'ont accompagné dans la réalisation de ce succès et la concrétisation de mon rêve.

Je tiens à dédier le fruit de mon succès et de ma remise de diplôme à celui qui m'a soutenu sans limites et m'a donné sans rien attendre en retour, à celui qui m'a appris que la vie est un combat et que son arme est la connaissance, mon premier soutien dans ma carrière, ma fierté et mon honneur, ma force et mon succès... **(Houcine)**

À celle qui a partagé mes rêves et a tracé avec moi les contours de ce grand succès, à mon amie et mon enseignante, à mon ange, à la signification de l'amour et de la tendresse, au secret de mon existence, à celle dont les prières sont le secret de mon succès et à qui Allah a placé le paradis sous ses pieds...

**(Chama)**

À mon pilier et mon refuge, à ceux qui se distinguent par leur fraternité, leur fidélité, leur sincérité et leur générosité **(Fouad fayçal , Alla eddine , Zakaria)**

À ceux qui sont les sources de la pureté et de la sincérité, à ceux avec qui j'ai trouvé la joie, et qui m'ont accompagné sur les chemins de la vie, doux et amers, à ceux qui ont été avec moi sur le chemin du succès et du bien... **(Wissam , Ahlam , Amel , Nachoua , Malek , Oumaima)**

**Boutheyna**

## " Dédicace "

À Allah avant toute chose,  
Louanges à Allah comme Il se doit, pour Ta face et Ton immense pouvoir.  
Celui qui a dit "Je le veux" l'a obtenu.

Le voyage n'était pas court, et il ne devrait pas l'être.  
Le rêve n'était pas proche, et le chemin n'était pas pavé de facilités, mais je l'ai fait et je l'ai réalisé.

À mon père, le meilleur soutien que j'avais dans l'adversité,  
À celui sur lequel je me suis appuyé dans ma fatigue et ma tristesse, à l'épaule sur laquelle j'ai posé  
mes fardeaux,

À mon cher et aimé, que j'aime autant que ce monde, au paradis d'ici-bas et de l'au-delà,  
( **Kamel** )

À celle qui possède un paradis sous ses pieds,  
À celle dont le cœur est le plus tendre pour celui dont les erreurs étaient aveugles sans lumière,  
À ma bénédiction et au paradis de mon cœur,  
À celle qui m'a porté dans son ventre pendant neuf mois et qui a illuminé notre maison, ma chère  
mère,  
( **Salima** )

À ceux qui ont cru en mes capacités et en la sécurité de mes jours, "mes sœurs", qu'Allah vous  
préserve,

À ceux dont on a dit à leur sujet - Nous renforcerons ton bras avec ton frère -.

( **Nada , Ala Erhman , Baraa** )

Pour celles qui sont à nos côtés sans raison, sans conditions et sans intérêts, mes amies, je remercie  
Dieu de vous avoir données à moi ( **Nachoua , Oumaima , Boutheyra** )

**Malek**

## " Dédicace "

Celui qui a dit "Je le veux" l'a obtenu,

Et moi, malgré tout, je l'ai apporté.

Je l'ai réussi et aujourd'hui j'embrasse une grande gloire. Je l'ai réalisé après qu'elle ait semblé impossible, sur des chemins difficiles, des routes où j'ai perdu beaucoup, mais je suis arrivé.

Louange à Allah par amour, gratitude et reconnaissance. Louange à Allah par Sa grâce, j'ai atteint les plus nobles objectifs.

Je dédie avec tout mon amour et toute ma quête d'accomplissement,

À moi-même, la grande et forte, qui a enduré tous les obstacles et a réussi malgré les difficultés.

À ceux qui m'ont appris que la vie est un combat et que son arme est le savoir et la connaissance, à ceux qui ne m'ont rien refusé, à ceux qui ont lutté pour mon confort et mon succès, à mes personnes les plus importantes et les plus chères pour mon âme, ma mère et mon père, que vous viviez en bien-être, amour et santé pour toute la vie, à mes meilleurs jours et à leur douceur ( **Rachid , Souheyla** )

À ceux qui ont tendu leurs mains vers moi dans mes moments de faiblesse, qui ont cru en ma capacité, à mon pilier solide et au refuge de mon cœur, mes sœurs ( **Ghofrane , Ritadj , Safya , Mosleh** )

Pour celles qui sont à nos côtés sans raison, sans conditions et sans intérêts, mes amies, je remercie Dieu de vous avoir données à moi ( **Nachoua , Malek , Boutheyra** )

En conclusion, aujourd'hui je me tiens devant vous, mon cœur empli d'un mélange de sentiments contradictoires, la joie de l'accomplissement et la tristesse de la séparation, des sentiments mêlés de souvenirs d'un long voyage éducatif rempli de défis et de réalisations.

**Oumaima**

## *Liste d'abréviations*

**m** : metre

**cm** : centimetre

**µm** : micrometre

**RMN** : Résonance magnétique nucléaire

**HPLC** : Chromatographie en phase liquide à haute performance

**CCM** : La chromatographie sur couche mince

**VIH-1** : Le virus de l'immunodéficience humaine

**GC-MS** : Chromatographie en phase gazeuse – Spectrométrie de masse

**HSV-I** : Virus herpes simplex-I

**VSV** : Virus de la stomatite vésiculeuse

**IL-6** : Interleukine-6

**TNF-a** : Facteur de nécrose tumorale-a

**IFN-γ** : Interféron-γ

**COX-2** : Cyclooxygénase-2

**CO** : Calendula officinalis

**mg** : Milligram

**ml** : Millilitre

**TBA** : Acide thiobarbiturique

**FTC** : Thiocyanate ferrique

**SIDA** : Syndrome d'immunodéficience acquise

**NF-κB** : Facteur nucléaire kappa-light-chain enhancer of activated B cells

**STAT3** : Facteur de transcription et activateur de la transcription 3

**CMI** : Concentration minimale inhibitrice

**CMB** : La concentration minimale bactéricide

**LC** : Chromatographie liquide

**MS** : Spectrométrie de masse

**ESI-MS** : La spectrométrie de masse par ionisation électrospray

**HPLC-UV** : La chromatographie liquide à haute performance

**g** : Gram

**pg** : Picogram

**TMRL** : Transactions sur la recherche sur l'apprentissage automatique

**kg** : Kilogram

**HCTZ** : Hydrochlorothiazide

**mm** : Millimetre

**hg** : Hectogram

**DHEA** : Déhydroépiandrosterone

**°C** : Degré celsius

## *Liste d'abréviations*

**PH** : Potentiel de l'hydrogène

**L** : Litre

**nm** : Nanometre

**µg** : Microgram

**V** : Volume

<b>Figure 1.</b> <i>Mirabilis jalapa</i> L.....	<b>3</b>
<b>Figure 2.</b> <i>Calendula officinalis</i> L .....	<b>8</b>
<b>Figure 3.</b> <i>Mirabilis jalapa</i> L.....	<b>17</b>
<b>Figure 4.</b> Etapes de préparation de vermicompost .....	<b>27</b>
<b>Figure 5.</b> Préparation du thé de vermicompost .....	<b>27</b>
<b>Figure 6.</b> Application de thé de vermicompost .....	<b>28</b>
<b>Figure 7.</b> Extraction et Mesure du taux de chlorophylle.....	<b>29</b>
<b>Figure 8.</b> Effet de l’application de thé vermicompost sur la longueur de la tige de <i>T. majus</i> .....	<b>31</b>
<b>Figure 9.</b> Effet de l’application de thé vermicompost sur la longueur des feuilles de <i>T. majus</i> .....	<b>31</b>
<b>Figure 10.</b> Effet de l’application de thé vermicompost sur la larguer des feuilles de <i>T. majus</i> .....	<b>32</b>
<b>Figure 11.</b> Effet de l’application de thé vermicompost sur le chlorophylle total de <i>T. majus</i> .....	<b>32</b>
<b>Figure 12.</b> Effet de l’application de thé vermicompost sur la longueur de la tige de <i>M.jalapa</i> .....	<b>33</b>
<b>Figure 13.</b> Effet de l’application de thé vermicompost sur la longueur des feuilles de <i>M.jalapa</i> .....	<b>33</b>
<b>Figure 14.</b> Effet de l’application de thé vermicompost sur la larguer des feuilles de <i>M.jalapa</i> .....	<b>34</b>
<b>Figure 15.</b> Effet de l’application de thé vermicompost sur le chlorophylle total de <i>M.jalapa</i> .....	<b>34</b>
<b>Figure 16.</b> Effet de l’application de thé vermicompost sur la longueur de la tige de <i>C.officinalis</i> .....	<b>35</b>
<b>Figure 17.</b> Effet de l’application de thé vermicompost sur la longueur des feuilles de <i>C.officinalis</i> .....	<b>35</b>
<b>Figure 18.</b> Effet de l’application de thé vermicompost sur la largeur des feuilles de <i>C.officinalis</i> .....	<b>36</b>
<b>Figure 19.</b> Effet de l’application de thé vermicompost sur le chlorophylle total de <i>C.officinalis</i> .....	<b>36</b>

<b>Remerciements</b>	
<b>Dédicaces</b>	
<b>Liste de figures</b>	
<b>Liste d'abréviations</b>	
<b>Introduction</b> .....	<b>1</b>
<b>Partie bibliographique</b> .....	<b>2</b>
<b>Chapitre 1 : <i>Mirabilis jalapa</i> L.</b> .....	<b>3</b>
<b>1.Morphologie</b> .....	<b>3</b>
<b>2.Distribution géographique</b> .....	<b>4</b>
<b>3.Utilisations traditionnels</b> .....	<b>4</b>
<b>3.1. Utilisation générale</b> .....	<b>4</b>
<b>3.2. Feuilles</b> .....	<b>4</b>
<b>3.3. Racines</b> .....	<b>4</b>
<b>3.4. Fleurs</b> .....	<b>5</b>
<b>4.composition chimique et activités biologiques</b> .....	<b>5</b>
<b>4.1. Racines</b> .....	<b>5</b>
<b>4.2. Feuilles</b> .....	<b>5</b>
<b>4.3. Graines</b> .....	<b>5</b>
<b>4.4. Fleurs</b> .....	<b>6</b>
<b>4.5. Parties aériennes</b> .....	<b>6</b>
<b>5.Activités biologiques</b> .....	<b>6</b>
<b>5.1. Activité antivirale</b> .....	<b>6</b>
<b>5.2. Activité antibactérienne</b> .....	<b>7</b>
<b>5.3. Activité antioxydante</b> .....	<b>7</b>
<b>5.4. Activité antidépressive</b> .....	<b>7</b>
<b>5.5. Activité cytotoxique</b> .....	<b>7</b>
<b>5.6. Activité anti-inflammatoire</b> .....	<b>7</b>
<b>5.7. Activité antifongique</b> .....	<b>7</b>
<b>5.8. Activité antinociceptive</b> .....	<b>7</b>
<b>Chapitre 2 : <i>Calendula officinalis</i> L</b> .....	<b>8</b>
<b>1.Morphologie</b> .....	<b>8</b>
<b>2.Distribution géographique</b> .....	<b>8</b>
<b>3.Utilisations traditionnels</b> .....	<b>9</b>
<b>4.Composition chimique</b> .....	<b>9</b>
<b>5.Activités biologiques</b> .....	<b>10</b>
<b>5.1. Activité anti-inflammatoire</b> .....	<b>11</b>
<b>5.2. Activité Antioxydante</b> .....	<b>12</b>
<b>5.3.Activité Cytotoxique et Antitumorale</b> .....	<b>13</b>

5.4. Activité de Cicatrisation.....	13
5.5. Activité antimicrobienne .....	14
5.5.1. Activité antibactérienne .....	14
5.5.2. Activité antiprotozoaire.....	16
5.5.3. Activité antifongique .....	16
Chapitre 3 : <i>Tropaeolum majus</i> L.....	17
1. Morphologie .....	17
2. Utilisation traditionnelle .....	17
3. Composition chimique .....	18
4. Activités biologiques.....	21
4.1. Activité antimicrobienne .....	22
4.2. Activité antioxydante .....	23
Matériel et Méthodes .....	26
1. Matériel végétal.....	26
2. La préparation de vermicompost (vermicompostage) .....	26
2.1. Phase de pré-compostage initiale .....	26
2.2. Phase mésophile .....	26
2.3. Phase de maturation et de stabilisation .....	26
3. La préparation de thé de vermicompost.....	27
4. L'effet d'application des doses de thé de vermicompost sur les 3 fleurs.....	28
5. Extraction et mesure du taux de chlorophylle.....	28
6. Analyse des données statistiques.....	30
Résultats et discussion... ..	31
1. Résultats .....	31
2. Discussion... ..	37
Conclusion... ..	40
Références bibliographiques... ..	41

## Introduction

Les fleurs jouent un rôle crucial dans nos vies et sont étroitement liées aux moments les plus marquants de l'expérience humaine, tels que les célébrations (Roberts, 2000). Elles sont appréciées non seulement pour leur beauté esthétique, mais aussi pour leurs propriétés nutritives et médicinales (Sharma, 2011). Parmi les 422 000 plantes à fleurs répertoriées dans le monde, plus de 50 000 sont utilisées à des fins médicinales (Shubhashree, 2015).

Pour augmenter la productivité et améliorer les qualités physico-chimiques des sols, ainsi qu'assurer des rendements élevés et satisfaire la demande croissante en produits alimentaires et plantes médicinales, l'utilisation d'engrais synthétiques s'avère efficace et rentable. Cependant, leur application intensive conduit à l'accumulation de substances toxiques dans l'eau et les tissus végétaux, réduit la valeur nutritive des plantes récoltées, diminue la biodiversité microbienne, la capacité de rétention d'eau et la fertilité du sol, menaçant ainsi la production durable et la santé des écosystèmes (Lori *et al.*, 2017 ; Surekha *et al.*, 2010 ; Hartmann *et al.*, 2015 ; Ekholm *et al.*, 2017 ; Nygaard Sorensen et Thorup-Kristensen, 2011 ; Nosheen *et al.*, 2021).

Pour atténuer ces effets néfastes et répondre à la demande croissante en nourriture et plantes médicinales, résultant de l'expansion continue de la population mondiale, l'agriculture biologique devient une nécessité. Ce système de production agricole vise à cultiver des cultures et améliorer la qualité des aliments sans recourir aux produits chimiques. Il utilise des ressources naturelles telles que les biofertilisants ou engrais organiques non toxiques et faciles à appliquer, afin de maintenir la structure et la fertilité du sol, la biodiversité, l'équilibre environnemental, la durabilité écologique, les ressources non renouvelables et la santé humaine (Behera *et al.*, 2022 ; Roos *et al.*, 2018 ; Yadav *et al.*, 2022 ; Jaipaul *et al.*, 2011 ; Ramesh *et al.*, 2005 ; Ramakrishnan *et al.*, 2021 ; Thomas et Singh, 2019 ; Nosheen *et al.*, 2021).

L'utilisation de thé de vermicompost constitue une alternative primordiale pour remplacer les engrais chimiques nocifs, grâce à sa richesse en nutriments, microorganismes et enzymes bénéfiques (Atiyeh *et al.*, 2001 ; Edwards et Arancon, 2004).

Dans ce contexte, la présente étude est focalisée sur l'étude de l'effet de l'emploi de thé de vermicompost sur la culture des fleurs : *Mirabilis jalapa L.*, *Calendula officinalis L.*, *Tropaeolum majus L.*

Ce travail est structuré en trois parties. La première partie est consacrée à une revue bibliographique mettant l'accent sur *Mirabilis jalapa L.*, *Calendula officinalis L.*, et *Tropaeolum majus L.* La deuxième partie décrit le matériel et les méthodes utilisés, ainsi que les objectifs de l'étude, notamment l'effet de l'utilisation de thé de vermicompost sur plusieurs

paramètres morphologiques et sur le taux de chlorophylle des trois fleurs étudiées. La troisième partie présente les résultats obtenus au cours des différentes expériences effectuées.

## 1. Morphologie

*Mirabilis jalapa* L. est une plante herbacée vivace buissonnante qui peut atteindre jusqu'à 1 mètre de hauteur. Elle pousse généralement de 0,6 à 0,9 m de hauteur et de largeur égale. Les tiges sont enflées aux nœuds. Les racines sont épaisses, tubéreuses et ont un diamètre de 10 cm ou plus. Les racines sont des tubercules proéminents. Les feuilles sont ovales et cordiformes. Elles sont opposées, de 3,5 à 7,5 cm de large, de 5 à 10 cm de long, inégales, ovales à sub-cordées. Les fleurs, en forme d'entonnoir à tige courte, sont regroupées, subtendues par un involucre de 5 bractées ovales, connées, striées ou tachetées, parfumées, de couleur blanche, jaune, violette ou rouge. Les fleurs s'ouvrent généralement à partir de la fin de l'après-midi. Les fleurs sont regroupées par trois, avec cinq bracelets verts ; entourent le périanthe ; généralement jaune ; cramoisi, blanc ou panaché et s'ouvrent le soir. Le périanthe est en forme d'entonnoir et à 5 lobes. Les étamines sont au nombre de 3 à 6 et saillantes. Les fleurs sont auto-compatibles, parfaites, chaque fleur ayant de 5 à 6 étamines et un ovaire à un seul ovule. Les fruits sont ellipsoïdes, rugueux et à une seule graine. Les anthocarpes sont globuleux et noirs à maturité. Les graines noires sont deux fois la taille du grain de poivre. Les fruits à une seule graine sont sphériques, ridés, et noirs à maturité, après avoir commencé vert jaunâtre. Les fruits sont coriaces, obovoïdes. La forme des grains de pollen de *M. jalapa* est sphéroïdale, oblate sphéroïdale, avec un diamètre variant de 125 à 140  $\mu\text{m}$  et une épaisseur de 10 à 15  $\mu\text{m}$ . L'ornementation de l'exine est spinuleuse ; les spinules mesurent de 0,5 à 1  $\mu\text{m}$  de haut, distribuées de manière aléatoire, le type d'ouverture est pantoporé avec un nombre variant de 18 à 20, le diamètre de l'ouverture varie entre 6,3 et 10  $\mu\text{m}$ , tandis que la membrane de l'ouverture est ornée, avec des spinules et des granules. Le dimorphisme du pollen est fréquemment observé chez cette espèce (blanc-rose, mixte et mixte radié) ; des grains géants occasionnels, dimorphes, anormaux, déformés et conjoints ont été observés. Tous ces grains de pollen anormaux, sauf les grains de pollen géants, sont stériles (figure 1) (Khurian, 2003 ; Chetty *et al.*, 2008 ; Pramanick *et al.*, 2015).



**Figure 1.** *Mirabilis jalapa* L. A. plante, B. feuilles, C. fleurs, D. grains, E. racine

## **2. Distribution géographique**

Cette espèce envahissante peut être trouvée partout dans le monde, dans des sites distribués comprenant des terrains vagues, d'anciens sites domestiques. Elle est également cultivée dans des milieux anthropogènes, des prairies et des champs. C'est l'espèce de *Mirabilis* la plus couramment cultivée comme plante ornementale et elle est disponible dans une gamme de couleurs. *M. jalapa* est une plante herbacée avec de nombreuses branches, des plantes pérennes qui existent dans les régions méridionales et chaudes de l'ouest, et annuelles dans la région nordique plus fraîche de son Amérique du Sud tropicale natale. Elle a été naturalisée dans de nombreuses parties du monde (The Merck Index, 2001).

## **3. Utilisations traditionnelles**

### **3.1. Utilisation générale**

Depuis l'Antiquité, toute la plante ainsi que les parties individuelles de *M. jalapa* Linn. sont traditionnellement utilisées pour guérir une variété de maux humains. Il a été rapporté que les peuples autochtones mexicains utilisent diverses décoctions et préparations de *M. jalapa* Linn. pour le traitement de la dysenterie. Il est utilisé pour les douleurs musculaires, la diarrhée et les coliques abdominales par des personnes de différents pays. La décoction de toute la plante est prise par voie orale pour traiter les infections rénales pour la diurèse (Harpreet *et al.*, 2014).

### **3.2. Feuilles**

L'infusion des feuilles était appliquée localement pour réduire l'enflure des fractures osseuses ou des torsions. Les feuilles sont utilisées dans l'inflammation, les furoncles, les propriétés purgatives et émétiques. Les feuilles sont écrasées et mélangées avec du sel en cas de entorse et de contusion. Les feuilles ont un goût prononcé et sont généralement utilisées pour l'inflammation, utilisées également pour être appliquées sur les furoncles, les phlegmons comme maturant. Les feuilles sont frites dans du beurre clarifié et sont fixées sur l'abcès. Les feuilles bouillies sont consommées pour réduire les douleurs corporelles. La pâte de feuilles est utilisée dans l'aménorrhée et la dysménorrhée chez les femmes, les éruptions cutanées, et a également des propriétés émoullientes (Vanker et Dhara, 2010).

### **3.3. Racines**

En Amérique latine et en Afrique du Sud, les racines de *M. jalapa* Linn. étaient traditionnellement utilisées pour leurs propriétés purgatives, émétiques et cathartiques. À Madagascar, la plante *M. jalapa* était utilisée pour traiter les douleurs intestinales.

### 3.4. Fleurs

Les fleurs de *M. jalapa* Linn. sont trempées dans l'eau pour fournir un colorant cramoisi utilisé dans la Chine ancienne pour préparer des gâteaux et des gelées. Une poudre cosmétique était également fabriquée au Japon à partir de la poudre de graines (Sharma *et al.*, 2001).

## 4. Composition chimique et activités biologiques

### 4.1. Racines

La racine est la plus grande source de contenu biologique dans *Mirabilis jalapa* Linn. Les racines contiennent 3% de résine, de la trigonelline, des glucides qui, lors de l'hydrolyse, produisent du galactose et de l'arabinose. En utilisant la chromatographie en colonne et la spectrographie RMN et de masse, certains des phytoconstituants sont isolés de la racine. Une protéine antivirale active contre la transmission mécanique des virus végétaux a été isolée et purifiée à partir des racines. Les rotenoïdes mirabijalone A, B, C, et D ainsi que le 9-O-méthyl-4-hydroxyboeavinone-B et le 1,2,3,4-tétrahydro- méthylisoquinoline-7,8-diol ont été isolés de la racine. La boeavinone, l'urée, le monoicosate de glycérol, et le bêta-sitostérol ont été isolés de l'extrait de racines à 75% d'éthanol. L'étude suggère que la consommation de racine de *Mirabilis jalapa* peut prévenir les complications de l'hyperglycémie associée au diabète (Wang et Dai, 2012).

### 4.2. Feuilles

Les feuilles sont une autre source riche de constituants biologiquement importants. Dans l'ancien sous-continent indien, les feuilles de *Mirabilis jalapa* étaient utilisées comme médecine traditionnelle ainsi que dans l'ère moderne. Les flavonoïdes quercétine et C-glycosyl-flavonoïde sont rapportés dans les feuilles. La tricosan-12-one, le n-hexacosanal, le  $\beta$ -sitostérol et l'acide tétracosanoïque ont été isolés des feuilles, et l'acide tartrique, l'acide citrique, la leucine, la valine, le tryptophane, l'alanine et la glycine ont été détectés par chromatographie sur papier (Zhou *et al.*, 2012).

### 4.3. Graines

Beaucoup de composants chimiques ont été trouvés dans les graines de *M. jalapa* Linn. utilisés dans le traitement de diverses maladies. De l'acide gras a été trouvé dans l'huile de graine comme composant mineur et désigné comme acide 8-hydroxyl-octadeca-cs- 11, octadeca-14-diénique. Des acides aminés tels que l'arginine, l'histidine, la glycine, la thréonine, la tyrosine ont été trouvés dans les graines (Michalet *et al.*, 2007). Deux nouveaux peptides antimicrobiens nommés Mj-AMP-1 et Mj-AMP-2 ont également été isolés et purifiés à partir de graines et caractérisés (Cammue *et al.*, 1992).

#### 4.4. Fleurs

Contrairement aux autres parties, la fleur ne contient pas beaucoup de constituants biologiquement puissants. Mais certains des contenus biologiques ont été isolés des fleurs de *M. jalapa* comme les miraxanthines I-III, Miraxanthines IV, indicaxanthine et vulgoxanthine. Les bétaxanthines sont également détectées dans la fleur en combinant la technique de séparation par HPLC avec sa propriété de fluorescence (Encarnacion *et al.*, 1998).

#### 4.5. Parties aériennes

Des triterpènes et des flavonoïdes sont collectés à partir des parties aériennes de *M. jalapa*, qui ont un effet considérable sur plusieurs fins médicinales (Siddiqui *et al.*, 1994). L'analyse chimique des différentes parties de *Mirabilis jalapa* Linn. a révélé la présence d'alcaloïdes, de flavonoïdes, de phénols, de stéroïdes, de triterpènes, de glycosides, de tanins, de saponines et de lignines. L'étude détaillée de ces composés à partir de la CCM a visualisé l'alanine, l'arabinose, le campesterol, le daucostérol et la dopamine, le D-glucane, l'hexacon-1-ol, l'indicaxanthine, les isoflavones de C-méthylabron, le n-dotriacontane, le n-nonacosane, le n-pentacosane, le n-triacontane (Kaladhar et Nandikolla, 2010). Les fleurs contiennent principalement des anthocyanines et des flavonoïdes. Plusieurs composés actifs ont été extraits de différents organes de *Mirabilis jalapa* L., notamment des composés phénoliques antifongiques, la protéine inactivante des ribosomes associée à l'activité antivirale, des peptides antimicrobiens, et des rétinoïdes qui sont des inhibiteurs puissants de la transcriptase inverse du VIH-1. L'extrait alcoolique de *M. jalapa* est une source potentielle de composés actifs contre les organismes entériques pathogènes (Eneji *et al.*, 2011). Environ vingt constituants chimiques différents ont été identifiés à partir de l'extrait méthanolique de la plante entière de *Mirabilis Jalapa* par analyse par chromatographie en phase gazeuse spectrométrie de masse. La présence de divers composés bioactifs justifie l'utilisation de plantes entières pour diverses affections par les praticiens traditionnels. L'analyse GC-MS de *Mirabilis jalapa* L. a révélé l'existence du composé éther-3, 3'-méthylènebis (4-hydroxycoumarine), ND-alpha-phénylglycine, laminaribiitol, 3-(4- (diméthylamino) cinnamoyl) 4-hydroxycoumarine, Quatre nouveaux rotenoïdes nommés mirabijalone A-D1, boeravinone C et F, ainsi que le 9-O- méthyl-4-hydroxyboeravinone B et le 1,2, 3, 4-tétrahydro-1-méthyl le 1,2, 3, 4-tétrahydro-1-méthylisoquinoline-7(Rozina, 2016).

### 5. Activités biologiques

#### 5.1. Activité antivirale

Des composés antiviraux provenant de plantes ont montré une activité contre divers virus affectant les animaux, les plantes et les humains. Les feuilles de *M. jalapa* Linn. ont

démontré une activité antivirale contre HSV-I et VSV lors de tests préliminaires de réduction des plaques. De plus, une protéine inactivante des ribosomes, largement présente dans *M. jalapa* L., a montré une activité antivirale comparable à celle des racines et des feuilles de la plante originale (Akintobi *et al.*, 2011).

### 5.2. Activité antibactérienne

*M. jalapa* Linn. a démontré une activité antibactérienne significative contre un large éventail de micro-organismes. Les extraits alcooliques de *M. jalapa* ont montré une activité potentielle contre les bactéries, y compris *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhi*, *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Vibrio cholerae*, *Serratia marcescens* et *Pseudomonas aeruginosa* (Eneji *et al.*, 2011).

### 5.3. Activité antioxydante

L'extrait de *M. jalapa* Linn. a montré une activité antioxydante modeste. Les flavonoïdes présents dans l'extrait sont considérés comme responsables de cette activité antioxydante (Aher *et al.*, 2016).

### 5.4. Activité antidépressive

L'extrait éthanolique de la racine de *M. jalapa* a montré une activité antidiabétique, suggérant son potentiel pour prévenir les complications de l'hyperglycémie associées au diabète (Wang et Dai, 2012).

### 5.5. Activité cytotoxique

L'extrait de feuilles de *M. jalapa* Linn. a montré une activité cytotoxique potentielle dans le bioessai de létalité des nauplii d'artémies, soutenant ainsi ses activités anticancéreuses (Zhou *et al.*, 2012).

### 5.6. Activité anti-inflammatoire

Les extraits alcooliques, aqueux et d'éther de pétrole des feuilles de *M. jalapa* L. ont montré une activité anti-inflammatoire dans divers modèles chez les rats albinos Wistar (Zhou *et al.*, 2012).

### 5.7. Activité antifongique

Les extraits de *M. jalapa* ont montré une activité antifongique contre *Aspergillus niger*, *Fusarium solani*, *Fusarium oxysporum*. De plus, deux composés phénoliques isolés de *M. jalapa* L. ont montré une activité antifongique contre *Candida albicans* (Mohammed, 2012).

### 5.8. Activité antinociceptive

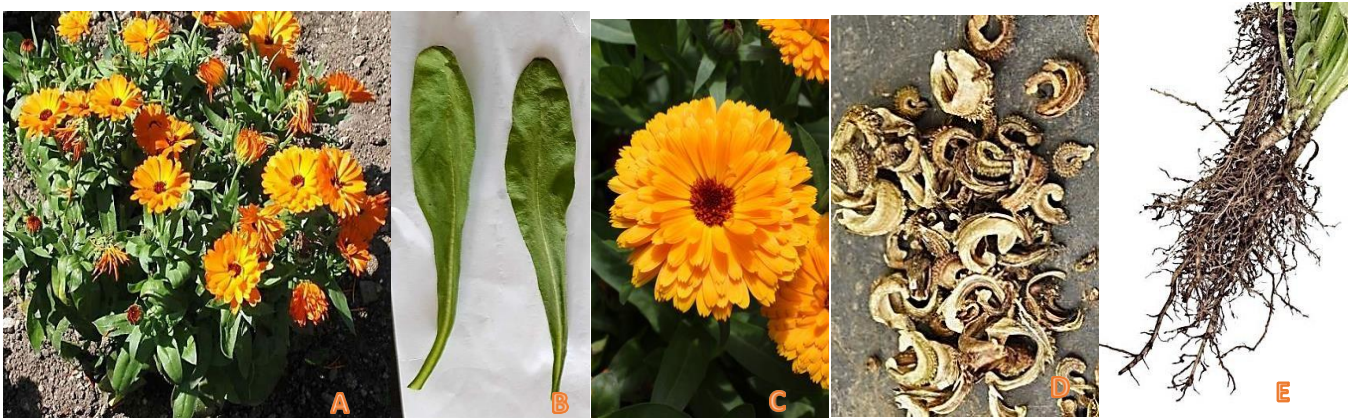
*M. jalapa* possède une activité antinociceptive, ce qui soutient son utilisation traditionnelle comme analgésique (Walker *et al.*, 2008).

## 1. Morphologie

*Calendula officinalis L.*, aussi connue sous le nom de souci, est une plante herbacée à auto-ensemencement, annuelle et de la famille des Asteracées. Elle se distingue par sa taille, variant entre 30 et 50 cm, et par sa tige unique qui est anguleuse, ramifiée et velue.

Les fleurs, d'un orange vif, sont regroupées en capitules de 3 à 7 cm de large et se trouvent isolées à l'extrémité des tiges. Le capitule est composé de fleurs tubuleuses et hermaphrodites au centre, et de fleurs ligulées femelles à la périphérie. Les fruits de la plante sont des akènes épineux, presque annulaires. La plante dégage une odeur faible mais caractéristique, qui devient plus puissante lorsqu'elle est fraîche. Sa saveur est légèrement amère et salée (Marjorie, 2003 ; Ashwlayan *et al.*, 2018).

La tête de fleur composite de la plante, qui repose sur la tige, mesure de 5 à 7 cm. Elle se compose d'un épicalice de multiples sépales lancéolés effilés, compactement superposés de chaque côté par des poils glandulaires, et de fleurons tubulaires jaune-orange du côté intérieur (Basch *et al.*, 2006 ; Gu *et al.*, 2022 ; Schneider., 2011 ; Ashwlayan *et al.*, 2018 ; Almeida *et al.*, 2022).



**Figure 2.** *Calendula officinalis L.* A.plante,B.feuilles,C.fleurs,D.graines,E.Racines

## 2. Distribution géographique

*Calendula officinalis L.*, également connue sous le nom de souci, est cultivée à travers le monde. Ses origines principales peuvent être retracées jusqu'aux Balkans, l'Europe du Sud et de l'Est, avec une présence notable en Hongrie. Elle est importée de plusieurs pays, notamment la Hongrie, la Pologne et l'Égypte (Wichtl et Anton, 2009).

Cette plante est abondamment présente en Europe centrale et dans les régions méditerranéennes (Arora *et al.*, 2013 ; Rego *et al.*, 2022). De plus, on la trouve également dans les pays du Moyen-Orient, notamment Chypre, la Turquie et l'Iran. Sa culture a également été

observée à une plus grande échelle en Inde et en Chine (Ercetin *et al.*, 2012 ; Gonçalves *et al.*, 2018).

### 3. Utilisations traditionnelles

L'origine de la médecine traditionnelle remonte à la Grèce antique, où, selon les croyances grecques, Théophraste (372-286 av. J.-C.), un disciple d'Aristote et un philosophe et scientifique de l'Antiquité, a été le premier à établir un système scientifique des plantes (Knoess et Wiesner, 2019).

Malgré une connaissance limitée de leurs propriétés physicochimiques précises, les humains ont découvert des bienfaits pour la santé dans les plantes tout au long de l'histoire. Les mêmes composants végétaux ayant une longue histoire médicinale et prouvés bénéfiques pour la santé humaine sont utilisés en médecine traditionnelle. Ces connaissances médicales traditionnelles ont été transmises de génération en génération grâce à l'expansion coloniale et aux progrès des moyens de communication (Knoess et Wiesner., 2019 ; Galucio *et al.*, 2022).

Aujourd'hui, les médecines traditionnelles gagnent en popularité pour une utilisation thérapeutique, notamment pour l'auto-traitement (Chandorkar *et al.*, 2021 ; Rout *et al.*, 2022 ; Muzammil *et al.*, 2023).

*Calendula officinalis* est une plante importante en médecine traditionnelle, a trouvé une application dans l'industrie alimentaire (Savic *et al.*, 2022) et pharmaceutique (Pedram *et al.*, 2019) grâce à la présence de métabolites secondaires dans la plante. Elle est utilisée à des fins médicales depuis le XIIe siècle (Basch *et al.*, 2006 ; Gu *et al.*, 2022) et est connue sous divers noms tels que Souci officinal, Souci des jardins, Souci des champs, Fleur de tous les mois, Souci doré, ou Souci des abeilles. Pendant une longue période, cette herbe traditionnelle a été utilisée pour traiter les brûlures légères, les plaies et les problèmes cutanés.

La poudre de cette fleur est brun jaunâtre avec une odeur aromatique distinctive et un goût légèrement amer. Elle contient des stomates normocytiques dans la région apicale de l'épiderme externe, des fragments de la corolle, des poils de couverture et glandulaires, des cellules sclérenchymateuses allongées, des fragments des parois des ovaires contenant un pigment brun, des grains de pollen, des fragments de stigmaté et des fragments fibreux. De nombreuses sources suggèrent d'utiliser cette poudre comme substitut économique au safran car sa coloration et son arôme ont aidé dans les produits alimentaires à l'époque (Gu *et al.*, 2022).

### 4. Composition chimique

La composition chimique du *Calendula officinalis* L. est très variée, comprenant différents composés appartenant à diverses classes de substances chimiques. Certains des composants essentiels dans les activités pharmacologiques de *Calendula officinalis* L incluent

les terpénoïdes, les flavonoïdes, les esters de triterpénols, les stéroïdes, les composés phénoliques, les caroténoïdes, les huiles essentielles, les quinones, les acides gras, les minéraux, les saponines, les glucides, les stérols et les tocophérols (Pedram *et al.*, 2019 ; Lima *et al.*, 2022).

Dans diverses régions, Cette plante contient des composés ubiquinone, tocophérol, phylloquinone et proto-quinone identifiés à partir de quinones, ainsi que des terpénoïdes extraits de ces fleurs (Chamansara *et al.*, 2022 ; Janarny *et al.*, 2021). D'autres phytoconstituants comprennent des paraffines, du calendin et du calendulin (Ashwlayan *et al.*, 2018).

Les pigments caroténoïdes, y compris le lycopène, le bêta-carotène, la lutéine, la flavoxanthine et la zéaxanthine, sont présents dans les inflorescences et les feuilles (Kishimoto *et al.*, 2005 ; Goodwin, 1954 ; Bako *et al.*, 2002). Ces caroténoïdes ont des activités antioxydantes et cicatrisantes importantes, ainsi que des effets bénéfiques sur la dégénérescence maculaire liée à l'âge (Murillo *et al.*, 2019).

Les terpénoïdes, tels que le T-cadinol, l' $\alpha$ -cadinol et le T-muurolol, présents principalement dans les fleurs et les racines, possèdent des activités antioxydantes et anti-inflammatoires (Chamansara *et al.*, 2022 ; Janarny *et al.*, 2021).

Les flavonoïdes, comme la quercétine, ont des propriétés cicatrisantes, anti-plaque et anti-gingivite, ainsi qu'une action antidépressive (Patil *et al.*, 2022 ; Khairnar *et al.*, 2013 ; Sharma *et Kumari.*, 2021).

Les coumarines présentes dans les fleurs , telles que l'ombelliférone, la scopoletine et l'esculetine, ont des effets protecteurs contre les dommages oxydatifs et des actions anti-inflammatoires (Hsia *et al.*, 2019 ; Sharifi-Rad *et al.*, 2021).

Les acides phénoliques ,tels que l'acide caféique et l'acide chlorogénique, ont des activités antioxydantes et anti-stress oxydatif (Butnariu *et Coradini.*, 2012 ; Naveed *et al.*, 2018).

Les acides gras présents dans CO, notamment l'acide calendrique, ont des actions cytotoxiques et sont impliqués dans la régulation génique (Garaiova *et al.*, 2022 ; Suzuki *et al.*, 2001).

Les quinones présentes dans les feuilles de CO, telles que la phylloquinone et l'ubiquinone, ont des activités anticancéreuses (El-Najjar *et al.*, 2011).

De plus, cette plante contient divers autres composants tels que des tanins, des polysaccharides, des alcools triterpéniques et des acides aminés, qui contribuent à ses propriétés pharmacologiques (Chandra *et al.*, 2015 ; Abasova *et al.*, 1995).

## 5. Activités biologiques

*Calendula officinalis* est une plante largement utilisée en homéopathie pour traiter diverses maladies. Elle possède des propriétés cytotoxiques qui peuvent inhiber la croissance

tumorale (Jiménez *et al.*, 2006). Elle est également reconnue pour ses effets antimicrobiens (Patil *et al.*, 2022 ; Balciunaitiene *et al.*, 2022), antioxydants (Vinola *et al.*, 2022), anti-inflammatoires (Khursheed *et al.*, 2021 ; Garrido-Suàrez *et al.*, 2022), antiseptiques (Deka *et al.*, 2021), antiviraux (Khursheed *et al.*, 2021), hépatoprotecteurs (Patil *et al.*, 2022), et antidiabétiques (Hao *et al.*, 2022). Elle est également utilisée en application topique pour traiter diverses affections cutanées, y compris l'inflammation de la peau, les plaies ouvertes et les plaies lacérées qui saignent.

### **5.1. Activité anti-inflammatoire**

*Calendula officinalis* est actuellement à l'étude pour son potentiel anti-inflammatoire remarquable. Plusieurs catégories de métabolites secondaires de la plante, tels que les alcaloïdes, les tanins, les flavonoïdes, les huiles essentielles, les stérols, les saponines, les caroténoïdes, les alcools triterpéniques, le mucilage, les polysaccharides et la résine, sont associées à ses propriétés anti-inflammatoires (Fonseca *et al.*, 2010).

Les têtes de fleurs séchées ou les fleurs ligulées séchées sont les parties de la plante couramment utilisées en médecine et en cosmétique. Ces fleurs ligulées sont riches en alcools triterpéniques, saponines triterpéniques, esters d'acides gras, flavonoïdes, caroténoïdes, coumarines, hydrocarbures, huiles essentielles et acides gras (Hamburger *et al.*, 2003).

Des tests pharmacologiques *in vivo* ont démontré que les esters d'acides gras triterpénoïdes sont à l'origine des effets anti-inflammatoires des fleurs de *Calendula*. Parmi ceux-ci, les esters de lauryle, de myristoyle et de palmitoyle de faradiol sont les plus courants (Silva *et al.*, 2021). Il a été démontré que l'extrait de fleur de CO était très efficace pour traiter à la fois l'œdème aigu (causé par le dextrane et la carraghénane) et chronique (causé par la formaline) chez les souris. On pense que cela pourrait être dû à l'inhibition de la production de cytokines pro-inflammatoires (IL-6, interleukine 6 ; IL-1p ; TNF-a, facteur de nécrose tumorale a ; et IFN-y, interféron y) et de COX-2 (cyclooxygénase 2) (Silva *et al.*, 2021 ; Dennis *et al.*, 2020).

Les résultats ont montré que l'extrait de CO inhibait la production d'oxyde nitrique de manière dose-dépendante, avec une cytotoxicité observée uniquement à des concentrations de 147 mg/mL ou plus.

Garrido-Suàrez (Garrido-Suàrez *et al.*, 2022) a étudié les effets antinociceptifs de la crème de *Calendula officinalis* sur l'hyper-nociception inflammatoire. Des rats ont été soumis à plusieurs tests, et il a été rapporté que la crème de cette plante (20% ou 30% p/p), lorsqu'elle était appliquée localement, entraînait une diminution significative de la TNF-a et une suppression de la COX-2.

De plus, les scientifiques ont découvert que les trois échantillons d'extrait (3, 5 et 0 %) avaient des effets bénéfiques sur la guérison et le soulagement des blessures lorsqu'ils étaient appliqués sur des rats albinos. La nanoémulsion d'extrait de *Calendula* a un impact anti-inflammatoire sur les cellules de la peau selon les résultats.

Dans la cavité buccale, le rinçage buccal avec la teinture de CO réduit l'inflammation gingivale (Khairnar *et al.*, 2013).

## **5.2. Activité Antioxydante**

Les polyphénols végétaux tels que les flavonoïdes sont parmi les composés chimiques naturels les plus significatifs avec des propriétés antioxydantes actives. La scavenging radicalaire ou la chélation des flavonoïdes sont provoquées par leur teneur en groupes hydroxyles (Cook et Samman., 1996 ; Younes et Siegers., 1981).

La famille des antioxydants (Cook et Samman., 1996), tels que les produits chimiques phénoliques, agissent en revanche comme des terminaux des radicaux libres (Jacobco-Velázquez et Cisneros-Zevallos., 2009).

Ainsi, la teneur élevée en flavonoïdes et en phytochimiques phénoliques du CO contribue à son activité antioxydante, ce qui peut favoriser davantage sa capacité de piégeage radicalaire et conférer des effets protecteurs (Babae *et al.*, 2013).

Les feuilles et les pétales de la plante de CO contiennent des sources naturelles d'antioxydants (Patil *et al.*, 2022).

À la suite de la photoréduction de la riboflavine, il a été affirmé que l'extrait de *Calendula officinalis* élimine les radicaux hydroxyle et superoxyde. Pandey et Despande.,(2022) ont examiné les propriétés antioxydantes des feuilles et des fleurs de *Calendula officinalis* en utilisant les techniques du TBA (acide thiobarbiturique) et du FTC (thiocyanate ferrique). La technique FTC a calculé la quantité de peroxyde produite pendant la première étape de la peroxydation de l'acide linoléique. Les résultats ont révélé que la la concentration en antioxydants diminue avec la diminution de la valeur d'absorption. Comparé aux vitamines C et E classiques, l'extrait aqueux de feuilles et de pétales a présenté un niveau élevé d'effet antioxydant sur la base des taux d'absorption. Le fait que l'extrait aqueux des pétales présente une absorption plus faible avec les techniques FTC et TBA suggère que les pétales possèdent une activité antioxydante plus importante que les feuilles. Sur la base des preuves, on peut conclure que les extraits de CO peuvent être extrêmement bénéfiques dans le traitement de plusieurs affections telles que le SIDA (syndrome d'immunodéficience acquise), les maladies cardiaques, le paludisme, le diabète, l'accident vasculaire cérébral, le cancer et l'artériosclérose en raison de leur activité antioxydante puissante.

### 5.3. Activité Cytotoxique et Antitumorale

Les saponines, des composés actifs isolés du *Calendula officinalis*, a démontré une action antimutagène (Elias *et al.*, 1990). L'intérêt pour l'activité antitumorale présumée des extraits et des composants de *Calendula officinalis* a augmenté avec l'essor de la médecine complémentaire et alternative à base de plantes pour le traitement du cancer. Cruceriu *et al.*, (2018) ont mis en évidence l'activité antitumorale des extraits méthanoliques de *Calendula officinalis* en utilisant une étude sur des lignées cellulaires. Ils ont rapporté que les extraits de *Calendula officinalis* pourraient exercer une activité anticancéreuse en induisant l'apoptose, en activant la caspase 3 et la caspase 7 au niveau protéique, et en régulant à la baisse la cycline D1, D3, A, E, et plusieurs kinases cycline-dépendantes. De plus, BAX (protéine associée à Bcl2 X) et BBC3 (composant de liaison à Bcl2), deux gènes proapoptotiques, ont été régulés à la hausse et NF-kB (facteur nucléaire kappa-light-chain enhancer of activated B cells) et STAT3 (facteur de transcription et activateur de la transcription 3) ont été régulés à la baisse après le traitement avec des extraits de CO. Hernandez-Rosas *et al.*, (2018) ont également démontré les effets cytotoxiques in vitro de l'extrait hydro-alcoolique de CO sur des lignées cellulaires cancéreuses humaines. Ils ont constaté que les activités biologiques d'une capacité élevée de piégeage des radicaux libres (ABTS; 2,2-azino-bis (3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique acide, DPPH; 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl), capacité modérée de neutralisation des radicaux hydroxyles, chélation efficace des métaux, et forte capacité de réduction sont responsables de l'effet anticancéreux.

### 5.4. Activité de Cicatrisation

Les plaies chroniques et la cicatrisation retardée des plaies sont des problèmes médicaux majeurs qui posent des défis cliniques difficiles pour les médecins et ont des conséquences socio-économiques profondes. Depuis l'Antiquité, les herbes et leurs préparations ont été utilisées en complément des médicaments traditionnels pour accélérer la cicatrisation des plaies. Dans ce contexte, les préparations (alcooliques et lipophiles) faites à partir des fleurs de *Calendula officinalis* ont reçu d'excellentes critiques pour traiter les inflammations cutanées légères et les plaies à cicatrisation lente. Cela est accompli en augmentant la quantité de sang et d'oxygène apportée au site de la plaie, ce qui encourage le corps à produire de nouveaux tissus. Les pétales séchés des plantes de *Calendula officinalis* sont utilisés pour fabriquer des teintures, des onguents et des lavages pour guérir les infections légères, les éraflures, les ecchymoses et les brûlures. Elle contribue également à maintenir une peau apaisée et hydratée en favorisant le développement de collagène, une protéine nécessaire à une peau rayonnante. Deka *et al.*, (2021) ont déclaré que *Calendula officinalis* pouvait augmenter considérablement

l'angiogenèse des plaies et le métabolisme du collagène, ce qui entraîne un adoucissement de la cicatrice et des caractéristiques émoullientes.

L'extrait floral de *Calendula officinalis*, lorsqu'il est appliqué localement et par voie orale, a des propriétés thérapeutiques pour les brûlures et les plaies. Une augmentation de l'hydroxyproline du collagène et de l'hexosamine montre que la personne ou l'animal traité guérit ses blessures.

Gunasekaran *et al.*,(2020) ont démontré l'activité de cicatrisation des plaies du *Calendula officinalis* sur la souche hivernale de rats albinos. Les résultats ont révélé qu'un onguent à base de plantes contenant du *Calendula officinalis* pouvait inhiber l'activation des macrophages et accélérer la migration et la prolifération des kératinocytes et des fibroblastes, responsables de la cicatrisation des plaies. Cela a été réalisé en empêchant la libération de cytokines pro-inflammatoires et en réduisant le stress oxydatif au site de la plaie.

### **5.5.Activité antimicrobienne**

Malgré l'importance des antibiotiques dans le traitement des maladies infectieuses dues aux bactéries et aux champignons au cours des six dernières décennies, on a observé une augmentation de la fréquence des bactéries dangereuses résistantes aux antibiotiques ces dernières décennies (Rafal *et al.*, 2018). Étant donné les différents mécanismes par lesquels la résistance aux médicaments peut se manifester, trouver une solution à ce problème ne sera probablement pas facile. En raison de la prévalence croissante des pathogènes résistants aux médicaments, il est nécessaire et urgent de découvrir et d'isoler de nouveaux composés bioactifs dérivés de plantes médicinales en utilisant des méthodes analytiques standardisées et modernes. Les composés issus de plantes médicinales pourraient fournir des techniques uniques et relativement simples pour traiter les microbes pathogènes. Les extraits de CO ont également montré leur efficacité en tant qu'agents antimicrobiens (Khalid et El-Ghorab., 2013).

#### **5.5.1. Activité antibactérienne**

Il est essentiel de découvrir de nouveaux médicaments antibactériens innovants, compte tenu des recherches montrant la propagation rapide à l'échelle mondiale d'isolats cliniques résistants au traitement antibiotique. De nombreuses plantes médicinales ont été identifiées comme des sources utiles d'agents antibactériens naturels, potentiellement efficaces dans le traitement de plusieurs maladies bactériennes (Manandhar *et al.*, 2019). Les propriétés antibactériennes de diverses plantes, dues à la production de phytochimiques lors du métabolisme secondaire de la plante, ont conduit à leur utilisation dans de nombreux domaines. Les tanins, les alcaloïdes, les composés phénoliques et les flavonoïdes sont quelques exemples de la vaste gamme de métabolites secondaires abondants dans les plantes. Ces métabolites ont

montré des effets antibactériens lorsqu'ils ont été testés in vitro (Djeussi et al., 2013 ; Durairandian et al., 2006 ; Tambe et Mali., 2023). *Calendula officinalis* a également démontré de puissantes propriétés antibactériennes.

Récemment, Karnwal.(2022) a étudié le potentiel antibactérien du *Calendula officinalis*. Il a été observé que la concentration minimale inhibitrice (CMI) avec des extraits aqueux de cette plante était de 3,75 % pour *Clostridium perfringens*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Listeria monocytogenes*. Pour *Listeria monocytogenes*, *Clostridium perfringens* et *Staphylococcus aureus*, cependant, la plus faible CMB (1,87 %) a été observée. L'extrait éthanolique de *Calendula officinalis* a montré la CMI et la CMB les plus basses pour un seul agent pathogène bactérien, et il s'agissait de *Pseudomonas aeruginosa*, avec 3,75 % et 1,87 %, respectivement. La propriété antibactérienne du *Calendula officinalis* a également été comparée à celle de l'hypochlorite de sodium contre *Streptococcus mutans* en tant que solution d'irrigation des canaux radiculaires par Yalgi et Bhat.,(2020). Il a été observé que *Calendula officinalis* a montré une réduction significative des UFC chez *S. mutans*, passant de 15,85 UFC à 1,20 UFC. Les résultats étaient comparables à ceux du groupe traité à l'hypochlorite de sodium. Les auteurs ont rapporté que l'effet antibactérien pourrait être attribué à la présence de terpénoles et de lactones terpéniques dans le *Calendula officinalis*. Darekar et Hate.,(2021) ont également étudié le potentiel antibactérien du *Calendula officinalis* contre *Bacillus subtilis*, *Klebsiella pneumonia*, *Staphylococcus aureus* et *Enterococcus faecalis* en utilisant la méthode de diffusion sur disque à une concentration de 10 mg/mL. Les résultats ont révélé une forte activité antibactérienne du *Calendula officinalis* contre les souches testées, comme en témoignent leurs importantes zones d'inhibition.

Shahen et al.(2019) ont étudié les composés chimiques aux propriétés bioactives des fleurs de *Calendula officinalis* et leur activité antibactérienne. Les auteurs ont étudié les techniques de diffusion en agar sur papier-disque et de dilution en tube pour tester l'inhibition de la croissance et calculer la concentration minimale inhibitrice.

Des niveaux variables d'activité antibactérienne ont été montrés par l'extrait de feuille contre divers microorganismes. La plus grande zone d'inhibition a été générée par *E. coli* et *K. pneumonia* autour des feuilles de *Calendula officinalis*, tandis que *B. subtilis* et *S. lutea* étaient des bactéries plus résistantes. *E. coli* a eu les effets inhibiteurs les moins importants. Les extraits de *Calendula* dans l'éther de pétrole et le chloroforme ont montré une efficacité antibactérienne contre *B. subtilis* et *E. coli*. Cette découverte montre que plusieurs agents pathogènes sont fortement inhibés par les extraits de feuilles de CO fabriqués à partir d'éther de pétrole et de chloroforme.

### 5.5.2 Activité antiprotozoaire

Samra *et al* (2022) ont étudié l'activité antiprotozoaire du *Calendula officinalis*. L'extrait méthanolique de *Calendula officinalis* comprenait un nouveau phytoconstituant appelé (6Z,9Z)-heptadeca-6,9-diène-5,11-dione (I). La structure de I a été découverte en examinant les spectres RMN et les données HRESIMS. Des tests ont été menés pour les propriétés antibactériennes et antiprotozoaires. Le composé I a démontré une activité antitrypanosomique légère avec un IC<sub>50</sub> de 37,6136 µM, une activité leishmanicide contre *L. donovani* amastigote avec un IC<sub>50</sub> de 16,4394 µM et un IC<sub>90</sub> de 28,9015 µM, et une activité leishmanicide contre *L. donovani* écdysose. Des techniques expérimentales standard ont été utilisées pour tester la cytotoxicité du composé I contre les cellules THP1 ; cependant, aucune cytotoxicité n'a été observée, démontrant sa sélectivité et sa sécurité.

### 5.5.3 Activité antifongique

Il a été découvert que *Calendula officinalis* possède des propriétés antifongiques (Webster *et al.*, 2008). Une étude menée par Vinola *et al.*, (2022) a comparé l'efficacité antifongique du CO à celle de la chlorhexidine à 2 % contre *C. albicans*. Il a été constaté que, bien que la chlorhexidine présente une activité antifongique nettement supérieure à celle du *Calendula officinalis* contre *C. albicans*, le *Calendula officinalis* démontre néanmoins une certaine efficacité antifongique contre *C. albicans*. De plus, *Calendula officinalis* a montré une activité antifongique contre *C. albicans* qui varie en fonction du volume, dans une large mesure.

## 1. Morphologie

La tige de *Tropaeolum majus* L est molle, tortueuse, longue et charnue. Ses feuilles sont arrondies, d'un bleu verdâtre et fixées par les parties inférieures du centre des tiges. Les fleurs sont hermaphrodites, zygomorphes, voyantes, effilées et isolées le long du pédoncule, tandis que la corolle est pentamère, avec une coloration allant du jaune au rouge foncé. Le calice est divisé à l'apex en cinq sépales et les fruits sont formés de trois petites akènes, de couleur verdâtre (Ferri *et al.*, 1981 ; Silva *et al.*, 2009).

Chaque fruit contient trois graines, qui tombent au sol et germent spontanément (Ortiz de Boada et Cogua, 1989).

L'analyse microscopique des feuilles a montré que l'épiderme est unisériel et amphistomatique. Dans l'épiderme abaxial, les cellules sont plus petites, la torsion est plus prononcée et des poils glandulaires unisériés avec 3 à 6 cellules et des extrémités effilées se produisent. Les stomates anomo et anisocytiques sont xérophiles et la chambre substomatique est plus grande dans l'épiderme adaxial. Le mésophylle présente un parenchyme palissadique unistratifié et un parenchyme spongieux formé de 5 à 6 couches de cellules rondes avec des lacunes. De plus, l'analyse microscopique de l'écorce a montré une cuticule épaisse. Les formations épicuticulaires et les cellules épidermiques ont tendance à être rectangulaires. Le chollenchyme (type angulaire) est formé de deux couches de cellules sous-jacentes à l'épiderme. Le xylème présente des cellules parenchymateuses et la moelle osseuse est la principale partie de la tige (Zanetti *et al.*, 2004).



**Figure 3.** *Mirabilis jalapa* L. A. plante, B. feuilles, C. fleurs, D. Tige, E. grains

## 2. Utilisation traditionnelle

Avec un large spectre d'effets biologiques et pharmacologiques, *T. majus* est utilisé depuis de nombreuses années comme médecine traditionnelle. À ce titre, les chercheurs ont testé les extraits bruts et les fractions pour une variété d'activités biologiques. Certaines de ces études

sont discutées ci-dessous. Usages traditionnels Il est couramment utilisé comme antiseptique, diurétique, purgatif, tonique capillaire, antiscorbutique, anti-inflammatoire, antihypertenseur et antidépresseur. De plus, il est appliqué pour nettoyer la peau, les yeux et dans le traitement des affections cutanées, de la furonculose, de l'acné, des affections pulmonaires, de la sclérose latérale amyotrophique, du psoriasis, de l'eczéma et de la scrofule. De plus, cette plante est largement cultivée à des fins ornementales et a un agréable arôme et une saveur épicée, similaires aux caractéristiques trouvées dans le cresson. En raison de sa haute valeur nutritionnelle, particulièrement riche en soufre, ses feuilles, ses boutons floraux et ses fleurs sont utilisés dans les salades (Brondani et al., 2016).

### 3. Composition chimique

De nombreux constituants chimiques ont été isolés de *T. majus*, notamment des polyphénols, des glucosinolates et des acides gras.

Plusieurs flavonoïdes ont été isolés de *T. majus*. Koriem et al. (2010) ont analysé les flavonoïdes présents dans les feuilles et les fleurs de l'extrait de méthanol de *T. majus* avec chromatographie liquide/masse (LC/MS). Les résultats ont montré une plus grande quantité d'un glucoside de kaempférol (9,40 mg/100 mL d'extrait), suivi de l'isoquercitroside (2,25 mg/100 mL d'extrait) et du quercetol 3-triglucoside (1,17 mg/100 mL d'extrait) (Koriem et al., 2010).

En utilisant la spectrométrie de masse par ionisation électrospray (ESI-MS) et la chromatographie liquide à haute performance (HPLC-UV) pour analyser les extraits de feuilles, Gasparotto et al. (2011a) ont obtenu, comme principaux composants de la fraction élution avec de l'eau et de l'éthanol, l'isoquercitrine et le glucoside de kaempférol (Gasparotto et al., 2011). Bazytko et al. (2013) ont démontré la présence de quercétine-3-O-glucoside (isoquercitrine) et de kaempférol-3-O-glucoside (astragaline) dans l'extrait aqueux de l'herbe de *T. majus*. De plus, la présence de dérivés de quercétine et de kaempférol a été détectée .

Dans un autre travail du même groupe de recherche, un contenu plus élevé de flavonoïdes a été identifié dans l'extrait hydroéthanolique et l'extrait aqueux de feuilles et de fleurs (26,0 mg/g et 15,2 mg/g, respectivement), suivi par le jus d'herbe (11,2 mg/g). De manière similaire, le contenu total en phénols était de 35,6 mg/g dans l'extrait hydroéthanolique et de 29,5 mg/g dans l'extrait aqueux, suivi par le jus d'herbe (19,5 mg/g) (Bazytko et al., 2014).

L'isoquercitrine est un glucoside flavonoïde naturel, analogue de la quercétine, qui a été trouvé avoir une large gamme de propriétés biologiques (Razavi et al., 2009), telles que l'effet diurétique ; l'action anti-inflammatoire ; l'activité antioxydante, diminuant les niveaux de ROS

; la capacité de réduction de la peroxydation lipidique et l'inhibition de la différenciation des adipocytes (Rogerio *et al.*, 2007 ; Gasparotto *et al.*, 2011a ; Li *et al.*, 2011 ; Lee *et al.*, 2011). La peroxydation lipidique est une réaction en chaîne des acides gras polyinsaturés des membranes cellulaires, qui subissent des altérations de perméabilité, de fluidité et d'intégrité en raison de la production de radicaux libres. Ces cellules endommagées sont prédisposées à des comorbidités bien connues, telles que l'hypertension artérielle systémique, la dyslipidémie, les événements thromboemboliques, le diabète sucré et le cancer (Mahattanatawee *et al.*, 2006). De nombreux flavonoïdes sont des antioxydants, donc certains des composés trouvés dans *T. majus* peuvent agir pour prévenir la dégénérescence cellulaire (Bohm *et al.*, 1998). Par exemple, le kaempférol agit comme un capteur radicalaire de proton (test de capture DPPH), un capteur de radical hydroxyle (test de dégradation de la désoxyribose) et un agent chélateur de métaux (Singh *et al.*, 2008).

Les glucosinolates sont des composés hydrophiles chimiquement et thermiquement stables. Leur hydrolyse se produit en raison d'une réaction enzymatique médiée par l'enzyme endogène myrosinase (B-thioglucosidase). Cette enzyme se trouve dans les plantes contenant des glucosinolates, mais dans des compartiments séparés. Lorsque le tissu est endommagé, par exemple par l'action de champignons, la mastication ou la coupe, les glucosinolates entrent en contact avec la myrosinase, libérant ainsi de l'isothiocyanate de benzyle (Bones & Rossiter, 1996).

Les principaux glucosinolates trouvés dans *T. majus* sont le glucotropaéolin et le sinalbine. Koriem *et al.* (2010) ont obtenu les deux constituants à partir des feuilles et des fleurs de l'extrait de méthanol de *T. majus* (1,65 mg de glucotropaéoline/100 mL d'extrait et 12,54 mg de sinalbine/100 mL d'extrait)

En utilisant la méthode HPLC, Bazytko *et al.* (2013) ont également montré la présence de glucotropaéoline dans l'extrait hydroéthanolique de *T. majus* obtenu à 90°C (Bazytko *et al.*, 2013). Intéressant, dans un autre travail du même groupe, l'analyse a montré une absence de glucotropaéoline dans l'extrait aqueux et le jus.

De plus, seules des traces de glucotropaéoline dans l'extrait hydroéthanolique ont été observées (Bazytko *et al.*, 2014). Koriem *et al.* (2010) ont dosé l'isothiocyanate de benzyle dans l'extrait de méthanol de feuilles et de fleurs de *T. majus*, trouvant 20,24 mg/100 mL d'extrait (Koriem *et al.*, 2010). L'isothiocyanate de benzyle a des rôles physiologiques importants. Il stimule les mécanismes de chimioprotection, mais, selon sa concentration, peut également induire un stress cellulaire. Il agit en tant qu'inducteur des enzymes de phase 2 du mécanisme de détoxification et inhibe les enzymes de phase 1, accentuant ainsi la performance cellulaire dans la

détoxification chimique. Des études *in vitro* ont également montré des activités antimicrobiennes et anthelminthiques. De plus, il a une fonction anticancéreuse importante, augmentant l'occurrence de l'apoptose des cellules cancéreuses (Kermanshai *et al.*, 2001 ; D'agostini *et al.*, 2005 ; Morant *et al.*, 2008 ; Volden *et al.*, 2008 ; Sofrata *et al.*, 2011).

Korier *et al.* (2010) ont dosé la teneur en acides gras dans les feuilles et les fleurs de l'extrait d'alcool méthylique de *T. majus* par chromatographie liquide/spectrométrie de masse (LC/MS). Le dépistage phytochimique a montré une concentration plus élevée d'acide linoléique (1,18 mg/100 mL d'extrait), suivi par l'acide oléique (0,71 mg/100 mL d'extrait) et l'acide érucique (0,22 mg/100 mL d'extrait) (Korier *et al.*, 2010).

Les acides gras essentiels, oléique et linoléique, ont des fonctions importantes pour l'organisme. Ils peuvent aider à prévenir les maladies cardiaques, réduire la coagulation sanguine, supprimer la formation de cancer, supprimer un large éventail de médiateurs allergiques et exercer une action neuroprotectrice, entre autres (Chin *et al.*, 1992 ; Bemelmans *et al.*, 2002 ; Martinez-González & Bes-Rastrollo, 2006). L'acide oléique est appelé acide oméga 9. Il participe au métabolisme humain, en tant qu'antioxydant et joue un rôle fondamental dans la synthèse des hormones (Bressan *et al.*, 2009). De plus, l'acide linoléique, appelé acide oméga 6. Il est un précurseur de l'acide arachidonique, ayant un rôle important dans la production d'une série de médiateurs lipidiques, les éicosanoïdes, qui sont synthétisés par la cascade de l'acide arachidonique (James *et al.*, 2000). Il est nécessaire pour maintenir les membranes cellulaires, les fonctions cérébrales et la transmission des influx nerveux dans des conditions normales. Ces acides gras sont connus pour participer au transfert de l'oxygène atmosphérique dans le plasma sanguin, à la division cellulaire et à la synthèse de l'hémoglobine (Youdim *et al.*, 2000).

Autres constituants outre les composés déjà mentionnés ci-dessus, d'autres composants de *T. majus* ont été signalés, notamment les caroténoïdes, les terpénoïdes, l'acide ascorbique, les anthocyanes, les esters d'acide quinique avec des acides cinnamiques (acides chlorogéniques et acides p-coumaroylquiniques), le sucre et les minéraux (Harbone, 1963 ; Ferri *et al.*, 1981 ; Niizu et Rodriguez-Amaya, 2005 ; Garzon et Wrolstad, 2009 ; Bazylo *et al.*, 2013).

Selon Niizu et Rodriguez-Amaya (2005), huit caroténoïdes ont été identifiés dans les fleurs de *T. majus* : la violaxanthine, l'antheraxanthine, la lutéine, la zéaxanthine, la zéinoxanthine, la P-cryptoxanthine, l'a-carotène et le bêta-carotène. Dans les fleurs jaunes, 450 pg/g de lutéine, des traces de violaxanthine et de P-carotène ont été détectées, tandis que la néoxanthine n'a pas été trouvée. Dans les fleurs oranges, 350 pg/g de lutéine ont été détectées, ainsi que des traces de violaxanthine et de P-carotène, et des niveaux non détectés de néoxanthine. De manière intéressante, 136 pg/g de lutéine, 74 pg/g de violaxanthine, 69 pg/g de P-carotène et 48 pg/g de

néoxanthine ont été mesurées dans les feuilles (Niizu & Rodriguez-Amaya, 2005). Le rendement en anthocyanes de *T. majus* est inconnu. Harbone a tenté de rapporter le principal pigment présent dans les pétales oranges des fleurs de *T. majus* comme la pelargonidine 3-sophoroside (Harbone, 1963).

Garzon et Wrolstad (2009) ont dosé la teneur en anthocyanes dans les pétales de fleurs oranges de *T. majus* et ont trouvé 72 mg d'anthocyanes/100 g de fleurs (Garzon & Wrolstad, 2009). De plus, à travers l'analyse du Soudan III, la présence d'huiles essentielles a été caractérisée dans toutes les formations parenchymateuses (Zanetti *et al.*, 2004).

L'huile produite par les graines, connue dans le monde entier sous le nom d'huile de Lorenzo, est utilisée pour traiter une maladie sévère et dégénérative appelée adrénoleucodystrophie (Carlson et Kleiman, 1993).

#### **4. Activités biologiques**

##### **4.1. Effet diurétique et ses mécanismes**

Plusieurs études, tant *in vitro* que *in vivo*, ont démontré l'action diurétique de *T. majus*. Gasparotto *et al.* (2011a) ont testé l'effet diurétique de la fraction semi-purifiée obtenue à partir de l'extrait hydroéthanolique (TMLR) des feuilles de *T. majus* et de son composant, l'isoquercitrine flavonoïde.

Le traitement avec une seule dose de TMRL (100 mg/kg) a augmenté de manière significative la diurèse après 6, 8, 15 et 24 heures. Le volume total d'urine mesuré à 6 et 24 heures chez les animaux traités au TMRL était respectivement de 2,22 mL et 3,97 mL, tandis que la production urinaire dans le groupe témoin, aux mêmes moments, était de 1,02 mL et 2,53 mL, respectivement. L'administration unique d'isoquercitrine (10 mg/kg) a également augmenté la diurèse par rapport au groupe témoin. Le volume d'urine, après 4 heures, était de 1,63 mL dans le groupe isoquercitrine contre 0,85 mL dans le groupe témoin. Les effets des traitements aigus avec l'hydrochlorothiazide (HCTZ), le TMRL (100 mg/kg) et l'isoquercitrine (10 mg/kg) sur les niveaux d'électrolytes ont également été évalués. Toutes les substances testées ont augmenté l'excrétion du Na<sup>+</sup>, cependant, seul le groupe HCTZ présentait des quantités élevées de K<sup>+</sup> dans l'urine. La conséquence de traitements plus longs a également été étudiée, l'administration quotidienne de TMLR (100 mg/kg) et d'isoquercitrine (10 mg/kg) pendant 7 jours augmentant significativement la diurèse après le premier jour de traitement. De plus, l'excrétion de Na<sup>+</sup> dans l'urine a été augmentée dans les deux traitements aux jours 1, 5, 6 et 7, mais les niveaux de K<sup>+</sup> sont restés inchangés. Le groupe hydrochlorothiazide a significativement augmenté l'excrétion urinaire de K<sup>+</sup>. Les auteurs attribuent l'activité diurétique principalement à la présence d'isoquercitrine dans la fraction TMRL. Un autre travail du même groupe de recherche

a testé l'effet diurétique après l'administration orale de l'extrait éthanolique des feuilles de *T. majus* (HETM), de sa fraction purifiée (TMLR) et de l'isoquercitrine (ISQ), comparant les résultats avec des médicaments bien connus comme diurétiques. Le débit urinaire mesuré dans les groupes HETM, TMLR et ISQ était similaire à celui trouvé dans les groupes ACTZ, SPIRO et FURO et légèrement inférieur à celui du groupe HCTZ. Concernant la mesure de l'enzyme de conversion de l'angiotensine sérique (ACE), les administrations orales de HETM, TMLR et isoquercitrine ont permis de réduire l'activité sérique de l'ACE. Les auteurs affirment que le profil général de l'action diurétique indique que l'effet des extraits de *T. majus* et de l'ISQ est proche de celui induit par la spironolactone. Ils attribuent également l'effet diurétique à l'inhibition de l'enzyme de conversion de l'angiotensine et à l'augmentation subséquente de la biodisponibilité de la bradykinine, du PGI<sub>2</sub> et de l'oxyde nitrique. De plus, un effet inhibiteur sur la Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>-ATPase pourrait être lié à l'augmentation de la diurèse. Similaire à la spironolactone, la réduction de l'aldostérone sérique, associée à une action hypotensive, peut augmenter la pression hydrostatique dans les artérioles rénales, étant responsable des effets diurétiques et natriurétiques observés. De faibles quantités de potassium et/ou d'autres métaux ont été observées dans le *T. majus*, un fait qui a conduit les auteurs à écarter la possibilité qu'un mécanisme osmotique puisse être lié à l'effet diurétique (Gasparotto *et al.*, 2012). Gasparotto *et al.* (2011b) ont testé les effets antihypertenseurs de l'isoquercitrine, des extraits hydroéthanoliques de *T. majus* (HETM) et de la fraction semi-purifiée (TMLR). Après 1,5 heures de traitement oral avec HETM à 10 et 300 mg/kg, la pression artérielle moyenne basale (PAM) chez les rats normotendus a été réduite d'environ 13 mm Hg, de manière dose-dépendante et dans le temps. De même, l'administration orale de TMLR à 12,5 et 100 mg/kg a provoqué des effets hypotenseurs, avec des valeurs de réduction de 17,94 et 20,77 mm Hg, respectivement. Cependant, aucun des traitements n'a été capable de réduire la fréquence cardiaque. En analysant les effets hypotenseurs de l'isoquercitrine chez les rats normotendus, l'étude a montré que l'administration intraveineuse d'isoquercitrine (0,5 - 4 mg/kg) a été capable de provoquer une réduction de la PAM (de manière dose-dépendante), avec des influences mineures sur la fréquence cardiaque. Le traitement intraduodéal, avec TMLR (50 mg/kg) et HETM (100 mg/kg), a présenté des effets antihypertenseurs et hypotenseurs, avec une réduction de la PAM de 18,77 et 14,14 mm Hg pour les rats SHR et WKY, respectivement.

#### **4.2. Activité antimicrobienne**

Les isothiocyanates de benzyle sont reconnus comme des agents antimicrobiens potentiels (Masuda *et al.*, 2009; Jang *et al.*, 2010; Sofrata *et al.*, 2011; Dufour *et al.*, 2012). Bazylo *et al.* ont testé l'activité des extraits de plantes de *T. majus* (aqueux et hydroéthanoliques) contre

*Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Micrococcus luteus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Bordetella bronchiseptica*.

Aucune activité antimicrobienne n'a été détectée et les auteurs la corrélaient à la faible teneur en isothiocyanate de benzyle dans les extraits (Bazytko *et al.*, 2013). D'autre part, l'activité antimicrobienne des fractions de l'extrait éthanolique de *T. majus* a été déterminée par bioautographie en utilisant des bactéries Gram-positives et Gram-négatives, en plus de l'amoxicilline comme contrôle positif. En résultat, les fractions d'hexane et de chloroforme ont présenté des zones d'inhibition pour tous les microorganismes testés (*Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* et *Salmonella setubal*) (Zanetti *et al.*, 2003).

#### 4.3. Activité antioxydante

Certains études ont étudié l'action antioxydante de *T. majus* (Machado, 2008; Bazytko *et al.*, 2013; Vieira, 2013). À partir des fleurs orange, Garzon et Wrolstad (2009), ont testé la capacité antioxydante de *T. majus* en déterminant l'activité de capture du radical cation ABTS, selon la méthode décrite par Re *et al.* (1999), et l'activité de capture du radical libre DPPH selon la méthode décrite par Hsu *et al.* (2006). Les résultats ont montré que les fleurs orange de *T. majus* étaient capables d'éteindre les radicaux ABTS et DPPH, avec une activité de capture du radical ABTS supérieure à celle du radical DPPH (Re *et al.*, 1999; Hsu *et al.*, 2006; Garzon et Wrolstad, 2009). Bazytko *et al.* (2014) ont déterminé l'activité antioxydante de *T. majus* en analysant les extraits aqueux et hydroéthanoliques des feuilles et des fleurs ainsi que le jus frais de la plante à travers l'activité de capture du radical DPPH, et l'évaluation de la production de ROS dans un modèle cellulaire par chimiluminescence et oxydation des neutrophiles humains. Les extraits et le jus testés ont présenté une faible activité de capture du radical DPPH à une concentration de 100 µg/mL, étant respectivement de 24,1 %, 37,5 % et 34,7 % pour l'extrait aqueux, l'extrait hydroéthanolique et le jus. En ce qui concerne la génération de ROS, les extraits ont montré une activité antioxydante plus forte contre H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> et O<sub>2</sub><sup>•-</sup>, tandis que le jus présentait une activité significative uniquement contre O<sub>2</sub><sup>•-</sup>. Dans le modèle *ex vivo* d'oxydation des neutrophiles humains, l'extrait hydroéthanolique a montré une inhibition plus forte de la production de ROS, tandis que l'extrait aqueux a montré une action inhibitrice plus faible. Cependant, l'activité la plus faible a été observée avec le jus (Bazytko *et al.*, 2014).

Autres actions Des effets protecteurs sur le sang et le foie des rats contre la toxicité du diéthyl maléate, le traitement du scorbut, l'activité antithrombine et la prévention de la dégénérescence maculaire ont été observés en raison des caroténoïdes trouvés dans la plante (Niizu & Rodriguez- Amaya, 2005; Santo *et al.*, 2007; Koriem *et al.*, 2010).

Dans le système hormonal, l'extrait hydroéthanolique obtenu à partir des feuilles de *T. majus* n'affecte pas la contractilité utérine ex vivo de rats enceintes induite par l'ocytocine ou l'acide arachidonique. De plus, il n'a pas d'activité estrogénique ou anti-estrogénique in vivo, ce qui indique que *T. majus* ne module pas les réponses estrogéniques in vivo et n'a aucune influence sur la contractilité utérine. Il est également incapable d'induire des activités androgéniques, de bloquer les effets de la testostérone sur les tissus sensibles aux androgènes tels que la prostate, les vésicules séminales, le gland du pénis et le muscle élévateur de l'anus/muscle bulbo-caverneux (Lourenço *et al.*, 2012).

De plus, à partir des extraits aqueux et hydroéthanoliques de *T. majus*, Bazytko *et al.* (2013), ont examiné l'activité anti-inflammatoire potentielle, et évalué l'inhibition de la cyclooxygénase 1 (COX1) et de l'hyaluronidase. Tous les extraits ont montré une inhibition de l'activité de la cyclooxygénase 1, les extraits de plantes lyophilisées présentant une action forte à une concentration de 50 µg/mL, un effet comparable à celui de l'indométhacine à 2 µM. Cependant, aucun des extraits n'a agi comme inhibiteur de l'hyaluronidase (Bazytko *et al.*, 2013).

**Toxicité** Le nombre de rapports sur la toxicité de *T. majus* montre une utilisation sûre, sauf pendant la grossesse.

Zanetti *et al.* (2003), ont testé la toxicité aiguë des extraits aqueux et hydroéthanoliques des feuilles et de l'écorce de *T. majus* chez des souris, en utilisant la méthode décrite par Brito (1994). Aux doses de 625, 1250, 2500 et 5000 mg/kg, les extraits n'ont montré aucun signe de toxicité, tels que des décès, une dépression, une excitation, des convulsions, une salivation, une piloérection, des larmoiements, des anomalies de la défécation ou des effets sur la respiration et la locomotion (Zanetti *et al.*, 2003; Brito, 1994). De manière similaire aux résultats obtenus par Gasparotto *et al.* (2009), aucun signe de toxicité aiguë n'a été trouvé chez les rats mâles et femelles, après l'administration orale de l'extrait hydroéthanolique de *T. majus* à une dose de 5000 mg/kg, ou par voie intrapéritonéale, à des doses de 1000 et 3000 mg/kg (Gasparotto *et al.*, 2009).

À travers l'extrait hydroéthanolique des feuilles de *T. majus*, Gomes *et al.* (2012), ont évalué la toxicité subchronique orale chez des rats Wistar. Aucun signe de toxicité, tel que la diarrhée, la piloérection, les frissons, la salivation et les convulsions, n'a été observé. De plus, aucun des animaux n'est décédé pendant les 28 jours de traitement aux doses de 75, 375 et 750 mg/kg, ou de véhicule. Aucune différence statistique n'a été observée dans le poids relatif du foie, des reins ou de la rate parmi aucun des groupes. De plus, les résultats indiquent une absence de troubles hématologiques et biochimiques. De plus, aucune altération histopathologique n'a été

liée aux traitements. Ces résultats indiquent une absence de toxicité orale due au traitement subchronique avec *T. majus* (Gomes *et al.*, 2012).

D'autre part, Lourenço *et al.* (2014), ont étudié l'effet de l'extrait hydroéthanolique des feuilles de *T. majus* (HETM) sur le développement embryonnaire lorsqu'il est administré à des rats enceintes pendant la période à un stade de cellule-blastocyste, qui comprend les phases de transit tubaire et d'implantation. Bien qu'aucun signe de toxicité maternelle n'ait été observé, le traitement quotidien avec HETM, aux doses de 300 mg/kg, a significativement augmenté à la fois les taux sériques de déhydroépiandrostérone (DHEA) et d'estradiol, tandis que la progestérone n'a pas été affectée. Il est connu que des taux élevés de DHEA peuvent entraîner une forte augmentation de l'échec de l'implantation embryonnaire en interférant avec la croissance, le développement et la différenciation corrects de l'endomètre en décidual. Ainsi, la capacité de l'extrait de *T. majus* à augmenter la concentration de cette hormone peut être liée à la réduction de l'implantation embryonnaire correcte dans les premiers stades de la grossesse, l'inhibant ainsi (Lourenço *et al.*, 2014).

## **1. Matériel végétal**

Dans notre travail ou expérience, nous utilisons trois fleurs distinctes : *Calendula officinalis*, *Mirabilis Jalapa* et *Tropaeolum majus*. Chacune de ces fleurs possède des caractéristiques uniques et des utilisations variées, allant de l'ornementation à l'alimentation et à la médecine.

## **2. La préparation de vermicompost (vermicompostage)**

Le vermicompostage pratiqué à petite échelle se fait dans un composteur à trois unités (Zazouli et *al.*, 2009).

Le processus de vermicompostage (Figure 4) se déroule en différentes phases comme suit :

### **2.1. Phase de pré-compostage initiale :**

Les déchets organiques sont précompostés pendant environ 15 jours avant d'être donnés aux vers de terre. Pendant cette étape une plage de température de 45 à 65 °C est maintenue. Ceci permet la réduction de la masse, l'élimination des substances volatiles potentielles, qui peuvent être toxiques pour les vers de terre, la gestion de l'humidité, la destruction des germes pathogènes et les graines de mauvaises herbes dans le compost (Dominguez et *al.*, 1997 ; Nair et *al.*, 2006).

### **2.2. Phase mésophile :**

Au cours de cette phase, les vers de terre fragmentent, homogénéisent et mélangent avec les microorganismes qui se trouvent dans leurs intestins la matière organique qui passe à travers leur gésier, ces matières sont également exposées à certaines activités des enzymes digestives telles que la protéase, la lipase, l'amylase, la cellulase et la chitinase, sécrétées par l'intestin des vers. Ces enzymes sont utiles pour la décomposition des biomolécules complexes en composés simples (Bajal et *al.*, 2019).

Finalement, 90 à 95 % de la matière ingérée est éliminée de l'intestin sous une forme partiellement digérée d'un diamètre moins de 2 microns, appelée "moulée", propice à une dégradation ultérieure par action microbienne (Aslam et *al.*, 2020; Ahmad et *al.*, 2021).

### **2.3. Phase de maturation et de stabilisation.**

Les caractéristiques d'un compost mature sont les suivantes :

Un pH compris entre 7 et 9 indiquant un compost mature et stable (Avnimelech et *al.*, 1996).

Une réduction de ce rapport C/N dans le vermicompost final (Singh et *al.*, 2014).

Une teneur en  $\text{NO}_3^-$  supérieure à celle en  $\text{NH}_4^+$  (Gomez-Brandon et *al.*, 2008).

Provoque un taux de germination de 80 % (exempt de phytotoxines) (Sellami et *al.*, 2008).

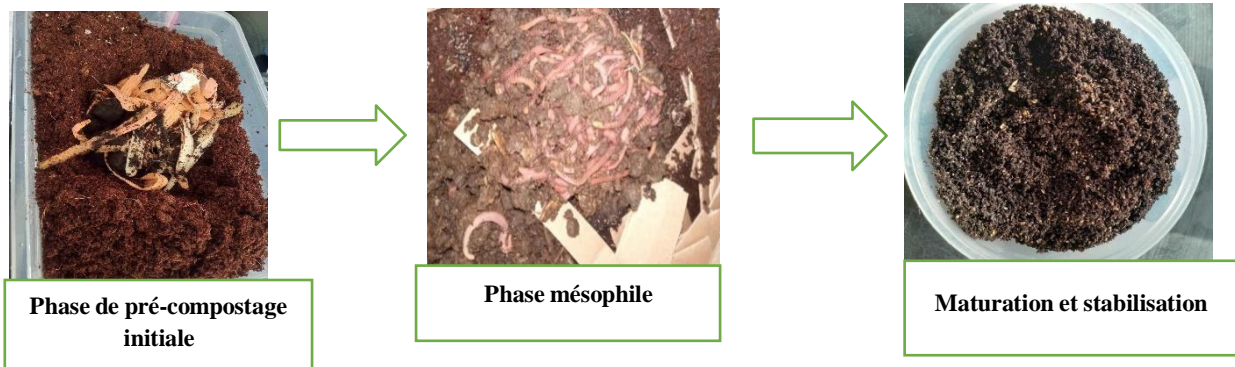


Figure 4 . Etapes de Préparation de vermicompost

### 3. La préparation de thé de vermicompost

Le thé de vermicompost est un biofertilisant liquide utilisé par pulvérisation foliaire, biologiquement active, sans odeur, obtenu après une macération et filtration d'une faible quantité de vermicompost dans l'eau en présence d'aération et l'ajout de mélasse (Natchavatthong et *al.*,2019).(figure 5)

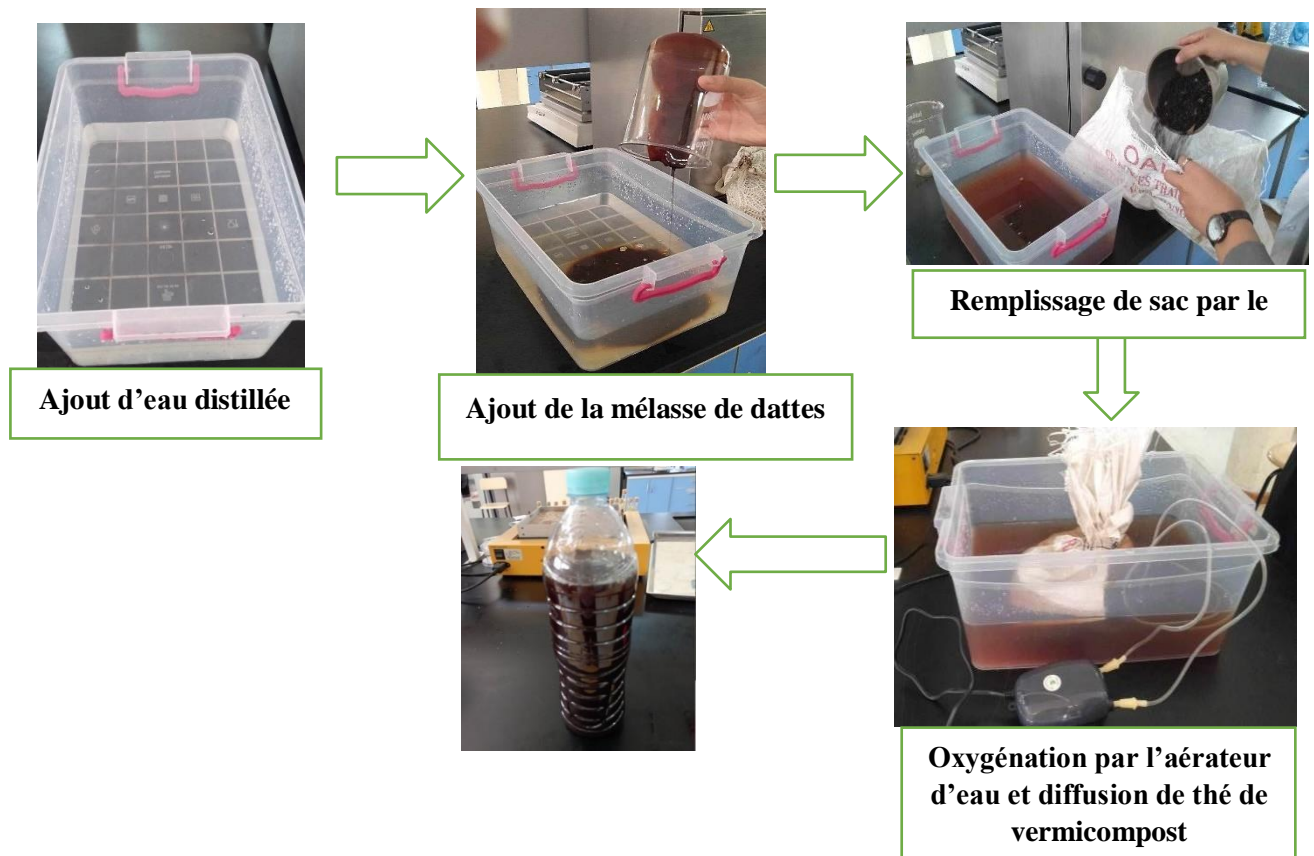


Figure 5. Préparation du thé de vermicompost

#### 4. L'effet d'application des doses de thé de vermicompost sur les 3 fleurs.

Pour évaluer l'impact du thé de vermicompost, préparé à l'avance comme engrais liquide, sur *Calendula officinalis*, *Mirabilis Jalapa* et *Tropaeolum majus*, une méthodologie expérimentale a été mise en place. Cinq concentrations différentes (10,15,20,25,30 ml/L) de l'engrais ont été appliquées par voie racinaire (figure 6).

Chaque concentration a été répétée cinq fois pour assurer la fiabilité des résultats. En outre, cinq répétitions ont été arrosées avec de l'eau distillée et ont servi de témoins pour comparer l'effet de l'engrais liquide. Plusieurs paramètres après l'application de ces différentes doses sont mesurés, incluant : longueur de pétiole, surface de feuilles, longueur de la tige, taux de chlorophylle.



Concentrations préparées



Application de biofertilisant

**Figure 6.** Application de thé de vermicompost

#### 5. Extraction et mesure du taux de chlorophylle.

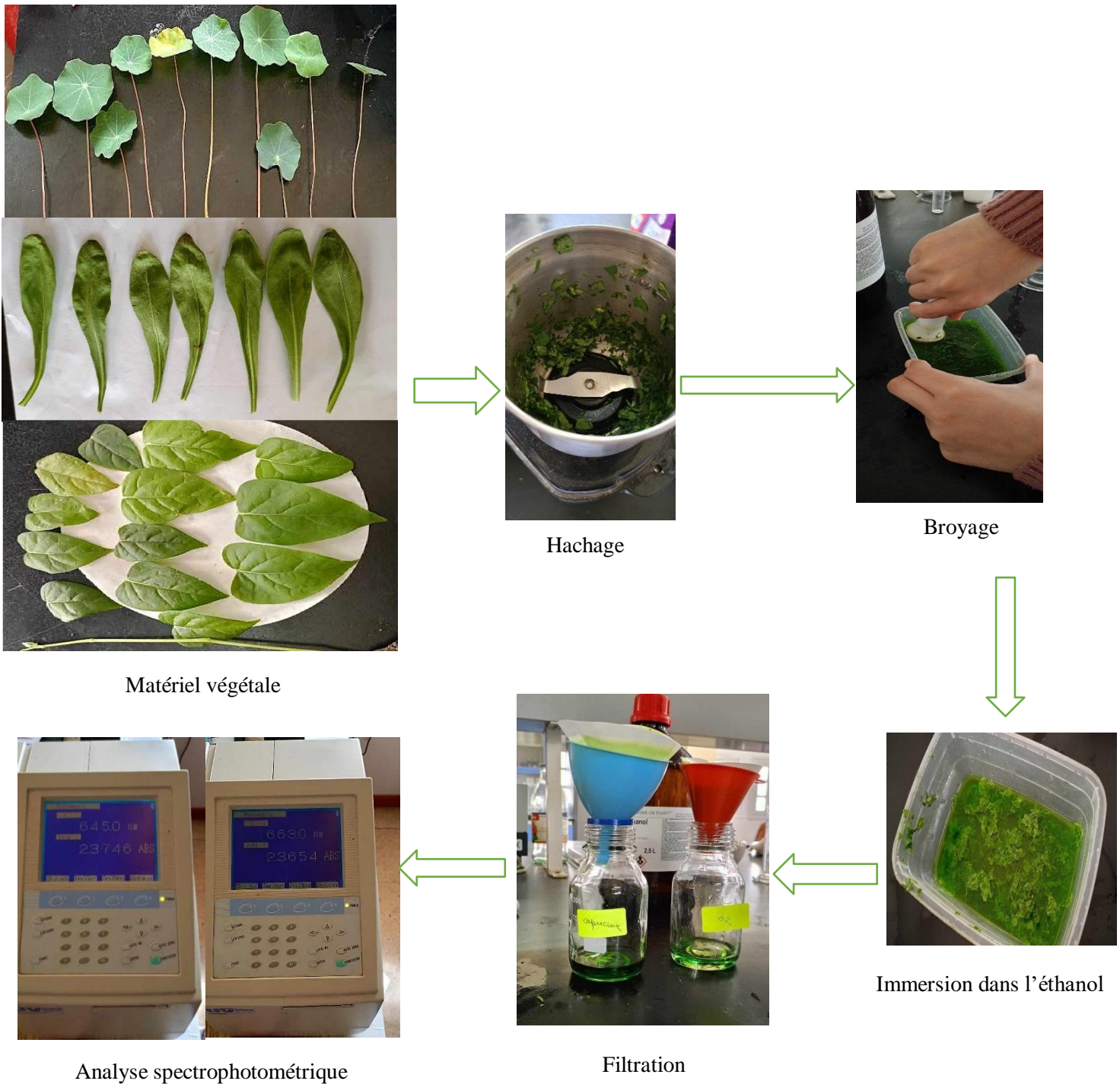
Cette étape est effectuée selon la méthode de Porra (2002) avec quelques modifications mineures. On commence par collecter 1 g de feuilles des plantes en question, qui sont ensuite minutieusement hachées. Ces feuilles hachées sont broyées dans un mortier stérile à l'aide d'un pilon pour obtenir une pulpe fine. Cette pulpe est transférée dans un bocal et immergée dans de l'éthanol pendant une durée de 15 minutes. Pour la phase de filtration, un entonnoir est positionné au-dessus d'un second bocal en verre, et un papier filtre est installé dans l'entonnoir. L'extrait obtenu du premier bocal est alors versé dans l'entonnoir, permettant ainsi la filtration de l'extrait. L'analyse spectrophotométrique a été réalisée aux longueurs d'onde de 663 nm (pic d'absorption de la chlorophylle "a") et 645 nm (pic d'absorption de la chlorophylle "b") en utilisant une solution blanc(témoin) de 95 % d'éthanol. Les concentrations de chlorophylle "a" et "b" ont été calculées à l'aide des équations suivantes :

## Matériel et méthodes

Concentration de chlorophylle "a" ( $\mu\text{g/mL}$ ) =  $(12.7 * A_{663} - 2.69 * A_{645}) * V / W$

Concentration de chlorophylle "b" ( $\mu\text{g/mL}$ ) =  $(22.9 * A_{645} - 4.68 * A_{663}) * V / W$

où :  $A_{663}$  = Absorbance à 663 nm ;  $A_{645}$  = Absorbance à 645 nm ; V = Volume du solvant d'extraction (en mL, généralement 10 mL) ; W = Poids de l'échantillon (en g). Le contenu total en chlorophylle a été déterminé en additionnant les concentrations des deux types de chlorophylle



**Figure 7.** Extraction et Mesure du taux de chlorophylle

**2. Analyse des données statistiques.**

L'analyse de variance (ANOVA) et le test de Tukey (HSD) (avec un intervalle de confiance de 95%) ont été effectués afin de comparer et classer en groupes homogènes les valeurs enregistrés des paramètres étudiés. Toutes les analyses de données statistiques ont été effectuées en utilisant le logiciel XLSTAT 2019 (Addinsoft, 2019. XLSTAT Statistical Data Analysis Solution, Paris, France).

1. Résultats

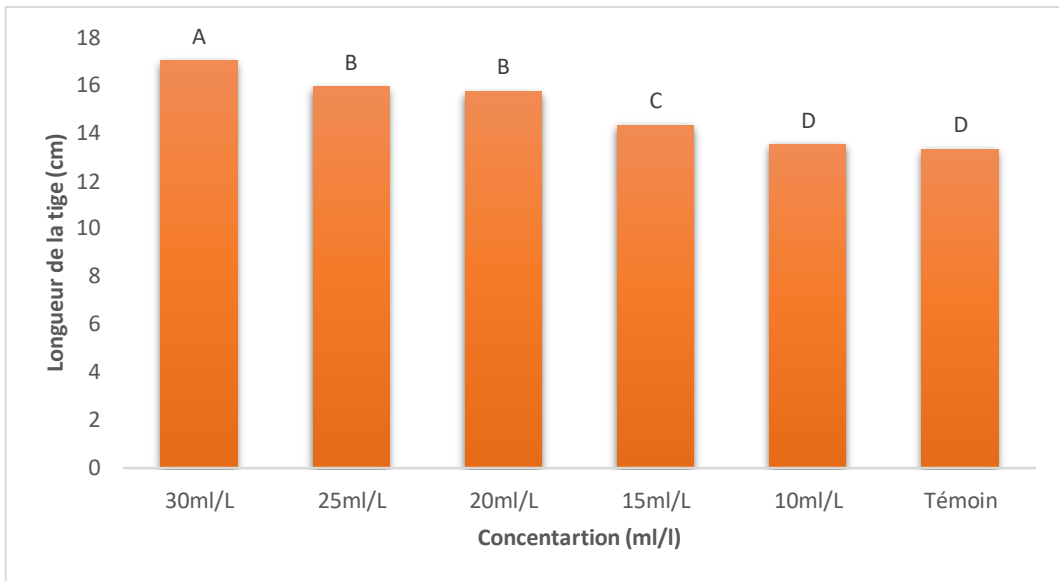


Figure 8. Effet de l'application de thé vermicompost sur la longueur de la tige de *T. majus*

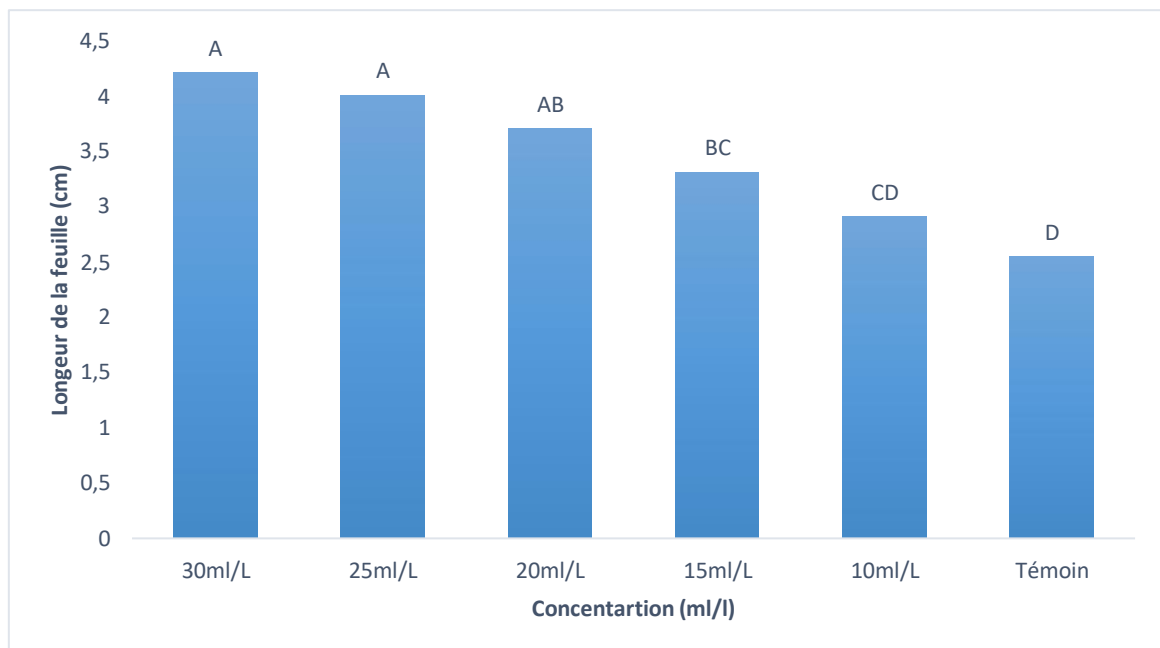


Figure 9. Effet de l'application de thé vermicompost sur la longueur des feuilles de *T. majus*

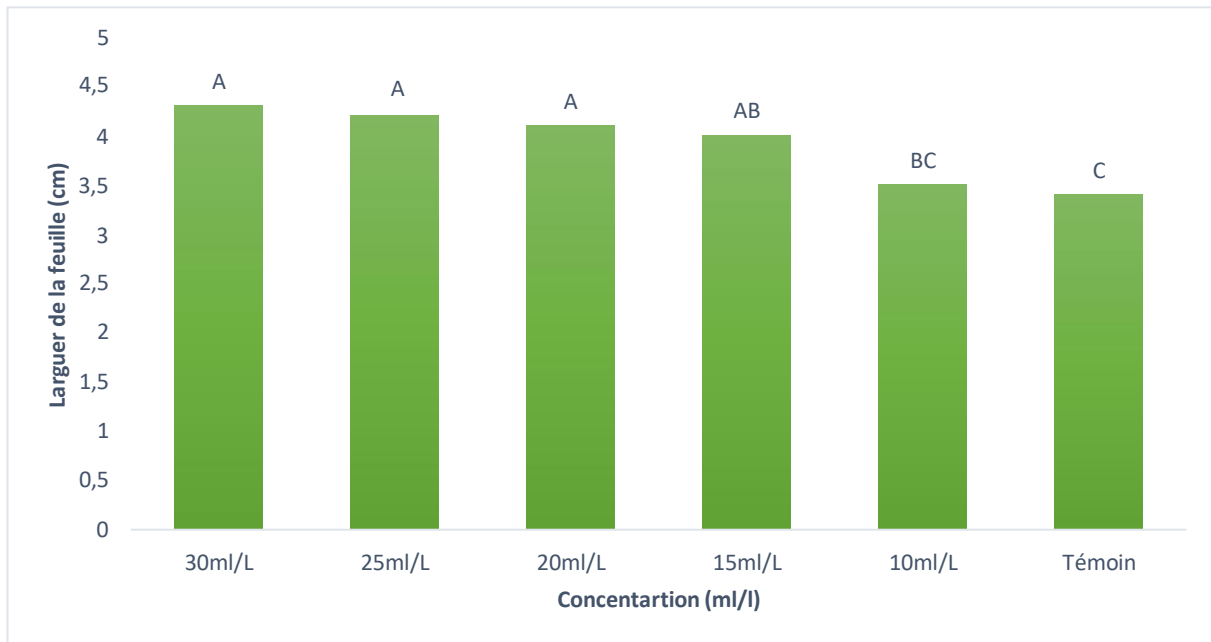


Figure 10. Effet de l'application de thé vermicompost sur la larguer des feuilles de *T. majus*

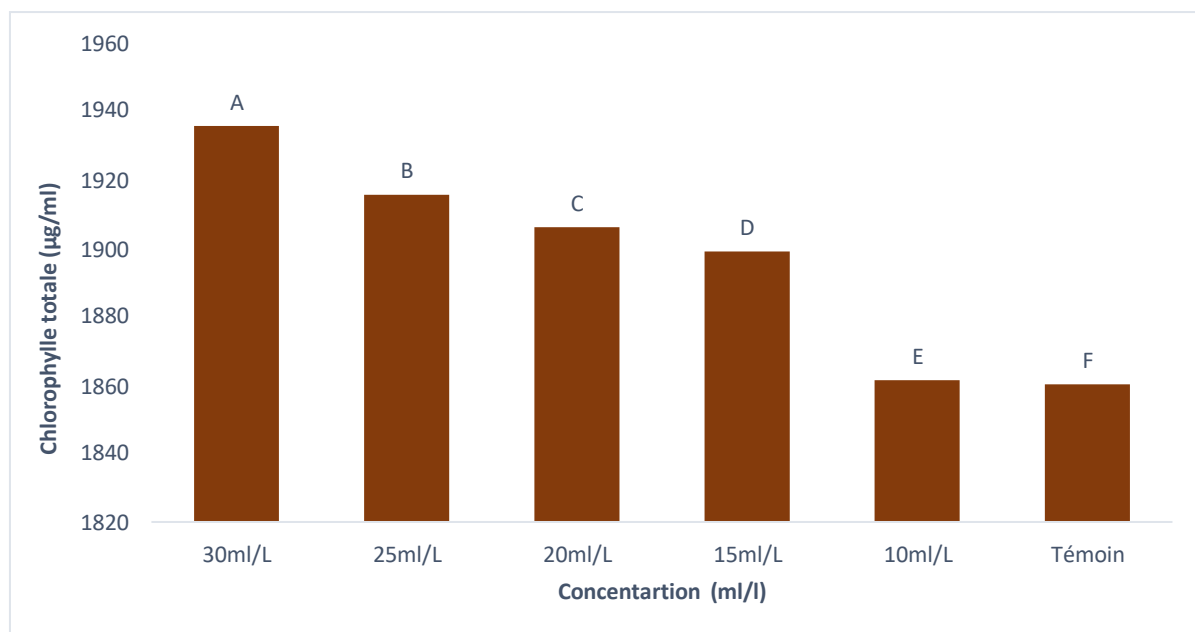


Figure 11. Effet de l'application de thé vermicompost sur le chlorophylle total de *T. majus*

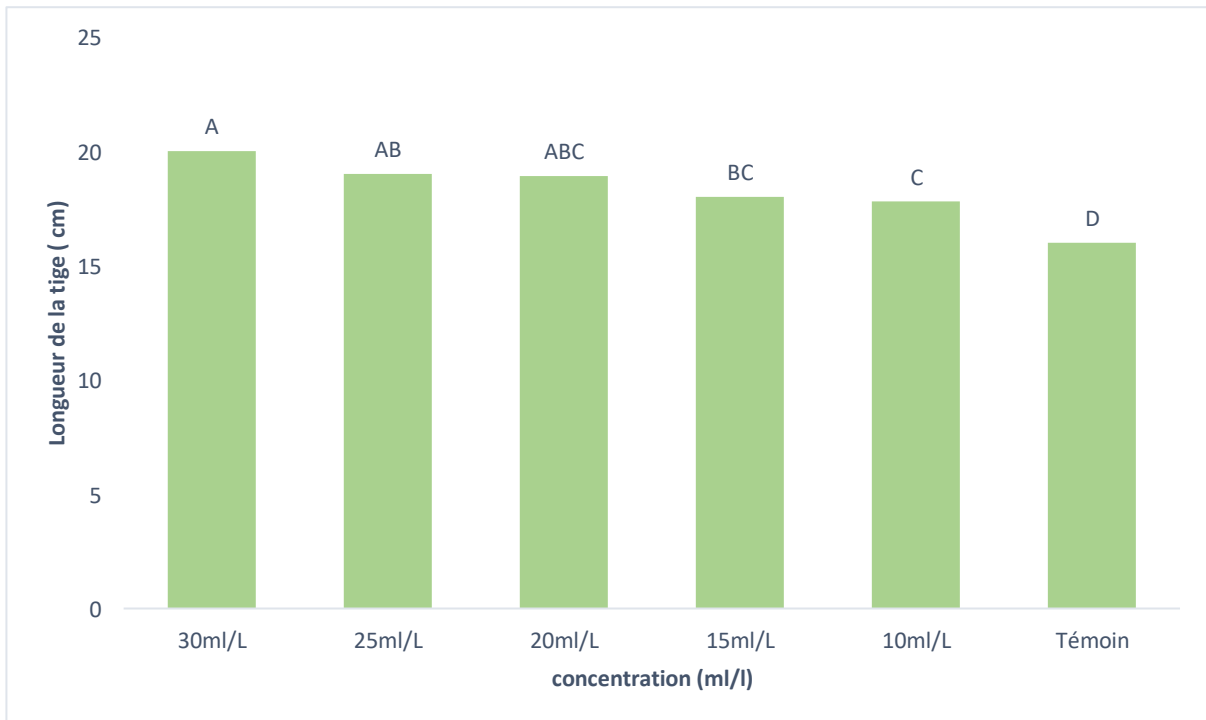


Figure 12. Effet de l'application de thé vermicompost sur la longueur de la tige de *M.jalapa*

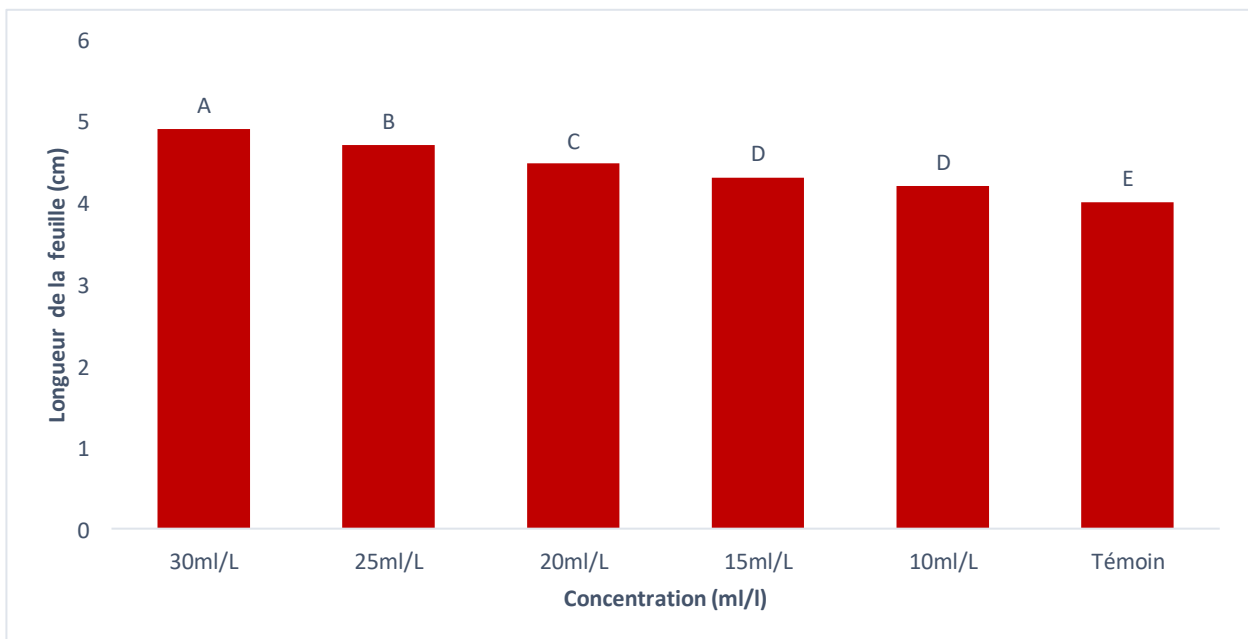


Figure 13. Effet de l'application de thé vermicompost sur la longueur des feuilles de *M.jalapa*

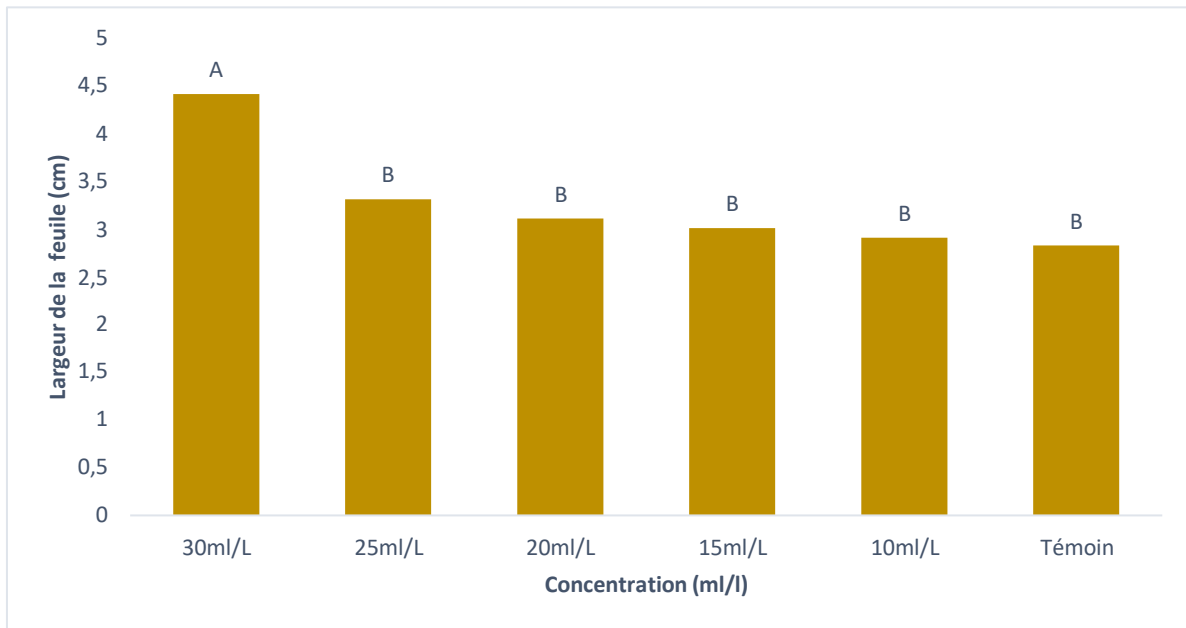


Figure 14. Effet de l'application de thé vermicompost sur la largeur des feuilles de *M.jalapa*

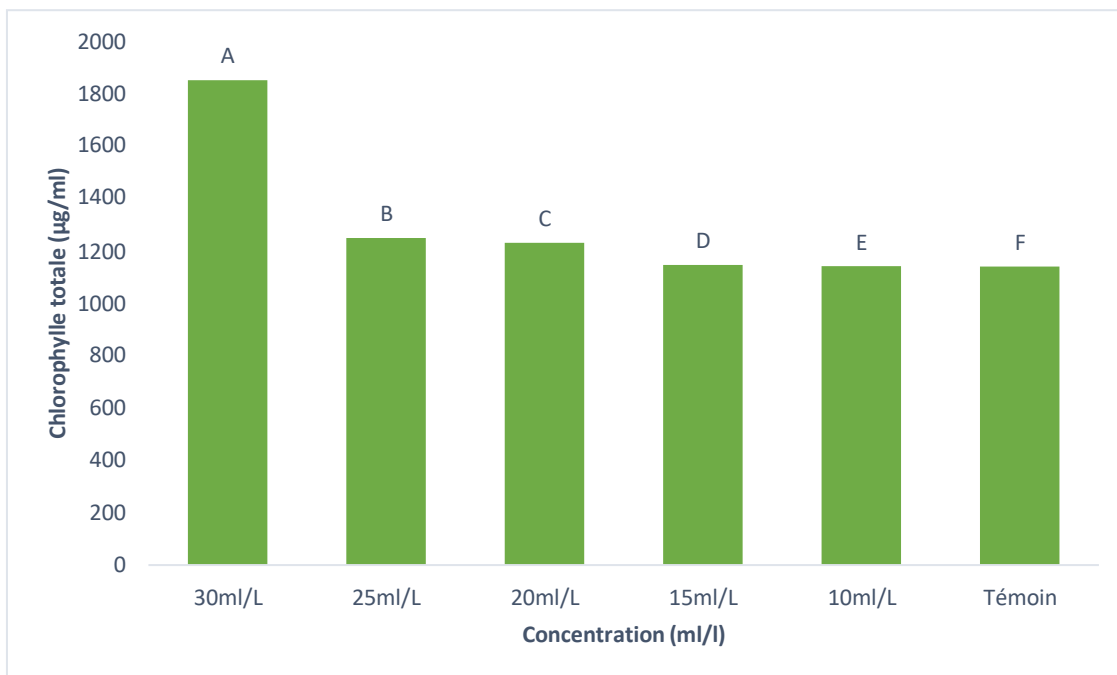


Figure 15. Effet de l'application de thé vermicompost sur le chlorophylle total de *M.jalapa*

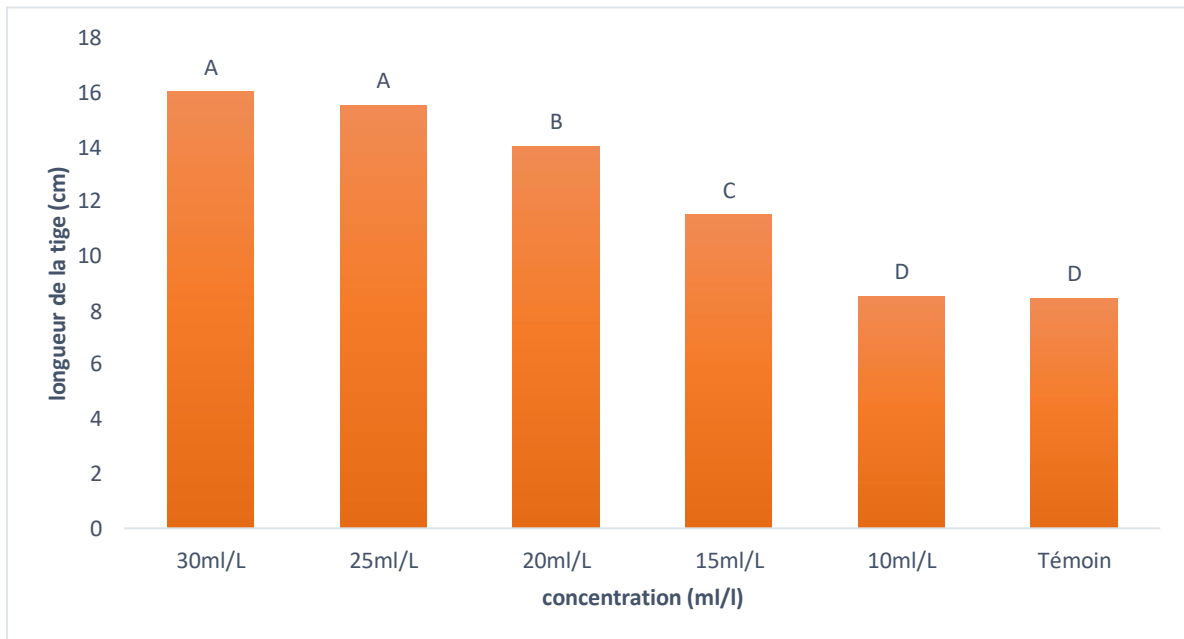


Figure 16. Effet de l'application de thé vermicompost sur la longueur de la tige de *C.officinalis*

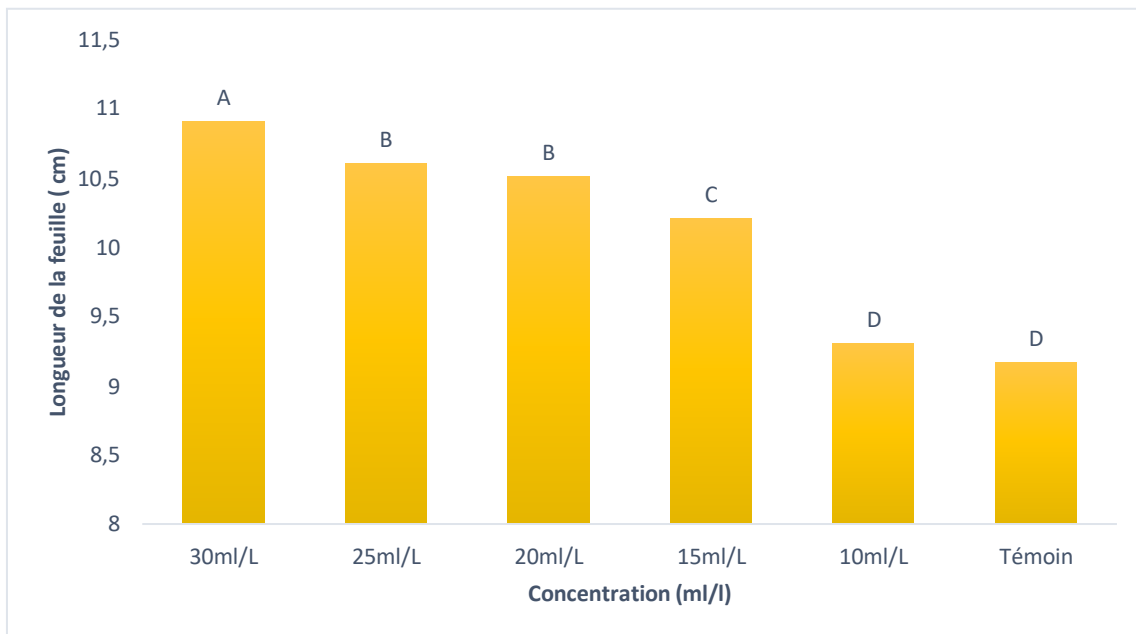


Figure 17. Effet de l'application de thé vermicompost sur la longueur des feuilles de *C.officinalis*

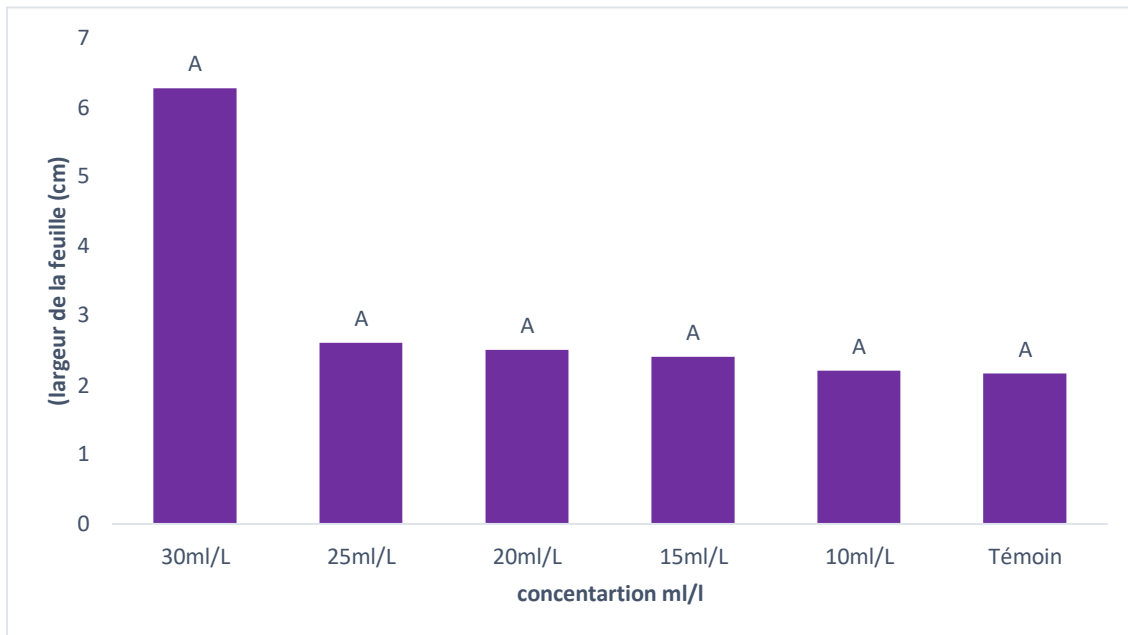


Figure 18. Effet de l'application de thé vermicompost sur la largeur des feuilles de *C.officinalis*

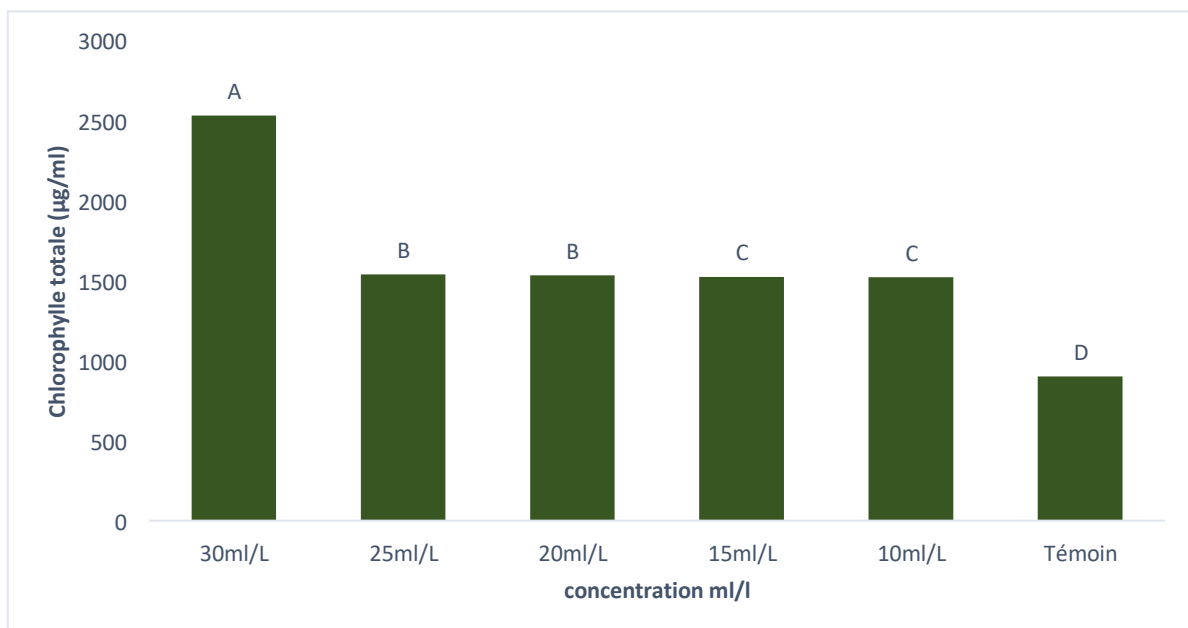


Figure 19. Effet de l'application de thé vermicompost sur le chlorophylle total de *C.officinalis*

L'application de thé de vermicompost à différentes doses améliore significativement la longueur des tiges, la longueur et la largeur des feuilles, ainsi que le taux de chlorophylle total chez *T. majus*, *M. jalapa* et *C. officinalis*. Les meilleurs résultats ont été obtenus avec une application racinaire de thé de vermicompost à 30 ml/l. Pour *T. majus*, les valeurs maximales enregistrées étaient de 17 cm pour la longueur de la tige, 4,2 cm pour la longueur des feuilles, 4,3 cm pour la largeur des feuilles et 1935 µg/ml pour la chlorophylle totale.

Pour *M. jalapa*, les valeurs maximales étaient de 20 cm pour la longueur de la tige, 4.3cm pour la longueur des feuilles, 4.4 cm pour la largeur des feuilles et 1845.29 µg/ml pour la chlorophylle totale. Pour *C. officinalis*, les valeurs maximales observées étaient de 16 cm pour la longueur de la tige, 10.9 cm pour la longueur des feuilles, 6.26 cm pour la largeur des feuilles et 2531.98 µg/ml pour la chlorophylle totale.

## 2. Discussion

Les bio fertilisants sont des produits riches en éléments minéraux nutritifs, ont des effets positifs sur l'activité biologique du sol, la croissance, le développement des plantes, sur le contrôle des maladies et des ravageurs des plantes (Reganold, 1995 ; Rivera et al ., 2012 ; Bozsik , 1996 ; Dabrowski et al ., 2007 ; Godlewska et al. , 2019 ; Abdalla, 2013 ; Hayat, 2018). Parmi ces biofertilisants qui peuvent être utilisés par application racinaire ,le thé de vermicompost qui est un liquide organique riche en nutriments produit à partir de la décomposition des matières organiques par des vers de terre (Edwards et Arancon, 2004). Il est utilisé comme fertilisant pour les plantes car il contient une grande quantité de micro-organismes bénéfiques, de nutriments et d'enzymes qui favorisent la croissance des plantes et améliorent la santé du sol (Atiyeh et al., 2001).

L'application de thé de vermicompost à différentes doses améliore significativement la longueur des tiges, la longueur et la largeur des feuilles, ainsi que le taux de chlorophylle total chez *T. majus*, *M. jalapa* et *C. officinalis*. Les meilleurs résultats ont été obtenus avec une application racinaire de thé de vermicompost à 30 ml/l.Ces résultats sont dus à la capacité du thé de vermicompost d'augmenter et améliorer la croissance et le développement des plantes étudiées et de réduire leurs maladies (Kavitha et Kumar, 2013). Grace aux éléments nutritifs contenu dans ce biofertilisant qui sont divisés en deux groupes en fonction de la quantité demandée par les plantes : les macro-éléments demandés à des niveaux relativement élevés comme l'azote qui est un élément disponible sous forme des ions de nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) et d'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) ,fortement assimilé par la plante (5 à 70mg/g de matière sèche) et fondamental pour la formation des acides aminées nécessaires pour la formation du protoplasme et la division cellulaire ,des protéines, des vitamines, du chlorophylle nécessaire pour la photosynthèse, des enzymes, des nucléotides , des acides nucléiques .Le phosphore qui est un élément peu mobile dans le sol, disponible sous forme d'ions ortho phosphaté ( $\text{HPO}_4^{-2}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ), représente de 1 à 5 % de la matière sèche de la plante et joue un rôle majeur au stockage et transfert d'énergie (ADP ,ATP) nécessaire au transport et à l'absorption des ions dans les processus de photosynthèse et de respiration, à la formation des nucléotides, des acides nucléiques des coenzymes,des phospholipides intervenant dans le pouvoir germinatif des semences, la

croissance et le développement des racines, l'initiation florale ,la formation des grains et des fruits, développement et maturation des fruits .Le potassium disponible pour les plantes sous forme d'ion  $K^+$ , Il joue un rôle de régulateur des fonctions vitales de la plante comme la synthèse des protéines, la croissance des cellules, la photosynthèse en maintenant l'équilibre des charges électriques sur le site de production d'ATP, la résistance aux maladies, au froid et à la sécheresse par la constitution de parois cellulaires résistantes, la régulation de la transpiration, la circulation de la sève ascendante dans le xylème et descendante dans le phloème ,le transfert des assimilés (sucres, acides aminés) vers les racines et les organes de réserve (grains, fruits, tubercules), régulation de l'utilisation de l'eau par la plante par le contrôle l'ouverture et la fermeture des stomates. le magnésium qui est un élément nutritif disponible sous forme d'ion  $Mg^{2+}$ ,très important pendant toutes les phases de développement des plantes où il est absorbé en quantités considérables ,il rentre dans la constitution du noyau , la formation des pigments comme le carotène ,les xanthophylles et le chlorophylle , la synthèse des protéines et des acides nucléiques, des sucres et de l'amidon ,il aide à l'assimilation et la migration du phosphore et des sucres dans la plante, l'augmentation de la teneur en vitamines A et C et la résistance aux sécheresse et aux maladies cryptogamiques et le calcium qui est un élément immobile, disponible sous forme d'ion  $Ca^{2+}$ ,Il intervient dans le transfert des glucides,le développement des parois cellulaires et des racines, la synthèse des protéines, des enzymes et de vitamines, la résistance aux maladies (Uchida ,2000 ;Ronen,2007 ;Hamdani,2020).

Les micro-éléments ne sont nécessaires qu'à l'état de traces ,parmi eux le zinc qui est un micronutriment disponible sous forme d'ion  $Zn^{+2}$  avec une concentration moyenne dans les tissus de 20 ppm, il entre dans la synthèse de l'ARN et des protéines, des enzymes déshydrogénases nécessaires pour la formation des acides aminés, du tryptophane qui est un précurseur d'auxine, du tryptophane nécessaire à la formation de l'acide indole acétique .Le bore disponible sous forme de borate  $H_3BO_3$  avec une concentration moyenne dans les tissus de 20 ppm,il joue un rôle important dans la croissance des méristèmes et des racines, la migration des glucides, la synthèse des acides nucléiques ,des protéines ,des hormones végétales et de la lignine ,la formation des graines et des parois cellulaires, favorise la floraison et la maturité des fruits. Le cuivre disponible sous forme d'ion  $Cu^{+2}$  avec une concentration moyenne dans les tissus de 3 à 10 ppm, Il est requis dans les processus de photosynthèse, reproduction respiration des plantes, transport des glucides et des protéines et dans la synthèse de la lignine, chlorophylle et des pigments ,Il sert aussi à intensification de la saveur et la couleur ,la teneur en sucres des fruits et des légumes et la couleur des fleurs .et le Fer qui est un micro-élément

immobile disponible pour sous forme de  $\text{Fe}^{2+}$  ou  $\text{Fe}^{3+}$  avec une concentration moyenne dans les tissus de 100 ppm ,contribuant à la pigmentation et à la respiration des feuilles, la formation et le maintien de la chlorophylle, la formation et l'activation des enzymes (Uchida ,2000 ;Ronen,2007 ;Hamdani,2020).Ces résultats montrent que le thé de vermicompost constitue une bonne alternative aux engrais chimiques.

La présente étude se concentre sur l'effet de l'emploi de thé de vermicompost sur la culture des fleurs *Mirabilis jalapa* L., *Calendula officinalis* L. et *Tropaeolum majus* L. L'application de thé de vermicompost à différentes doses améliore significativement la longueur des tiges, la longueur et la largeur des feuilles, ainsi que le taux de chlorophylle total chez ces trois espèces. Les meilleurs résultats ont été obtenus avec une application racinaire de thé de vermicompost à 30 ml/l. Pour *T. majus*, les valeurs maximales enregistrées étaient de 17 cm pour la longueur de la tige, 4,2 cm pour la longueur des feuilles, 4,3 cm pour la largeur des feuilles et 1935 µg/ml pour la chlorophylle totale. Pour *M. jalapa*, les valeurs maximales étaient de 16 cm pour la longueur de la tige, 10,9 cm pour la longueur des feuilles, 6,26 cm pour la largeur des feuilles et 2531,98 µg/ml pour la chlorophylle totale. Pour *C. officinalis*, les valeurs maximales observées étaient de 20 cm pour la longueur de la tige, 4,9 cm pour la longueur des feuilles, 4,4 cm pour la largeur des feuilles et 1845 µg/ml pour la chlorophylle totale. Ces résultats montrent que le thé de vermicompost constitue une bonne alternative aux engrais chimiques. Il est recommandé dans les prochaines études de cibler d'autres cultures, d'essayer d'améliorer la qualité du thé de vermicompost en le combinant avec d'autres biofertilisants et de tester d'autres doses pour les applications foliaires et racinaires.

1. Abasova, R.L.; Aslanov, S.M.; Mamedova, M.É. 1995. Amino acids of *Calendula officinalis*. *Chem. Nat. Compd.*, 30, 641.
2. Abdalla, M.M. 2013. The potential of *Moringa oleifera* extract as a biostimulant in enhancing the growth, biochemical, and hormonal contents in rocket (*Eruca vesicaria* subsp. *sativa*) plants. *International Journal of Plant Physiology and Biochemistry*, 5: 42-49. doi: 10.5897/ijppb2012.026.
3. Aher, A.N.; Kavita, B.; Sunanda, M.; Shubhangi, B. 2016. Pharmacognostic, phytochemical, and pharmacological investigation on leaf and root of *Mirabilis jalapa* Linn (Nyctaginaceae). *Int. J. Pharm. Sci. Rev. Res.*, 40(2): 132-136.
4. Ahmad, A.; Aslam, Z.; Bellitürk, K.; Iqbal, N.; Naeem, S.; Idrees, M.; Kaleem, Z.; Nawaz, M.Y.; Nawaz, M.; Sajjad, M.; Rehman, M.U.; Ramzan, H.; Waqas, M.; Akram, Y.; Jamal, M.A.; Ibrahim, M.U.; Baig, H.A.T.; Kamal, A. 2021. Vermicomposting methods from different wastes: An environmentally friendly, economically viable, and socially acceptable approach for crop nutrition: A review. *International Journal of Food Science and Agriculture*, 5(1): 58-68. doi: 10.26855/ijfsa.2021.03.009.
5. Akintobi, O.A.; Agunbiade, S.O.; Okonko, I.O.; Ojo, O.V. 2011. Antimicrobial evaluation and phytochemical analysis of leaf extracts of *Mirabilis jalapa* against some human pathogenic bacteria. *Nat. Sci.*, 9: 45-53.
6. Almeida, V.M.; Dias, Ê.R.; Souza, B.C.; Cruz, J.N.; Santos, C.B.R.; Leite, F.H.A.; Queiroz, R.F.; Branco, A. 2022. Methoxylated flavonols from *Vellozia dasypus* Seub ethyl acetate active myeloperoxidase extract: In vitro and in silico assays. *J. Biomol. Struct. Dyn.*, 40, 7574–7583.
7. Arora, D.; Rani, A.; Sharma, A. 2013. A review on phytochemistry and ethnopharmacological aspects of genus *Calendula*. *Pharmacogn. Rev.*, 7, 179–187.
8. Ashwlayan, V.D.; Kumar, A.; Verma, M.; Garg, V.K.; Gupta, S. 2018. Therapeutic potential of *Calendula officinalis*. *Pharm. Pharmacol. Int. J.*, 6, 1.
9. Aslam, Z.; Ahmad, A. 2020. Effets du vermicompost, du vermi-thé et de l'engrais chimique sur les caractéristiques morfo-physiologiques du maïs (*Zea mays* L.) dans le district de Suleymanpasa, Tekirdag, Turquie. *Journal of Innovative Sciences*, 6: 41-46. doi: 10.17582/journal.jis/2020/6.1.41.46.
10. Atiyeh, R.M.; Edwards, C.A.; Subler, S.; Metzger, J.D. 2001. Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: Effects on physicochemical properties and plant growth. *Bioresource Technology*, 78(1), 11-20.
11. Avnimelech, Y.; Bruner, M.; Ezrony, I.; Sela, R.; Kochba, M. 1996. Index de stabilité pour le compostage des déchets solides municipaux. *Compost Science and Utilization*, 4(2), 13–20. doi: 10.1080/1065657X.1996.10701825.
12. Babae, N.; Moslemi, D.; Khalilpour, M.; Vejdani, F.; Moghadamnia, Y.; Bijani, A.; Baradaran, M.; Kazemi, M.T.; Khalilpour, A.; Pouramir, M.; et al. 2013. Antioxidant capacity of *Calendula*

- officinalis flowers extract and prevention of radiation-induced oropharyngeal mucositis in patients with head and neck cancers: A randomized controlled clinical study. *DARU J. Pharm. Sci.*, 21, 18.
13. Bajal, S.; Subedi, S.; Baral, S. 2019. Utilisation des déchets agricoles comme substrats pour le vermicompostage. *Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 12(8): 79-84.
  14. Bakó, E.; Deli, J.; Tóth, G. 2002. HPLC study on the carotenoid composition of *Calendula* products. *J. Biochem. Biophys. Methods*, 53, 241–250.
  15. Balciunaitiene, A.; Puzeryte, V.; Radenkova, V.; Krasnova, I.; Memvanga, P.B.; Viskelis, P.; Streimikyte, P.; Viskelis, J. 2022. Sustainable green synthesis of silver nanoparticles using aqueous *Hyssopus officinalis* and *Calendula officinalis* extracts and their antioxidant and antibacterial activities. *Molecules*, 27, 770.
  16. Basch, E.; Bent, S.; Foppa, I.; Haskmi, S.; Kroll, D.; Mele, M.; Szapary, P.; Ulbricht, C.; Vora, M.; Yong, S. 2006. Marigold (*Calendula officinalis* L.): An evidence-based systematic review by the Natural Standard Research Collaboration. *J. Herb. Pharm.*, 6, 135–159.
  17. Bazyłko, A.; Granica, S.; Filipek, A.; Piwowski, J.; Stefańska, J.; Osińska, E.; Kiss, A. 2013. Comparison of antioxidant, anti-inflammatory, antimicrobial activity and chemical composition of aqueous and hydroethanolic extracts of the herb of *Tropaeolum majus* L. *Ind. Crops Prod.*, 50: 88-94.
  18. Bazyłko, A.; Parzonko, A.; Jez, W.; Osińska, E.; Kiss, A.K. 2014. Inhibition of ROS production, photoprotection, and total phenolic, flavonoids and ascorbic acid content of fresh herb juice and extracts from the leaves and flowers of *Tropaeolum majus*. *Ind. Crops Prod.*, 55: 19-24.
  19. Bemelmans, W.; Broer, J.; Feskens, E.; Smit, A.; Muskiet, F.; Lefrandt, J.D.; Bom, V.J.; May, J.F.; Meyboom-de Jong, B. 2002. Effect of an increased intake of  $\alpha$ -linoleic acid and group nutritional education on cardiovascular risk factors: The Mediterranean Alpha-linoleic Enriched Groningen Dietary Intervention (MARGARIN) study. *Am. J. Clin. Nutr.*, 75: 221-227.
  20. Bohm, H.; Boeing, H.; Hempel, J.; Raab, B.; Kroke, A. 1998. Flavonols, flavones and anthocyanins as native antioxidants of food and their possible role in the prevention of chronic diseases. *Zeitschrift fur Ernährungswissenschaft*, 37: 147-163.
  21. Bones, A.M.; Rossiter, J.T. 1996. The myrosinase-glucosinolate system, its organization and biochemistry. *Physiol. Plant.*, 97: 194-208.
  22. Bozsik, A. 1996. Studies on aphicidal efficiency of different stinging nettle extracts. *Anz. Schadlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz*, 69: 21-22. doi: 10.1007/BF01905863.
  23. Bressan, J.; Hermsdorff, H.H.M.; Zulet, M.A.; Martinez, J.A. 2009. Impacto hormonal e inflamatório de diferentes composições dietéticas: ênfase em padrões alimentares e fatores dietéticos específicos. *Arq. Bras. Endocrinol. Metab.*, 53: 572-581.
  24. Brito, A.S. 1994. Manual de ensaios toxicológicos in vivo. Ed. UNICAMP, Campinas, Brazil.

25. Butnariu, M.; Coradini, C.Z. 2012. Evaluation of biologically active compounds from *Calendula officinalis* flowers using spectrophotometry. *Chem. Cent. J.*, 6, 35.
26. Cammue, B.P.; De Bolle, M.F.; Terras, F.R.; Proost, P.; Van Damme, J.; Rees, S.B.; Vanderleyden, J.; Broekaert, W.F. 1992. Isolation and characterization of a novel class of plant antimicrobial peptides from *Mirabilis jalapa* L. seeds. *J. Biol. Chem.*, 267(4): 2228-2233.
27. Carlson, K.D.; Kleiman, R. 1993. Chemical survey and erucic acid content of commercial varieties of narturium, *Tropaeolum majus* L. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 70: 1145-1148.
28. Chamansara, R.; Rashidfarokhi, R.; Sakalli, E.A.; Öztinen, N.; Koşar, M. 2022. Comparison of commercial *Calendula officinalis* L. samples with pharmacopeial drug: Antiradical activities and chemical profiles. *J. Res. Pharm.*, 26, 809-819.
29. Chandorkar, N.; Tambe, S.; Amin, P.; Madankar, C. 2021. A systematic and comprehensive review on current understanding of the pharmacological actions, molecular mechanisms, and clinical implications of the genus *Eucalyptus*. *Phytomed. Plus*, 1, 100089.
30. Chandra, P.; Kishore, K.; Ghosh, A.K. 2015. Evaluation of antacid capacity and antiulcer activity of *Calendula officinalis* L. in experimental rats. *Orient. Pharm. Exp. Med.*, 15, 277-285.
31. Chetty, K.M.; Sivagi, K.; Rao, K.T. 2008. Flowering plants of Chittoor district, Andhra Pradesh, India. Student Offset Printers, Trupati. pp. 286.
32. Chin, S.F.; Liu, W.; Storkson, J.M.; Ha, Y.L.; Pariza, M.W. 1992. Dietary sources of conjugated dienoic isomers of linoleic acid, a newly recognized class of anticarcinogens. *J. Food Compos. Anal.*, 5: 185-197.
33. Cook, N.C.; Samman, S. 1996. Flavonoids – Chemistry, metabolism, cardioprotective effects, and dietary sources. *J. Nutr. Biochem.*, 7: 66-76.
34. Cruceriu, D.; Balacescu, O.; Rakosy, E. 2018. *Calendula officinalis*: Potential roles in cancer treatment and palliative care. *Integr. Cancer Ther.*, 17: 1068-1078.
35. D'agostini, F.; Izzotti, A.; Balansky, R.M.; Bennicelli, C.; De Flora, S. 2005. Modulation of apoptosis by cancer chemopreventive agents. *Mutat. Res.*, 591: 173-186.
36. Dabrowski, Z.T.; Seredynska, U. 2007. Characterisation of the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch, Acari: Tetranychidae) response to aqueous extracts from selected plant species. *Journal of Plant Protection Research*, 47: 113-124.
37. Darekar, D.; Hate, M. 2021. Phytochemical screening of *Calendula officinalis* (Linn.) using gas-chromatography-mass spectroscopy with potential antibacterial activity. *J. Sci. Res.*, 65, 131-134.
38. Deka, B.; Bhattacharjee, B.; Shakya, A.; Iqbal, A.M.A.; Goswami, C.; Sarma, S. 2021. Mechanism of action of wound healing activity of *Calendula officinalis*: A comprehensive review. *Pharm. Biosci. J.*, 9, 28-44.

39. Dennis Bilavendran, J.; Manikandan, A.; Thangarasu, P.; Sivakumar, K. 2020. Synthesis and discovery of pyrazolo-pyridine analogs as inflammation medications through pro- and anti-inflammatory cytokine and COX-2 inhibition assessments. *Bioorg. Chem.*, 94, 103484.
40. -Rodríguez-Hernández ÁI, Zubeldia JM, González L, Pinilla AI, Ruiz G, 2002 Estudio de la actividad antimicrobiana de diferentes especies de *Mirabilis*, *Rev. Iberoam. Micol.*, 19: 25-28.
41. -Romero, A.; Fernández-Medarde, A.; Jiménez, E.; Espejo, C.; Rejas, M.T.; Sánchez, J.; Lecumberri, B.; Varela, M.Á.; López-Martín, E.; García-Cabezas, M.Á.; et al. Bioavailability, Toxicity, and Antitumor Activity of a New Selenophene Compound against Pancreatic Cancer Cells. *Antioxidants* 2022, 11, 1543
42. -Saeed, N., Khan, M. R., Shabbir, M. 2012. Antioxidant activity, total phenolic and total flavonoid contents of whole plant extracts *Torilis leptophylla* L. *BMC Complement. Altern. Med.* 12, 221. -Salmones, D., Mata, G., Waliszewski, K. N. 2005. Comparative culturing of *Pleurotus* spp. on coffee pulp and wheat straw: Biomass production and substrate biodegradation. *Bioresour Technol* 96: 537–544.
43. -Santos HO, Izidoro LFM, Figueiredo VC, Santos J, Alves E, Gonçalves TT, Santos M. 2018. Lactic acid bacteria in fermented foods: isolation, characterization, and potential use for probiotic purposes. *Crit Rev Food Sci Nutr* 58: 2252-2260.
44. -Sardiñas, R., Llauradó, G., López, S., Pentón, E., Lagunes, R., Díaz, M., García, D. 2002. Evaluación de la actividad antimicrobiana de extractos de plantas medicinales cubanas. *Rev. Cubana Plant Med.* 7: 72–75.
45. -Sellés-Marchart, S.; López-Sáez, R.; López-Martínez, R. B. 2006. New findings on the pharmacology of *Hypericum perforatum*. *Front. Pharmacol.* 5, 89. -Shalaby, A. R., El-Sakhawy, M. 2002. Antimicrobial properties of some essential oils against foodborne pathogenic bacteria. *J Food Saf* 22: 108–119.
46. -Shehab NG, Gherbawy YA, Hussein MA. 2012. Antimicrobial activities of ethanolic extract and isolated compounds from *Pulicaria undulata* (L.) C. A. Mey. Growing in Saudi Arabia. *Molecules* 17: 5555–5564.
47. -Shinwari, Z.K.; Gilani, S.S. 2003. Sustainable harvest of medicinal plants in Pakistan: A case study. *International Journal of Agriculture and Biology*, 5(4): 512–515.
48. -Siqueira, J.A., De Souza, D.G., Amaral, F.A., De Sousa, L.P., Rodrigues, M.M., Kroon, E.G., Teixeira, M.M. 2014. Therapeutic administration of quercetin improves survival in mice following polymicrobial sepsis. *J Clin Biochem Nutr* 55: 11–19. -Souralová, A.; Flavonoids as Inhibitors of Multidrug Resistance in Cancer Chemotherapy. *Front Oncol* 2015, 5, 1–14.
49. -Stefanello, M.E.A., Salvador, M.J., Smânia, E.F.A., Smânia, J.A., Ferreira, S.R.S. 2008. Chemical composition and antimicrobial activity of *Cordia verbenacea* extracts obtained by different methods. *Bioresour Technol* 99: 5095–5098. -Sur, T.K.; Bandyopadhyay, A.; Das,

- P.C.; Sengupta, G. 1997. Anti-inflammatory activity of *Himatanthus sucuuba*. *Indian J Pharmacol* 29: 291-294.
50. -Suzuki, N.; Hirata, M.; Kato, A.; Mikami, Y.; Homma, H. 2006. Histological study of the mechanism of the anti-inflammatory effect of sesquiterpene lactones in rats. *Planta Med* 72: 24-28
51. -Tajkarimi MM, Ibrahim SA, Cliver DO. 2010. Antimicrobial herb and spice compounds in food. *Food Control* 21: 1199–1218. -Tamokou J.D.D., Mbaveng, A.T., Kuete, V. 2017. Antimicrobial activities of African medicinal spices and vegetables. In: *Medicinal Spices and Vegetables from Africa*. Elsevier, Amsterdam, Netherlands, 207–237.
52. -Tanaka, H.; Nakamura, T.; Murayama, K.; Gohda, E. 2010. Inhibitory effect of tropaeolin O on growth and migration of human glioma cells. *J Pharm Pharmacol* 62: 573–578.
53. -Tesio, F.; Ramírez, G. A.; Chade, L. A. 2004. Impact of invasive species on coastal ecosystems: consequences for human health and resource availability. *Environ Health Perspect* 112: 1369–1374.
54. -Thurston JR, Britton LN, Brogden KA, Frank GH. 1978. Comparison of the abilities of different saponins to enhance the immune response of mice and turkeys to sheep erythrocytes. *Avian Dis* 22: 385-393.
55. -Tuan, L.A.; Khanh, T.T., Xuan, T.D., Trung, K.H. 2019. Chemical composition and antibacterial activity of essential oil from the leaves of *Moringa oleifera* Lam. grown in Dak Lak, Vietnam. *Nat Prod Commun* 14: 1–6. -Tylianakis JM, Didham RK, Bascompte J, Wardle DA. 2008. Global change and species interactions in terrestrial ecosystems. *Ecol Lett* 11: 1351–1363.
56. -Tzanova, T.; Ivanova, T.; Ivanovska, N.; Petrova, S. 2001. A comparative study on the immunomodulating activity of some natural and synthetic compounds in normal and immunocompromised mice. *Eur J Pharmacol* 428: 231–238.
57. -Vermelho, A. B.; Sousa, M. A.; Lemos, J. A.; Ferreira, M. C.; Pereira, R. C.; Lima, M. P.; Da Silva, A. B. 1996. Screening of extracts from Brazilian plants for antimicrobial activity. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 91: 567-570.
58. -Vicentini, F.T.M.C.; Fonseca, Y.M.; Catini, C.D.; Nomizo, A.; Gerlach, R.F.; Fonseca, M.J.V. 2010. Protective effect of *Calendula officinalis* extract against UVB-induced oxidative stress in skin: evaluation of reduced glutathione levels and matrix metalloproteinase secretion. *J Ethnopharmacol* 127: 596–601.
59. -Vidal, A.M.C.; Tamashiro, A.M.; Higa, M.G.; Ramos, J.A.; Oliveira, L.C. 1998. Isolation and characterization of galactomannans from Brazilian leguminous seeds. *Carbohydr Polym* 37: 175–182.
60. -Waizel-Bucay, J.; Guerra, M. 1995. Pollen morphology of the Verbenaceae in relation to the habitat in Tamaulipas, Mexico. *Grana* 34: 89-96. -Wang, W.; Zhang, W.; Xue, J.; Huang, H.;

61. Xu, J. 2021. Probiotic potential of lactic acid bacteria isolated from healthy human subjects: Identification, antimicrobial activity, and antioxidant capacity. *J Dairy Sci* 104: 5382–5394.
62. Waqar, M.; Zahid, S. R.; Tareen, F.; Ghalib, A. M. 2014. Role of pollen morphology in the taxonomy of Nyctaginaceae from Balochistan. *Pak J Bot* 46: 627-633. -Waterman PG, Mole S. 1994. Analysis of phenolic plant metabolites. Blackwell Scientific Publications, Oxford, UK.
63. Win, N.N.; Somsak, V.; Johnsen, M.G.; Khan, N.I. 2012. Isolation and identification of flavonoids from the leaves of *Leea indica* (Burm. f.) Merr. and their antimicrobial activity. *Molecules* 17: 13941–13948.
64. -Xiang, H.; Sun-Waterhouse, D.; Waterhouse, G.I.N.; Cui, C.; Ruan, Z.; Dong, K.; Zheng, C.; Li, D. 2019. Encapsulation of bioactives in cross-linked soybean hydrolysate-chitosan hybrid nanoparticles: Physical stability and biological activity. *J Agric Food Chem* 67: 2227–2239.
65. Yesil-Celiktas, O.; Sevimli, C.; Bedir, E.; Vardar-Sukan, F. 2009. Inhibitory effects of plant-derived extracts on mushroom tyrosinase. *Food Chem* 110: 1067-1072.
66. -Yu, X.; Zhang, X.; Sun, Y.; Lin, S.; Wang, L.; Li, X.; Fu, Y.; Chen, Q.; Zeng, L.; Meng, J.; et al. 2015. Antimicrobial properties of components from the marine-derived fungus *Aspergillus terreus*. *Appl Microbiol Biotechnol* 99: 6259–6266.
67. -Zainuddin, N., Baharum, S.N., Mokhtar, M.A., Noor, N.M., Widyawaruyanti, A., Farabi, M.N., Latip, J. 2015. Potential anti-angiogenic activities of *Neptunia oleracea* and its bioassay-guided fractionation. *BMC Complement Altern Med* 15: 1–11.
68. -Zhang, Y., Zhang, X., Liu, L., et al. 2018. Multi-targeted therapy of cancer by saponins: Anti-tumor, immune enhancement and gut microbiota modulation effects. *Biomed Pharmacother* 107: 62–71.

## Résumé

Cette étude examine l'effet de l'utilisation du thé de vermicompost sur la culture des fleurs *Mirabilis jalapa* L., *Calendula officinalis* L. et *Tropaeolum majus* L. L'application de thé de vermicompost à diverses doses améliore de manière significative la longueur des tiges, la longueur et la largeur des feuilles, ainsi que le taux de chlorophylle total chez ces trois espèces. Les meilleurs résultats ont été obtenus avec une application racinaire de thé de vermicompost à 30 ml/l. Les meilleurs résultats ont été obtenus avec une application racinaire de thé de vermicompost à 30 ml/l. Pour *T. majus*, les valeurs maximales enregistrées étaient de 17 cm pour la longueur de la tige, 4,2 cm pour la longueur des feuilles, 4,3 cm pour la largeur des feuilles et 1935 µg/ml pour la chlorophylle totale.

Pour *M. jalapa*, les valeurs maximales étaient de 20 cm pour la longueur de la tige, 4.3cm pour la longueur des feuilles, 4.4 cm pour la largeur des feuilles et 1845.29 µg/ml pour la chlorophylle totale. Pour *C. officinalis*, les valeurs maximales observées étaient de 16 cm pour la longueur de la tige, 10.9 cm pour la longueur des feuilles, 6.26 cm pour la largeur des feuilles et 2531.98 µg/ml pour la chlorophylle totale.

Ces résultats indiquent que le thé de vermicompost est une excellente alternative aux engrais chimiques.

**Mots clés :** *Mirabilis jalapa* L, *Calendula officinalis* L, *Tropaeolum majus* L, thé de vermicompost

## Abstract

This study examines the effect of using vermicompost tea on the cultivation of flowers *Mirabilis jalapa* L., *Calendula officinalis* L., and *Tropaeolum majus* L. The application of vermicompost tea at various doses significantly improves stem length, leaf length and width, and total chlorophyll content in these three species. The best results were obtained with a root application of vermicompost tea at 30 ml/l. For *T. majus*, the maximum recorded values were 17 cm for stem length, 4.2 cm for leaf length, 4.3 cm for leaf width, and 1935 µg/ml for total chlorophyll. For *M. jalapa*, the maximum values were 20 cm for stem length, 4.3 cm for leaf length, 4.4 cm for leaf width, and 1845.29 µg/ml for total chlorophyll. For *C. officinalis*, the maximum observed values were 16 cm for stem length, 10.9 cm for leaf length, 6.26 cm for leaf width, and 2531.98 µg/ml for total chlorophyll. These results indicate that vermicompost tea is an excellent alternative to chemical fertilizers.

**Keywords:** *Mirabilis jalapa* L, *Calendula officinalis* L, *Tropaeolum majus* L, vermicompost tea